

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 08-07-2021	Revisión B
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(231)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Williams Felipe Rincón Cárdenas Alberth Airtho Sánchez Torres		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Civil		
DIRECTOR	Dr. Ricardo Andrés García León Dr. Nelson Afanador García		
TÍTULO DE LA TESIS	Análisis bibliométrico y estudio experimental sobre el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos.		
TITULO EN INGLES	Bibliometric analysis and experimental study on the improvement of the mechanical properties of cement with the use of the additive		
RESUMEN			
<p>En este trabajo de investigación se desarrolló un análisis bibliométrico muestra un enfoque estadístico sobre los antecedentes del concreto a nivel histórico, lo cual permitió conocer cuáles son los autores, artículos, revistas, países, entre otros importantes parámetros, donde se han realizado estudios sobre este material y también cuales han sido los más relevantes.</p> <p>Por otra parte, se realizó un diseño de experimentos considerando las tendencias sobre el uso de aditivos para mejorar las propiedades del concreto para aplicaciones en adoquines. De esta manera se planteó una serie de dosificaciones en adoquines con aditivos de arcilla del noroccidente colombiano y residuo de ceniza de horno en remplazo del concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, con el objetivo de solucionar problemas de costos de este material y problemas ambientales asociados a la producción del concreto a nivel industrial.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>In this research work, a bibliometric analysis was developed, which shows a statistical approach to the history of cement at a historical level; this allowed to know which are the authors, articles, magazines, countries, among other important parameters, where have carried out studies on this material and also which have been the most relevant.</p> <p>On the other hand, a design of experiments was developed considering the trends in the use of additives to improve the properties of cement for paver applications. In this way, a series of dosages were proposed in cobblestones with clay additives from northwestern Colombia and kiln ash residues to replace concrete to improve their mechanical properties to solve cost problems of this material and environmental problems associated with the industrial cement production.</p>			
PALABRAS CLAVES	Agregados, Aditivos, Cemento, Concreto.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Aggregates, Additives, Cement, Concrete.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 234	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 1



Análisis bibliométrico y experimental sobre el mejoramiento de las propiedades mecánicas
del concreto con el uso de aditivos

Williams Felipe Rincón Cárdenas
Alberth Airtho Sánchez Torres

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña
Ingeniería Civil

Director:
Ing. PhD Ricardo Andrés García León
Ing. PhD Nelson Afanador García
14 marzo del 2022

Índice

	Pág.
Lista de figuras.....	4
Lista de tablas	5
Lista de Apéndices.....	6
Lista de símbolos	7
Capítulo 1. Análisis bibliométrico y estudio experimental sobre el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos	10
1.1. Planteamiento del Problema	10
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
1.5. Delimitaciones	20
1.5.1. Geográfica.....	20
1.5.2. Conceptual.....	20
1.5.3. Operativa.....	21
1.5.4. Temporal.....	21
Capítulo 2. Marco Referencial.....	22
2.1. Marco Histórico	22
2.1.1. A nivel Internacional.....	27
2.1.2. A nivel Nacional.....	31
2.1.3. A nivel Regional.....	33
2.2. Marco Conceptual.....	35
2.3. Marco Teórico.....	42
2.3.1. Caracterización física.....	42
2.3.2. Caracterización mecánica	43
2.3.3. Criterios de aceptación o rechazo de las muestras.....	45
2.3.4. Diseño de mezcla.....	46
2.3.5. Proceso para la fabricación del cemento. A continuación, se describe el proceso para la fabricación del cemento:	48
2.3.6. Análisis bibliométrico.....	48
Capítulo 3. Metodología de la investigación	53
3.1. Tipo de Investigación.....	53
3.2. Población y muestra.....	54
3.2.1. Población.....	54
3.2.2. Muestra.....	54
3.3. Diseño de experimentos.....	54
3.4. Etapas del proyecto de investigación.....	57
3.3. Cronograma de actividades.....	59

Capítulo 4. Desarrollo experimental y análisis de resultados	61
4.1. Determinar propiedades físicas de los distintos agregados, grueso, fino, arcilla y cenizas por medio de laboratorio para establecer la dosificación adecuada en la mezcla de concreto.	61
4.2. establecer los porcentajes de ceniza de residuo de horno de ladrillos y arcilla a utilizar en la mezcla de concreto, por medio de ensayos a compresión y flexo-tracción en adoquines, hallando apoyo en investigaciones y consultas realizadas con el fin de buscar un mejoramiento en el módulo de rotura.	65
4.2.1. Ubicación de ladrillera donde se extrajeron los materiales.	66
4.2.2. Extracción de la ceniza de horno de ladrillo y arcilla.	67
4.2.3. Elaboración del molde del adoquín:	67
4.3. Ensayo a compresión en adoquines de concreto con arcilla y ceniza de residuo de horno.	72
4.4. Ensayo a Flexo Tracción en adoquines de concreto con arcilla y ceniza de residuo de horno.	76
4.5 Análisis Bibliométrico (BA)	81
4.5.1. Resultados generales del análisis bibliométrico	81
4.5.2. Recolección de datos e información	81
4.5.3. Resumen de las publicaciones y resultados estadísticos	82
4.5.4. Análisis de resultados obtenidos del BA.	82
4.5.5. Resumen de las publicaciones.	83
4.5.6. Evolución del uso de las palabras clave a lo largo de los años	84
4.5.7. Importancia de las revistas	87
4.5.8. Autores relevantes	89
4.5.9. Instituciones más importantes	90
Conclusiones	96
Recomendaciones	98
Referencias	99
Apéndices	106

Lista de figuras

Figura 1. Estadísticas del cemento gris en Colombia.	16
Figura 2. Tipos de arenas.	38
Figura 3. Permeabilidad en adoquines.	41
Figura 4. Metodología para realizar el análisis bibliométrico.	50
Figura 5. Dimensiones del adoquín.	56
Figura 6. Ensayo de humedad de los agregados.	61
Figura 7. Densidad y absorción del agregado grueso.	62
Figura 8. Densidad y absorción del agregado fino.	62
Figura 9. Masa unitaria y vacíos entre partículas del agregado.	63
Figura 10. Ensayo de abrasión y desgaste en el agregado grueso.	64
Figura 11. a) Entrada hacia la ladrillera Espinel y b) Vista área.	66
Figura 12. a) Horno donde se extrajo la ceniza, y b) Montaña donde se extrajo la arcilla.	67
Figura 13. Elaboración de moldes para adoquines.	68
Figura 14. Material pesado para mezcla según tipo de dosificación y proceso de homogeneización de la mezcla para las diferentes dosificaciones.	68
Figura 15. Ensayo de cono de Slump.	69
Figura 16. Vaciado de concreto para cada una de las mezclas considerando las dosificaciones.	70
Figura 17. Desencofrado y fraguado de adoquines.	71
Figura 18. Cálculo de absorción en los adoquines.	71
Figura 19. Resultados del ensayo de compresión.	73
Figura 20. Resultados de resistencia a la compresión de adoquines según su dosificación. ...	76
Figura 21. Resultados del ensayo de flexotracción.	76
Figura 22. Resultados del módulo de rotura de los adoquines según las diferentes dosificaciones.	79
Figura 23. Tendencia del número de publicaciones y consolidación a lo largo de los años. ...	84
Figura 24. Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante tres periodos de tiempo distintos 1969-2010, 2011-2016, 2017-2019 y 2020-2022.	85
Figura 25. 20 palabras clave más comunes utilizadas en las publicaciones.	86
Figura 26. Interacción entre las palabras claves.	86
Figura 27. Mapa de estructura conceptual de grupos de palabras clave.	87
Figura 28. Las 20 revistas más influyentes.	88
Figura 29. Evolución a lo largo del tiempo de las 10 principales revistas.	89
Figura 30. Impacto de los autores principales por a) documentos y b) citas a los años.	90
Figura 31. Las 20 instituciones más relevantes.	91
Figura 32. Países más importantes por frecuencia de aparición.	92
Figura 33. Países más relevantes por total y promedio de citas.	93
Figura 34. Colaboración entre países.	93

Lista de tablas

Tabla 1. Principales normas NTC en Colombia.	15
Tabla 2. Ensayo de absorción de agua.	44
Tabla 3. Diseño de experimentos basado en 3 diferentes materiales (concreto, arcilla y ceniza).	55
Tabla 4. Tipo de dosificación y número de adoquines por cada dosificación.	56
Tabla 5. Cronograma de actividades.	59
Tabla 6. Presupuesto detallado del proyecto de investigación.	60
Tabla 7. Resumen de los ensayos de laboratorio.	64
Tabla 8. Dosificación de las diferentes mezclas.	65
Tabla 9. Cálculo de absorción de adoquines.	71
Tabla 10. Resultados generales de los adoquines para la prueba de compresión.	73
Tabla 11. Resultados generales de los adoquines para la prueba de flexotracción.	77
Tabla 13. Resultados globales del BA.	82
Tabla 14. Artículos más citados a la fecha.	94

Lista de Apéndices

Apéndice A. Ensayo INV E – 427 -13. Absorción de agua de los adoquines de concreto...	107
Apéndice B. INV – 425 – 13. Resistencia del concreto a la abrasión mediante chorro de arena.	110
Apéndice C. Diseño De Mezclas.	121
Apéndice D. Asentamiento del concreto.	122
Apéndice E. Agua para la mezcla.	123
Apéndice F. Relación Agua/Cemento.....	124
Apéndice G. Granulometría recomendada para el Agregado Grueso.....	126
Apéndice H. Límites de análisis según Fuller y Thompson.	127
Apéndice I. Resultado ensayos de laboratorio de caracterización física de los agregados...128	
Apéndice J. Formatos de ensayos de compresión en adoquines de concreto.	137

Lista de símbolos

- A = Área de la superficie desgastada (cm^2).
 Aa% = Absorción de agua (%).
 Ac = Coeficiente de pérdida de volumen por abrasión.
 Ai = Ancho del rectángulo inscrito. (mm)
 Arp = Ancho real promedio. (mm)
 Ar = Ancho real. (mm)
 B = Masa de la arcilla en el aire. (g)
 C = Masa de la arcilla en el agua. (g)
 W = Masa de la arcilla en el cráter. (g)
 D = Gravedad específica de la arcilla. (g/cm^3)
 Ac = Coeficiente de pérdida de volumen por abrasión.
 Ecs = Espesor de la capa superficial. (mm)
 Erp = Espesor real promedio (mm)
 Er = Espesor real. (mm)
 As = Ancho del separador. (mm)
 Esp = Espesor del separador promedio. (mm)
 Es = Espesor del separador. (mm)
 Lh = Longitud de huella (mm).
 Lhp = Longitud de huella promedio. (mm)
 Li = Longitud del rectángulo inscrito. (mm)
 Lrp = Longitud real promedio. (mm)
 Lr = Longitud real. (mm)
 M = masa del material. (g)
 Mh = Masa saturada (humedad) del espécimen (g).
 Mr = Módulo de rotura (MPa).
 Mrp = Módulo de rotura promedio. (MPa)
 Ms = Masa seca del espécimen (g).
 Phb = Proyección horizontal del bisel.
 Pvb = Proyección vertical del bisel.
 V = Unidad de volumen. (cm^3)
 Vm = Volumen ocupado por la masa de material (Volumen másico).
 Vpa = Volumen ocupado por los poros abiertos (Accesibles desde el exterior).
 Vpc = Volumen ocupado por los poros cerrados (No comunicados con el exterior).
 W = Masa de la arcilla en el cráter. (g)
 Wf = Masa final del suministro. (g)
 Wi = Masa inicial del suministro. (g)
 P = Densidad del material. (g/cm^3)

Dedicatoria

Este trabajo de grado está dedicado principalmente a mis padres, quiénes fueron los pilares en este paso, quienes brindaron su apoyo incondicional en esta etapa que ya culmina, a su vez a mis familiares y amigos que creyeron en mí, de que esto fuera posible.

Alberth Sánchez Torres.

Dedicado a cada unas de esas personas que creyeron en lo que podía lograr; padres, familiares y amigos que estuvieron en cada momento desde que este camino empezó, y hasta hoy, que damos por culminada esta gran etapa de muchas enseñanzas tanto en la vida profesional como en la vida personal.

Williams Felipe Rincón Cárdenas.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a Dios por permitirme llegar hasta estas instancias de la vida, al igual a mis padres por su apoyo incondicional siempre, también agradecer a cada uno de los ingenieros que nos forjaron a ser los profesionales que somos hoy en día. Por otro lado, agradecer al Dr. Ricardo Andrés García León por todo su tiempo prestado, y por ser nuestro director de tesis, por su paciencia y su dedicación en este proyecto de investigación, quien nos guió para que este fuera un éxito, en últimas a todas aquellas personas que creyeron que esto fuera posible.

Alberth Sánchez Torres.

De ante mano agradecerle a Dios por permitir que este sueño se hiciera realidad, y en especial a mis padres por ayudarme a forjar ese camino para llegar a la meta. A los profesores e ingenieros que con sus enseñanzas quisieron llenar nuestras mentes de conocimientos necesarios para poder comprender este camino de la ingeniería. Agradecimiento a el Ing. Jesús David Márquez por ser ese docente y amigo, recalco siempre su gran humildad y su amplio conocimiento siempre dispuesto a compartir en temas relacionados con la ingeniería civil. Por ultimo, al Dr. Ricardo Andrés García León, por ser el director de la tesis y aún más que eso un amigo que siempre estuvo en cualquier momento de dificultad en este camino tan arduo como lo es la ingeniería, a él muchos agradecimientos por ser parte de este proceso y culminar esta etapa siendo todo un éxito.

Williams Felipe Rincón Cárdenas.

Capítulo 1. Análisis bibliométrico y estudio experimental sobre el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos

1.1. Planteamiento del Problema

Analizar el cemento es muy importante para la ingeniería Civil, debido a que la mayoría de las edificaciones tienen que ver en gran medida con este material, por lo tanto, es imprescindible conocer su historia y cómo ha evolucionado a través del tiempo, considerando esto, la primera aparición de lo más similar al cemento data del año 400 A.C., el cual estaba hecho por una ceniza volcánica usada como cementante natural, después se fue alterando su composición hasta el año 1824, donde Joseph Aspdin patentó el primer cemento pórtland (Concreto 2020a).

El cemento es un material con una fina granulometría que se obtiene de la calcinación de mezcla de piedra caliza junto con arcilla y mineral de hierro a $\sim 1,450$ °C. El producto del proceso de calcinación se le conoce como Clinker (principal ingrediente del cemento), el cual se debe moler con yeso y otros aditivos químicos, de este modo producir finalmente el cemento, para diferentes aplicaciones en la industria de la mampostería para la construcción. En vista de que, el cemento es el material de construcción más empleado en el mundo, dicho material aporta propiedades mecánicas y físicas, tales como resistencia a la compresión (el material de construcción con la mayor resistencia por costo unitario), la cual indica la máxima capacidad a la compresión que puede soportar el concreto antes de llegar a su límite de falla, otras cualidades son la durabilidad y estética, usadas para aplicaciones en la industria de la mampostería para la construcción (CEMEX 2021). Teniendo en cuenta lo anterior, existen otras propiedades que están relacionadas con la finura, consistencia y densidad, siendo la finura la más importante, debido a que determina en gran medida la velocidad de hidratación, la retracción, el desarrollo del calor de hidratación y la ganancia en cuanto a

resistencia mecánica del cemento. Otra es la consistencia, esta propiedad indica el grado de fluidez con que se puede manipular la pasta de cemento, y así, la densidad, que se determina por la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen de la masa; en cementos portland, este valor normalmente es de 3.15 g/cm^3 (Silva 2020b).

El cemento por sí solo no cumple ninguna función, debido a que para que dicho material pueda adquirir sus respectivas propiedades, se le debe aplicar diferentes agregados o aditivos, y de esta forma se puedan conformar los morteros, concretos, entre otros. La composición entre materiales como: roca, arena fina, grava y agua produce lo que llamamos concreto, esta es la mezcla más utilizada a nivel mundial para diferentes tipos de construcción, que cuenta con propiedades mecánicas como: ductilidad, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, resistencia al corte, resistencia a la tensión y flujo plástico. El cumplimiento de cada una de estas propiedades es muy importante relacionado con las características adecuadas en las construcciones; de esta manera, se deben considerar ciertos factores que influyen cuando a la resistencia mecánica se habla como lo son: influencia de los agregados, contenido de cemento, relación agua-cemento y contenido de aire, curado del concreto, tamaño máximo del agregado, edad del concreto, fraguado del concreto y temperatura, siendo de gran importancia que se cumpla con los requerimientos anteriormente mencionados, teniendo en cuenta además la influencia de variables internas y externas. El incumplimiento de algunos de estos factores o de alguna propiedad puede llevar a consecuencias desfavorables a determinado tiempo del concreto ejecutado en las edificaciones (Jesús David Osorio 2020).

En Octubre del 2013 la caída del edificio Space en Medellín, Colombia fue uno de los casos más importantes de fallas estructurales debido a que fue consecuente de un mal diseño y uso de materiales inadecuados que no garantizaron el cumplimiento de las propiedades físicas y mecánicas en la edificación (Elpais.com.co 2013).

Por otra parte, en estudios recientes relacionados con las propiedades mecánicas del concreto, utilizando diferentes aditivos (Mohammed et al. 2020) añadió cenizas volantes al concreto buscando predecir con más precisión la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta que el tiempo de curado es el parámetro más importante para cumplir dicha labor.

La predicción de las propiedades mecánicas del concreto utilizando herramientas estadísticas y experimentales, ha sido un punto clave para los investigadores, tales como: (Krishnya, Yoda, and Elakneswaran 2021) los cuales propusieron un método de dos etapas para la predicción sistemática de las propiedades mecánicas de la pasta del cemento; en la etapa-1, la humedad relativa, la termodinámica, la hidratación del cemento y el modelo de predicción volumétrica se integran para predecir con precisión la fracción de volumen de los productos de hidratación. Posteriormente, la etapa-2 propone un modelo multi escala (en tres niveles jerárquicos) iniciando desde la matriz C–S–H considerando la formación de dos tipos de C–S–H (C–S de baja y alta densidad–H) a la pasta de cemento para el cálculo de las propiedades mecánicas intrínsecas de la pasta de cemento. Por otra parte, (Chen et al. 2020), al seguir investigando sobre las propiedades mecánicas observó, que el fraguado se ve afectado notoriamente en ciudades con altas temperaturas, debido a esto, propuso agentes de silano para prolongar la tasa de fraguado del concreto, y así disminuir la pérdida de asentamiento y de esta forma obtener una mejor trabajabilidad, garantizando menores tiempos de fraguado.

Las altas temperaturas en el ambiente han sido un problema a la hora de utilizar el cemento, esto debido a que sus propiedades se ven afectadas notoriamente. Uno de estos ejemplos se presenta en pozos petroleros, donde su temperatura es realmente elevada, y a raíz de esto, se busca un material que pueda suplir esta falencia en la temperatura; el incremento a la resistencia se puede obtener agregando fibras de acero a la mezcla de concreto (Guo et al. 2020a). Otra consecuencia de las altas temperaturas, es que el concreto tarda en obtener su

resistencia esperada, debido a esto, se recomienda usar cenizas volantes y humo de sílice para combinarla con la mezcla, y así aumentar rápidamente su resistencia (Cui et al. 2018).

Asimismo, (Zhu et al. 2021), configuró la matriz del cemento con la matriz adhesiva utilizando el tipo de polímero reforzado con fibra (FRP), los resultados mostraron una mejoría significativa en la matriz del cemento.

Otro punto importante a analizar es que el cemento es un material que contamina demasiado el planeta, razón por la cual, se plantea el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) el cual incorpora una gran cantidad de residuos, donde los materiales cerámicos (principalmente ladrillos y tejas) son una parte importante, debido a que muchos países de la Unión Europea, representan más del 50% del total. Por tanto, la reutilización de este tipo de residuos es uno de los retos más importantes que afronta el sector de la construcción y su economía (Juan-Valdés et al. 2020).

En Colombia, se ha buscado disminuir la contaminación generada por (RCD), y de esta forma, estudiar la posibilidad del procesamiento de cascarilla de arroz colombiano en laboratorio, para la obtención de sílice amorfa como material cementante suplementario de hormigón, teniendo en cuenta que la cascarilla de arroz es un residuo agroindustrial con pocas aplicaciones en el reciclaje (Salazar Carreño, García Cáceres, and Ortiz Rodríguez 2015). Debido al problema de la contaminación ambiental en Colombia, se ha buscado utilizar el método de cenizas volantes como un reemplazo al cemento, la eliminación de los residuos de la combustión del carbón colombiano es importante debido a que la producción anual es actualmente de unas 800.000 toneladas.

Por otra parte, es indispensable analizar el concreto con otros materiales reciclados, de este modo disminuir la contaminación generadas por productos no renovables, a raíz de esto, se busca emplear el uso de la adición de arcilla calcinada como sustitución del cemento Pórtland debido a que favorece el proceso de hidratación del cemento, lo que provoca la

formación de fases hidratadas más estables. (Du and Pang 2020a) propusieron agregar caolín calcinado y piedra caliza a un nivel de reemplazo de cemento de 30 y 45 % respectivamente, utilizando arcilla de caolín de grado medio, buscando un material sostenible para el medio ambiente con propiedades similares al cemento en la utilización con el concreto.

En un estudio realizado por (Zhang, He, and Niu 2020a), evaluaron que la fibra con áridos reciclados (residuos de ladrillos de arcilla) los cuales pueden mejorar la resistencia a la tracción por rotura del concreto con agregado reciclado; asimismo, tienen la capacidad de disminuir significativamente la absorción de agua. (Du and Pang 2020b) ofrecieron una solución de valor agregado para convertir la arcilla marina, en un material cementante suplementario mediante activación térmica, el cual puede reemplazar parcialmente el cemento Portland en el concreto. La arcilla marina es abundante en las regiones costeras de todo el mundo, se produce en grandes cantidades durante los trabajos de excavación para infraestructura, pero tiene poco valor y se trata como desperdicio de construcción, lo que genera preocupaciones ambientales y sostenibles para países como Singapur.

Gracias al uso de arcillas, muchos países han logrado desarrollar nuevos materiales a base de concreto, logrando de esta manera mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Algunos de estos materiales, son polímeros súper-absorbentes, agregado de peso ligero (LWA), agregado de peso normal, agregado reciclado, arcilla de bentonita, escoria de horno y cenizas de fondo de los hornos. El mejor material de curado interno es LWA, el cual se encuentra escaso en algunos países. En consecuencia, (Bandara, Mampearachchi, and Anojan 2019), se centraron en una investigación para la implementación de virutas de arcilla quemada como un nuevo material para mejorar las propiedades del concreto de curado interno (ICC, por sus siglas en inglés). Además, indagaron en la relación agua-cemento (a/c) y la trabajabilidad de ICC para desarrollar concreto de curado interno de alta resistencia (SICC), y de este modo lograr mejorar la absorción y desorción de agua, teniendo en cuenta

que la capacidad de los agregados porosos depende en gran medida de la interacción capilar entre la estructura de los poros y el agua.

En cuanto a Normas Técnicas Colombianas (NTC), existen parámetros mínimos de calidad y fabricación que rigen al concreto en Colombia, las cuales estipulan las características apropiadas para que el cemento tenga en óptimo desempeño en la construcción. Entre los requerimientos asociados a la calidad del concreto se presenta la resistencia a la compresión, la cual se basa por un ensayo que se efectúa por medio de la norma NTC-220 en cubos con aristas de 5.08 cm (adoquines); estos cubos son elaborados con una mezcla conformada por una porción de cemento por 3 porciones de arena de OTAWA, que tiene la mayor aceptación según la American Society for Testing and Materials (ASTM) (Silva 2020b).

Las construcciones que utilicen bloques o ladrillos en Colombia de concreto están regidas por las normas mostradas en la Tabla 1:

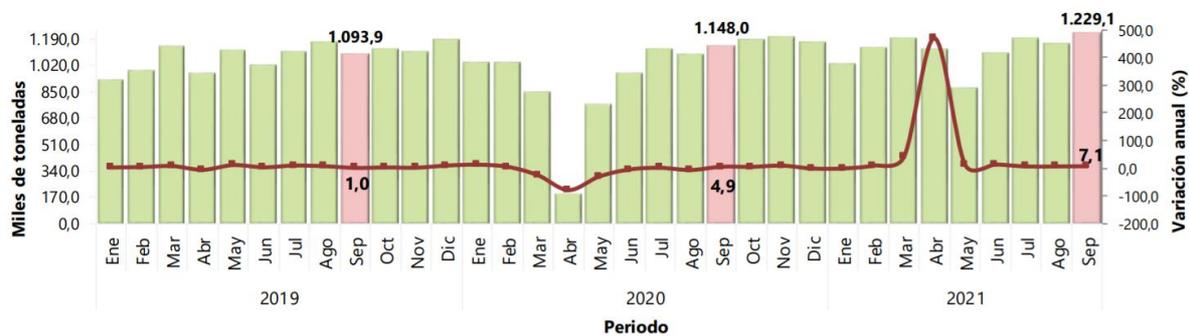
Tabla 1. Principales normas NTC en Colombia.

Norma	Número	Título	Referencia
NTC	4076	Ingeniería civil y arquitectura. Bloques y ladrillos de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto	(NTC 4076 - 1997)
NTC	4026	Ingeniería civil y arquitectura. Bloques y ladrillos de concreto, para mampostería estructural	(NTC 4026 -1997)
NTC	30	Cemento Portland. Clasificación y nomenclatura	(NTC 30 - 1996)
NTC	109	Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Método para determinar los tiempos de fraguado del cemento hidráulico por medio de las agujas de guillmore	(NTC 109 - 1991)
NTC	225	Método de ensayo para determinar el fraguado rápido del cemento hidráulico	(NTC 225 - 1999)
NTC	174	Concretos. Especificaciones para los agregados de concreto	(NTC 174 - 2000)
NTC	1299	Concretos. Aditivos químicos para concretos	(NTC 1299 - 2008)

Fuente: Elaboración propia.

A raíz de Colombia ser un país en constante desarrollo en el área de la construcción, tiene una gran demanda en cemento. Según el DANE, en enero de 2021, la producción de cemento gris a nivel nacional fue de 1,043.3 miles de toneladas, a lo que representó un decrecimiento del 1.0% con relación al mismo mes de 2020. En el mes de análisis se dispusieron al mercado nacional 992.2 mil toneladas de cemento gris, lo que significa una disminución del 0.3% frente a enero de 2020, como se muestra en la Figura 1 (DANE 2021a).

Figura 1. Estadísticas del cemento gris en Colombia.



Fuente: (DANE, 2021).

En el periodo febrero 2020 a enero 2021, la producción de cemento gris totalizó 11,837.7 miles de toneladas, registrando una disminución de 9.8% con relación al mismo periodo del año anterior. Por otra parte, los despachos de cemento gris al mercado nacional alcanzaron las 11.231,4 toneladas, presentando una variación de -10.8% en comparación a lo registrado en el periodo febrero 2019 a enero 2020 (DANE 2021b).

Teniendo en cuenta lo anterior, en la actualidad no se ha reportado un trabajo de investigación en el cual se establezcan tendencias del uso del cemento a través de un análisis bibliométrico. Por esto, en el presente trabajo de investigación se propone un análisis bibliométrico basado en el estudio del cemento y su relación con el concreto utilizando diferentes aditivos. Asimismo, se obtendrá un concreto con adición de arcilla de la región (noroccidente colombiano) y otro con residuos de cenizas de hornos (producto de la cocción de los bloques cerámicos), bajo diferentes porcentajes de mezcla utilizando un diseño de

experimentos mediante el software statgraphics. Lo anterior, con la finalidad de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de estas mezclas, y por consiguiente evaluar el concreto con las normas colombianas que establecen los requerimientos mínimos para estos productos de mampostería para la construcción, cabe resaltar que lo propuesto en este trabajo de investigación experimental aún no se ha realizado de forma profunda en la región utilizando herramientas estadísticas que permitan la optimización de los recursos económicos.

1.2. Formulación del problema

Como parte de la formulación del problema, se plantean las siguientes hipótesis de investigación:

¿Cuáles serán las tendencias actuales sobre el estudio del concreto con diferentes aditivos para mejorar las propiedades mecánicas a nivel histórico?

¿Cuál será la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con la adición de arcilla o cenizas de un horno de la región norte de Santander o la mezcla de ambos?

1.3. Justificación

El cemento es el elemento fundamental que aporta la resistencia mecánica del concreto, debido a esto, se busca mejorar sus propiedades físicas y mecánicas a través de investigaciones que incorporen en su mezcla diferentes tipos de materiales reciclados o de uso común. (Reis et al. 2020), género una patente, la cual requiere que las partículas del cemento sean molidas finamente asegurando que la mayoría del Clinker y otras partículas reactivas sean hidratadas completamente a los 28 días, de este modo se alcanzaría una mejora en la resistencia pasado este tiempo.

Una de las formas de analizar la resistencia mecánica que puede tener un concreto, es por medio de métodos no destructivos, los cuales no afectan al concreto para realizar pruebas. (Guo et al. 2020b), estableció un método no destructivo utilizando imágenes de microestructura y redes profundas del cemento, visualizando su morfología. Por otra parte,

dicha resistencia se busca incrementar añadiendo al compuesto de cemento, fibras vegetales de alta resistencia, reforzadas con materiales sintéticos, las cuales se han utilizado ampliamente en la industria de la construcción. (Zhou et al. 2020) se dieron cuenta que con las fibras vegetales la resistencia a la compresión del concreto se veía afectada notoriamente, mientras que la resistencia a la flexión aumentó entre 33.966.5% este efecto no es aceptable, debido a que el concreto falla a compresión. (Chen et al. 2020) investigó que los silanos desempeñan un papel de retardante en la pasta de cemento a una edad muy temprana, el cual propuso un mecanismo que radica en la fuerza de atracción entre los productos intermedios de hidrólisis de los silanos y los productos hidratados del cemento, mejorando así sus propiedades.

Por otra parte, el concreto es un gran contaminante a nivel mundial, por esto, se busca disminuir dicha contaminación que este pueda repercutir. (Juan-Valdés et al. 2020) reveló que los hormigones reciclados que incorporan cerámica como materiales secundarios tienen un nivel de desempeño comparable al exhibido por el hormigón convencional a los 28 días, en parte por sus características puzolánicas (Subproductos industriales) pero también por una menor relación a/c efectiva, lo que demuestra su potencial de reutilización y posible contribución a la economía circular.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento del cemento cuando es combinado con otros materiales, y establecer su factible incorporación en la industria de la mampostería; (Zhang, He, and Niu 2020b), empleo el uso de ladrillos triturados como agregados gruesos en el concreto, con el objetivo de proteger las fuentes de agregados naturales y de esta forma, reducir los residuos generados por esta industria. Esta investigación dio como resultado que la resistencia a la tracción, a la compresión y a la rotura del concreto reciclado es significativamente afectado por las fibras de arcilla. (Tareq Noaman, Subhi Jameel, and Ahmed 2020) desarrollaron un estudio el cual tiene como objetivo producir hormigón

agregado ligero con una adecuada resistencia utilizando agregados de ladrillos de arcilla triturados (CCB) de piezas de ladrillos rotos o descartadas, dicho estudio dio como resultado que el súper-plastificante (SP) generado, afecta significativamente la trabajabilidad del triturado agregado de ladrillo. También se sugiere una mezcla de agregado CCB amarillo y rojo para producir concreto liviano trabajable adecuado para aplicaciones estructurales. Aparte de reemplazar los agregados, también se busca reemplazar el cemento en un porcentaje por arcillas y ver cómo es su comportamiento bajo cargas. (Du and Pang 2020b) reemplazaron el cemento de un 30 a un 45% por caolín calcinado y piedra caliza, bajo estos porcentajes se podría mejorar la resistencia a la compresión a partir de los 7 días de edad de los concretos; también, se encontró que la resistencia del concreto contra la humedad y la entrada de líquidos aumenta significativamente, dando como resultado final que las propiedades mecánicas comparables con las normas confirman la viabilidad de realizar el concreto de alto rendimiento utilizando un alto contenido de arcilla y caliza en la mezcla cementante.

Por otra parte, la importancia de desarrollar un análisis bibliométrico sobre el concreto es poder tener una información concisa sobre las tendencias en el estudio del cemento, el concreto y sus agregados. De esta manera, se conocerá estadísticas detalles sobre los autores, publicaciones, instituciones y países más relevantes en esta área. Además, dicho proyecto de investigación tendrá un análisis de laboratorio y mezclas de concreto realizadas con materiales arcillosos de la región y cenizas de hornos cerámicas, y de esta manera validar las propiedades físicas y mecánicas comparadas con las normas NTC para su posterior uso en la industria de la mampostería para la construcción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Estudiar experimentalmente el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto utilizando el análisis bibliométrico para visualizar tendencias actuales sobre el uso de aditivos para el concreto a nivel histórico.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información de los artículos relacionados con la temática del concreto a través de la base de datos de *Scopus*, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.
- Examinar los datos recopilados utilizando el software *R-studio* para determinar las tendencias actuales en el estudio de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos.
- Establecer un análisis estadístico para el diseño de mezclas de materiales utilizados como aditivos (arcilla y cenizas) en el concreto teniendo en cuenta el autor más relevante en la temática.
- Analizar las mezclas de concreto obtenidas con arcilla y cenizas mediante el diseño de experimentos, para comparar los resultados con los requerimientos de las normas técnicas colombianas.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Geográfica.

Este proyecto se desarrollará en los laboratorios de resistencia de materiales y el laboratorio de la línea geotecnia ubicados en la sede Invias de la universidad francisco de paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander - Colombia.

1.5.2. Conceptual.

El proyecto está basado bajo los siguientes conceptos: concreto, análisis bibliométrico, arcillas, propiedades mecánicas, mortero, cemento, Normas Técnicas Colombianas,

tendencias, estadística, diseño de experimentos, *Scopus* y otros inmersos en el desarrollo del trabajo de investigación

1.5.3. Operativa.

Para el desarrollo de la presente investigación se tendrá en cuenta el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los morteros a través del uso de aditivos, para lo cual se realizará un diseño de experimentos y su posterior validación de los resultados.

1.5.4. Temporal.

El trabajo comprende un periodo de 16 semanas del año en curso a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

De materiales como piedra caliza arcillosa y carbón calcinado a altas temperaturas, Joseph Aspid patentó un material que sería conocido a nivel mundial como cemento Portland en el año 1824. Desde el año 7000 a.C., se vivió la época de los procesos constructivos y a menudo del tiempo estas han evolucionado gracias a las diferentes culturas a nivel mundial, hay vestigios de construcciones realizadas en territorio israelí y en la antigua Yugoslavia. Una de las principales culturas que ha evolucionado en gran parte la construcción es la egipcia. Desde los años 2570 a.C. ellos patentaron la utilización de pastas obtenidas con mezcla de yesos y caliza disueltas en agua como producto para poder unificar las piedras con los que construían las grandes edificaciones. como ejemplo a esto tenemos la gran pirámide de Gizeh. igualmente, en el año 1950 a.C. el mural de Tebas fue levantado con la misma técnica utilizada en la pirámide de Gizeh.

400 años a.C. la cultura romana empezaba a poner un pie en la contribución de los procesos constructivos, utilizando ceniza volcánica llamada puzolana en la utilización de cemento natural proveniente del monte Vesubio. con esto lograron realizar un cemento romano que llevaba 2 partes de puzolana, una parte de cal, grasa animal, leche y sangre.

82 años a.C. y 75 años a.C. se levantaron las construcciones que revolucionaron el mundo de la ingeniería, estas son el coliseo romano y el teatro de Pompeya. Estas dos obras utilizaron un cemento pusilánimo producto de puzolana conformada por sílice y alúmina combinada químicamente con cal. Esta receta fue modificándose entre los años 500 y 1200 donde emplearon morteros con arena gruesa y cal que también contiene mezcla de carbón de madera, tierra cocida, escayolada o tejoleta. En el año 1300 la calidad del cemento tuvo un avance muy significativo, pues mejoró su calidad al introducir la técnica de incinerar cal y agregarle puzolana (Concreto 2020b).

El cemento portland y sus derivados son materiales muy abundantes en la naturaleza, conformados básicamente por mezcla de caliza, arcilla y yeso. es por esto que el concreto ha sido hasta la actualidad el material más importante empleado por el hombre en la construcción. En una cabaña en Lepensky Vir (serbia), en los años 5600 antes de cristo, según fuentes históricas, surgió la primera obra en hormigón cuyo desempeño fue ejecutar un suelo. El pueblo egipcio 3000 años después estaba aplicando a sus construcciones un mortero mezclado de arena con materia cementosa en búsqueda de unir bloques de piedra y levantar construcciones históricas habladas anteriormente (Oficemen 2020).

El adoquín es un elemento de piedra, mármol, cantera, concreto entre otros. tiene usos en épocas muy remotas, hace 5000 años en la isla de creta se utilizaron losas de piedras para caminos peatonales, así como también el imperio romano hizo partícipe de esta forma de construir con adoquines por sus múltiples viabilidades (Civilgeeks 2014).

Roma ha sido unos de los principales productores de adoquines, utilizándolo para carreteras y vías de uso público, así como también en diferentes ciudades de Europa. En el siglo XV el adoquín se patentó como la piedra original para pavimentar directamente sobre suelos de tierra con el fin de proporcionar un mejor camino para pasos de caballos, carruajes, carros y la humanidad en general.

El adoquín era recolectado en las orillas y lechos de ríos, después de esto empezaba el proceso de construcción de calles y caminos de pavimento, estos se unían con arena y mortero para culminar las obras de pavimentación. En el siglo XV el adoquín se convirtió en un beneficio para la pavimentación ya que cubría las calles y caminos de tierra con facilidad, el adoquín fue el material natural más fuerte disponible fácilmente para el hombre y que contaba también con una durabilidad significativa. se liberaba fácilmente de las orillas de los ríos y no había necesidad de cincelar o tallar piezas de bloques de piedra más grandes naturales. y su costo era totalmente gratuito (Fenollar 2019).

Los adoquines en Buenos Aires han aguantado la rudeza climática de años, oscilación de carros y tranvías, se cubrieron con la pátina untosa del combustible de autos, camiones y colectivos. también soportaron construcciones, modificaciones y hasta destrucción de unas cuantas. sin embargo, estos adoquines siguen en perfecto estado, hasta el punto de que quedan 4,000 cuadras pavimentadas de 26,000 mil, esto para ratificar que los adoquines son un material que proporciona una dureza y calidad de resistencia a las vías.

Faltando 30 años para terminar el siglo XVIII, utilizaron rocas desde la isla Martin para cubrir unas vías, esto propuesto por el Cabildo porteño, esta elección iba asociada lógicamente con la procedencia del lugar, pues la isla es un conglomerado rocoso macizo de Brasilia con una antigüedad calculada en millones de años, con estos adoquines se formaron los primeros empedrados. En el siglo XIX la fuente de los adoquines cambió, debido a que a mediados de este siglo llegaron desde Gran Bretaña, de las canteras de Irlanda y Gales como lastre de los barcos después que llegaban granos de Europa. Estas piedras eran piezas sólidas y compactas que al colocarse en un lecho de tierra o arena quedaban parcialmente compactadas y presentaban una gran dureza. El alto costo de estas llevó a tomar unas opciones más económicas, Entonces se volvió a recurrir a Martin Gracia y así empezó un aprovechamiento en Tandil. Este lugar se convirtió en un punto específico para el adoquinado construido en Buenos Aires (Clarín n.d.).

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que es muy diversa la historia del adoquín, pues tiene varias hipótesis a nivel mundial, el imperio romano adoptó este método de pavimentación para la época imperial, lo cual lo utilizaron para conectar todas las colonias y poder tener su mayor control. La época precolombina también juega un papel muy importante, pues eran comunes los caminos encarpados con piedras de río de la región como se conoce en los famosos sacbés mayas. Con el incremento de la tecnología en Europa empezaron a salir los adoquines en barro cocido y en concreto. suceso que pasó en los siglos

XVLLL y XLX. Este material se convirtió en materia prima hasta en la actualidad a convertirse en un material que cuenta con mayores producciones.

Los adoquines han impactado en el país de México desde hace aproximadamente 5 décadas, han venido evolucionando en diferentes sectores del mercado desde la parte de la pavimentación hasta en el sector inmobiliario, pues son usualmente utilizados en (casa habitación y vivienda colectiva); espacios públicos (andadores, plazas, zonas recreativas, parques o estacionamientos); transporte (puertos y aeropuertos), entre otros.

El adoquín se permite acomodar a cualquier necesidad, desde hacer pavimento de entradas de vehículos, caminos secundarios, pasos peatonales, plazas hasta poder resistir el fuerte impacto de tráfico pesado en puertos marítimos. Por esta razón, es importante resaltar que el adoquín no solo se utiliza estructuralmente, sino que arquitectónicamente proporciona diversas comodidades (Concretos 2019).

La historia del adoquín va de la mano con la construcción de vías urbanas, la cual proviene del árabe (ad-dukkân, "piedra escuadrada"). Desde la época medieval la utilización del adoquín se empezó a ver en las pavimentaciones de calles que servían de acceso para peatones o animales, pero un punto bastante importante era que servía para el vertido de aguas negras. Estos vertidos obligaban a pavimentar con materiales que tuvieran un drenaje rápido para posteriormente utilizarse en el movimiento de personas y vehículos de tracción animal.

Los cartagineses y romanos querían lograr un rodamiento que tuviera una mejor continuidad, es por esto que vieron la necesidad del pedroso anteriormente utilizado poder tallarlo hasta conseguir una forma mucho más uniforme y poder lograr una mejor movilidad. Hasta finales del siglo XIX el adoquín tenía una funcionalidad importante. Napoleón construyó varias avenidas en las ciudades para posibilitar que sus grandes ejércitos y artillería circulen con mayor facilidad, después los franceses construyeron las carreteras de aves. Así

con el tiempo fueron apareciendo el uso del automóvil e hizo crecer el ritmo de la pavimentación y así el adoquín dejó de ser rentable (EcuRed 2019).

Hace aproximadamente 25 siglos, se ejecutó un pavimento cuya historia es confundida con la de la pavimentación con adoquín, este pavimento tenía superficie limpia y duradera. Esta aparición surgió por la necesidad del hombre poder desplazarse con mayor facilidad en cualquier época del año, así como también que estas vías sean durables.

Los carros de tracción animal empezaron a ser muy útiles en la historia, es por esto que empezaron a ejecutar vías con mayor facilidad de movilidad, ya que el adoquín al tener las piedras en estado natural, no eran tan uniformes como se esperaba, pese a esto se empezaron a tallar piedras en forma de bloques buscando mayor uniformidad y ajustados entre ellas a la hora de transitar por el sector. A partir de esto empezó a salir la principal pavimentación en adoquines, la palabra española adoquín viene del árabe “ad-dukkân” que quiere decir “piedra escuadrada”. esto hace referencia que ya no se buscaba piedras en estado natural, si no que estas ya eran modificadas de manera casi perfecta para buscar un conglomerado entre sí y que pudieran brindar una mayor facilidad de movilidad. hasta el siglo xx se dice que se construyeron los pavimentos en piedra natural sin modificarse. pero a pesar de esto hay muchas vías que todavía guardan esta construcción, y su estado actual es de resaltar porque aún guardan su buen estado, su durabilidad y resistencia.

En el siglo XIX, se vivió de manera acelerada el urbanismo, así como también el automóvil con motor de combustión interna a finales del siglo, es por esto que el trabajo de los adoquines que consistía en tallar las piedras no resultaba económico ni práctico pues era una tarea que conllevaba tiempo, de esta manera surgieron los adoquines de arcilla cocida de bloques de madera y también las técnicas de pavimentación con concreto y asfalto, hasta ahora en la actualidad estas técnicas siguen todavía en gran funcionalidad.

La pavimentación con bloques de madera fue abandonada muy pronto, en Europa muchos países implementaron la pavimentación con adoquines de arcilla cocida en grandes extensiones. Después de la segunda guerra mundial, europeo se empezó a reconstruir y con esto la arcilla cocida fue utilizada más que todo para las viviendas, esto hizo que se empezará a fabricar en moldes individuales adoquines de concreto, que tenía grandes ventajas sobre la arcilla en temas de resistencia y durabilidad. En Alemania cuando empezó el desarrollo de máquinas vibro compresoras para elaborar en serie piezas de concreto lo cual llevó a industrializarse la elaboración de adoquines (Juncos 2020).

2.1.1. A nivel Internacional.

Diferentes autores a través del tiempo han venido agregando a los adoquines de concreto diversos materiales con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas principalmente, desde agregar materiales reciclados hasta cambiar sus dimensiones, como es el caso (Jorge Luis, Brito Jeferson, and Miriam 2015), los cuales propusieron un adoquín de concreto de $500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ (área = $25,000\text{ mm}^2$), con pendientes de 1.3 y 5%. Para poder evaluar la reducción del escurrimiento superficial en pavimentos, para este trabajo se consideraron las pérdidas por salpicamiento forman parte del escurrimiento superficial, mostrando el coeficiente $C_{\text{superficial+salpicamiento}}$, este indicó datos en el intervalo de 0.74 a 0.89; estos datos se localizan cerca del coeficiente de pavimento de bloque de concreto ($C=0.78$) y son subalternos al de pavimento de concreto ($C=0.95$), se pudo considerar que si usamos estas dimensiones para un pavimento, este estaría en la categoría de semipermeable.

En la india la industria de la construcción presenta una gran escasez en sus agregados naturales debido a que tienen una disponibilidad limitada y la extracción de la materia prima está prohibida, por esta razón, (Kumar, Shrivastava, and Gupta 2020) reemplazaron el agregado grueso natural y la arena de río en bloques de adoquines convencionales por agregado de concreto reciclado. investigando las propiedades mecánicas y de durabilidad, es

decir, densidad, resistencia a la compresión, absorción de agua, resistencia a la abrasión y velocidad de pulso ultrasónico de los bloques de adoquines, pudieron concluir que el concreto reciclado grueso puede reemplazar hasta un 45% del agregado natural y un 40% de la arena de río, esto sin tener un impacto significativo en las propiedades de los adoquines. Por otra parte, también utilizaron sedimentos de demolición y construcción, pero fabricando adoquines en forma de I de 80 mm. El proceso fue reemplazar el agregado grueso natural de 10 mm en las proporciones de (0, 15, 30, 45, 60 y 75%) por agregado de hormigón reciclado grueso derivados de residuos de construcción y demolición. observaron que el adoquín con agregado de construcción reemplaza hasta en un 60% de los agregados naturales, obteniendo grandes resultados en laboratorios de resistencia a la compresión, absorción de agua y pruebas de impacto.

Perú también le está apuntando a reciclar los materiales de demolición de construcción, es por esto que, (Castañeda Cruz and Vásquez Barreto 2014) realizó una investigación enfocada a la construcción de un proscenio de considerable sostenibilidad, de forma que redujeron los bienes no renovables y el impacto destructivo en el medio ambiente para el manejo de desechos sólidos. Suplantaron el agregado innato grueso y fino por agregado originario de la trituración de con concreto reciclado. Analizaron las propiedades de flexión y compresión a los 7, 14 y 28 días. Por último, el ensayo indicó la posibilidad de usar el concreto reciclado en términos de 70% de agregado grueso y 70% de agregado fino.

(Hossiney et al. 2020) también agregaron material reciclado a los adoquines activados con álcali, pero este proveniente de los pavimentos asfálticos. Esto debido a que en la India se ha incrementado la expansión de las carreteras, esto ha generado una enorme cantidad de agregado de pavimento asfáltico reciclado. Los bloques de adoquines activados por álcalis se sintetizaron con cenizas volantes, escoria de alto horno granulada molida, solución de NaOH, y solución de Na_2SiO_3 , agregado de pavimento asfáltico reciclado y áridos naturales. Los

bloques de adoquines desarrollados bajo esta metodología fueron analizados mediante absorción de agua, resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión de acuerdo con la norma IS 15658: 2006. Aunque el estudio arrojó resultados negativos ante la resistencia a la compresión, si cumple las normas para utilizarlos como adoquines en vías peatonales, pero con un alto resultado positivo en cuanto al costo, puesto que se observó una reducción máxima del 25.8% en el costo total. por otra parte (Saboo et al. 2020), también utilizó el uso de agregados de pavimentos asfáltico reciclados, Las propiedades de los adoquines se caracterizaron mediante la medición de porosidad, densidad, módulo dinámico de elasticidad mediante UPV, resistencia a la compresión y abrasión por pérdida de Cántabro. Los agregados vírgenes y agregados de pavimentos se mezclaron en tres proporciones diferentes (0–100, 50–50 y 100–0) usando dos gradaciones de agregados diferentes (G1-más grueso y G2-más fino) para fabricar adoquines biselados usando un método estándar de fábrica. La gradación G1 representó una reducción de la fuerza de 4.23, 14.3 y 23.6% y en el caso de la gradación G2, se observó una reducción de la fuerza del 10, 27 y 43% en promedio para la adición de RAP del 10, 30 y 50%, respectivamente. Aunque este estudio tuvo unos resultados significativos en las propiedades del concreto, se sigue notando que la resistencia a la compresión disminuye con agregados reciclados de pavimentos asfálticos.

En otro estudio realizado en la India se les agregó a los adoquines de concreto cáscara de coco para los parámetros de la norma IS 15658: 2006. (Pennarasi, Soumya, and Gunasekaran 2019), probaron parámetros como la trabajabilidad de la mezcla, la densidad de la mezcla, las dimensiones de adoquines, la resistencia a la compresión, la absorción de agua y resistencia a la abrasión respecto a los adoquines convencionales y los adoquines con cáscara de coco. seleccionando 8 adoquines para el ensayo de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 y 28, los resultados de cada prueba y el rendimiento de los adoquines con cáscara

de coco como agregado para el reemplazo de agregado convencional en la producción de adoquines fueron muy positiva y acertada.

Los subproductos de conchas marinas se producen en una cantidad importante en Francia y se consideran residuos. es por esto que (Nguyen et al. 2013a), uso como remplazo de agregados en adoquines de concreto permeable en busca de que este sea amigable con el medio ambiente. La fracción de agregado grueso fue reemplazada en un (20 o 40% en masa) por los subproductos de las conchas marinas obtenido de la cáscara de *Crepidula*. La concha de *Crepidula* triturada de 2/4 y 4/6.3 mm se utilizaron para fabricar nuevos adoquines a base de subproductos de conchas marinas. determinando las propiedades mecánicas e hidrológicas de los adoquines convencionales y los adoquines con conchas marinas nos muestra que los subproductos de las conchas marinas tienen el potencial de utilizarse como agregados arrojando resultados en cuanto a la resistencia a la compresión de 16 y 15 MPa.

El vidrio molido ha sido una fuente de investigaciones para utilizarse como agregado en diferentes zonas de la construcción ya que al ser un material de reciclaje también puedes aportar unas mejores propiedades, es por esto que (Nguyen et al. 2013b) utilizaron el vidrio molido en adoquines de concreto como reemplazo del agregado grueso convencional del concreto. Las proporciones utilizadas fue de 5, 10, 15, 25, 50% de material de vidrio molido para poder compararlos con adoquines de concreto convencional. Se llevaron a cabo los ensayos más importantes que son resistencia a la compresión y absorción de agua. Finalmente concluyeron que al adicionar el 50% de vidrio reciclado a la mezcla se incrementa el 4.09% la resistencia del adoquín.

El caucho reciclado viene siendo utilizado en el sector de la construcción como compenetes de pavimentos y concreto para la construcción de vías y edificaciones. (Chavarrí Bazan, Carlos Alfredo, Rubio Calvay 2020) utilizaron el caucho reciclado para buscar un mejor efecto en las propiedades del adoquín y también poder reducir el impacto ambiental

que trae los neumáticos no utilizados. hicieron los respectivos ensayos, entre esos el de resistencia a la compresión, lo cual arrojó datos de 349.35 kg/cm^2 para adoquines convencionales y los adoquines modificados con 3, 5 y 7% de caucho reciclado en reemplazo del agregado fino, se obtuvieron variaciones menores al adoquín convencionales en un 8.74%. esto hace que no cumpla la hipótesis planteada al principio.

2.1.2. A nivel Nacional.

A la hora de abarcar este tema es importante conocerlo desde el punto de vista Nacional, y ver cuáles han sido sus aportes e indagar si estos son viables o no, uno de los autores que investigaron en adoquines y sus agregados fueron (Plazas and Gamba 2015), los cuales presentaron un documento, el cual prueba los datos obtenidos al suplantar parcialmente el agregado fino en volumen por GCR (grano de caucho reciclado) en la ejecución de adoquines de concreto.

Fabricaron cuatro variedades de mezclas, una primera mezcla como referencia sin añadir GCR, la segunda suplantando el 5% del agregado fino por la igual proporción en volumen de GCR, la tercera y cuarta de igual configuración, pero reemplazando el 10 y 15%, respectivamente. Se estimaron las propiedades: absorción de agua y densidad, resistencia a la abrasión y resistencia a la flexo-tracción, la realización de estos ensayos se ejecutó a los 28 días de haber fabricado los adoquines puesto que es el lapso de tiempo para que ellos se endurezcan. Finalmente se concluyó que, debido al mínimo porcentaje de adhesión entre el GCR y la pasta de concreto, la resistencia a la flexo-tracción se redujo, sin embargo, las mezclas con remplazo de 5 y 10% efectúan correctamente con la resistencia requerida en la NTC 2017, 2004. La densidad se vio en decrecimiento con la sustitución de GCR, mientras que la resistencia a la abrasión y la absorción de agua se observaron de manera idéntica a la mezcla base.

Cada día el mundo se encuentra implementando nuevos métodos y nuevas técnicas mucho más factibles para determinar en los diferentes campos que existen. Es importante verificar los adoquines y sus respectivos ensayos, a raíz de esto, investigaron sobre su comportamiento, aplicando la mayor cantidad de ensayos para así relacionarlos y ver su desempeño, debido a esto, (Muñoz 2018) aplicó diferentes ensayos para identificar el comportamiento de los adoquines bajo diferentes cargas, determinando así los esfuerzos imperantes en un adoquín.

El medio ambiente siempre ha sido un punto muy controversial al cual muchas empresas y/o encargados de ejecutar obras han descuidado, a raíz de esto, (Hernández 2018) Con estudios realizados por la Cement and Concrete Association (Reino Unido) han ultimado que un pavimento de adoquines actúa de forma parecida a uno flexible; en cuanto a esto se buscaron que este artículo propusiera a partir de una observación bibliográfica, al pavimento de adoquín de concreto como elección ambiental en la fabricación de la infraestructura vial en Colombia, por consiguiente, construir vías y carreteras más sostenibles con el medio ambiente evitando la contaminación.

Otro autor que aportó a la búsqueda de nuevos adoquines amigables con el medio ambiente fueron (Ussa and Poveda 2015), quienes aportaron un adoquín realizado con demoliciones de construcción implementando así un sistema de beneficio dentro de la obra sin dificultar funcione paralelas, en el cual se puedan efectuar la mezcla de escombros, aglutinantes y aditivos para la fabricación de un modelo de adoquín que complete con las con la calidad físicas inmejorable de resistencia, impermeabilidad y durabilidad, y así que tenga a una fácil fabricación para lograr que este se utilice en vías de paso peatonal, franjas comunes, franjas divisorias de espacio etc.

Al hablar un poco de materiales ecológicos encontrados en nuestra región, (Acosta and Beltran 2017), realizaron una investigación y fabricación de adoquines y bloques

estructurales con la ayuda de materiales no habituales como lo es la ceniza de cuesco de la palma africana donde buscaron que porcentaje de este material es el requerido para darle uso en distintas construcciones y edificaciones, buscaron también generar decrecimiento de daño al medio ambiente ya que este material como lo es cuesco es contaminante, indagaron en cambiar un porcentaje inmejorable de cemento por ceniza de cuesco precipitando las propiedades mecánicas y su mejor uso, elaborando un concreto más resistente, generando disminuir los costos de fabricación y favoreciendo al medio ambiente. Por otra parte (David S. Reyes Cantor 2015), se dieron cuenta que el papel era un elemento contaminante que no se podía reutilizar, a raíz de esto implementaron el uso de papel en los adoquines, y dar un óptimo aporte en el uso al hablar de tráfico liviano.

Los adoquines en carreteras y vías se conocen hace 25 siglos, hoy en día se usan los adoquines de concreto hidráulico para la construcción de vías y se denominan pavimentos articulados. En Colombia se han utilizado en diferentes carreteras con tráfico pesado, aeropuertos, puertos marítimos y entre otros con mayor proporción, también su beneficio es aprovechado en la pavimentación de vías peatonales, parques, plazas y plazoletas, buscando que las ciudades tengan una atmosfera más arquitectónica y agradable (Gustavo Gamba 2015)

2.1.3. A nivel Regional.

Los pavimentos flexibles son utilizados para vías de uso peatonal y bajo volumen de tránsito, pero tienen un problema que deterioran con anticipación al tiempo que se propuso en el diseño, es por esto que (Rodríguez Roso 2019), propusieron aprovechar las características de algunos materiales para aumentar el módulo de rotura en adoquines implementando una capa inferior de concreto con 7% de viruta de acero y una capa superior de concreto con 7% de ceniza volante. Las cenizas volantes en la dosificación del 7% aumentó la resistencia del concreto en 9 MPa a los 45 días de elaboración, el adoquín sin ningún tipo de adición en la

mezcla presentó un módulo de rotura de 3.14 MPa a los 28 días de elaboración, el cual aumentó poco hasta sus 45 días de curado, pero en el caso de los adoquines con los agregados de ceniza volante y viruta de acero el módulo de rotura aumento hasta llegar a los 4.13 MPa gracias a la resistencia que aportó la ceniza volante los primeros 7 días. En los ensayos de flexión los adoquines con agregados de ceniza volante y viruta de acero aumentaron la resistencia en un 25% que el adoquín convencional de concreto. así como también el módulo de rotura aumento hasta 4.21 MPa en el adoquín con agregados siendo el módulo de rotura de un adoquín convencional de concreto de 3.30 MPa.

Desde hace décadas la industria del vidrio ha fabricado más de 100 millones de envases, lo que conlleva una gran cantidad de contaminación ambiental, pese a que cuente con un material con altas cantidades de sílice, este no es biodegradable. Es por esto que (Coronel and Sánchez 2021) decidieron incorporar vidrio pulverizado al mortero, reemplazando este al cemento, mediante la realización de cubos de mortero de 50 mm e incorporando pesos de vidrio en los porcentajes de 10, 20, y 30%. para comparar con la muestra convencional de mortero. pudieron concluir que la resistencia a la compresión de las mezclas utilizadas con vidrios pulverizado es menor que la resistencia del patrón utilizado, sin embargo, la muestra con 10% de sustitución de cemento por vidrio pulverizado tienen un índice de actividad de resistencia a la compresión que considera el residuo de vidrio como una puzolana que se comporta como el cemento. (Alvarez Martinez, Edinson Balmaceda Cañizares 2019), realizaron un estudio comparativo entre adoquines con agregado fino de viruta de aluminio y adoquines convencionales, dosificación experimental utilizando viruta de aluminio como agregado fino. Posteriormente, analizaron las propiedades de la viruta de aluminio y arena mediante ensayos y laboratorios donde se elaboró agregado liviano mediante la trituración de la arena y la viruta de aluminio. Finalmente, se llevó a cabo el

análisis de presupuesto el costo de un bloque y adoquín con la dosificación experimental con el de un bloque y adoquín convencional.

2.2. Marco Conceptual

Es importante conocer ciertos conceptos para interpretar de una mejor manera dicho proyecto de investigación, los cuales presentaremos a continuación:

Cemento: Una mezcla de piedra caliza, mineral de hierro y arcilla. Estos materiales se someten a calcinación a una temperatura de 1,450°C lo cual surge un polvo fino. El principal ingrediente del cemento es el Clinker, procedente de moler finamente con yeso y aditivos químicos para producir el cemento (Cemex 2018a).

Piedra caliza: La piedra caliza pese a ser uno de los materiales importantes para la fabricación del cemento y la cal, también tiene un gran papel importante en la construcción y la ornamentación. Es una roca sedimentaria que contiene carbonato de calcio, gracias a la forma natural como se presenta es un material mineral no metálico bastante favorable para el hombre (Maxam 2017).

Arcilla calcinada: Roca sedimentaria conformada por agregados de silicatos de aluminio hidratados, originario de la distinción de rocas que implica feldespato, como el granito. Manifiesta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Se interpreta por ganar plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al enardecerse por encima de 800 °C (Materiales cerámicos 2017).

Mineral de hierro: Uno de los objetivos en la explotación y proceso de producción del mineral de hierro en una mina, es reducir las fluctuaciones de calidad inherente al depósito para cumplir con las condiciones contractuales que, generalmente, están dadas en términos financieros y técnicos (Benndorf, 2013). Lo anterior indica que el mineral de hierro debe

cumplir con características químicas específicas para lograr la calidad deseada del Clinker (Rodrigo Alberto Restrepo Potes 2019).

Clinker: Producto con figura de gránulos o pequeñas esferas, de entre 5 y 25 mm más o menos, se fabrica por la calcinación de caliza y arcilla a temperaturas que varían entre los 1350 y 1450 °C. Estos gránulos triturados y mezclados con distintos aditivos permiten producir varios tipos de cemento y más adelante el hormigón (Cemex 2018b).

Yeso: Al deshidratar la roca natural denominada aljez se produce el yeso, el cual se le puede añadir en fábrica determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar características de fraguado, adherencia, resistencia, retención de agua y densidad. se utiliza una vez ya fue amasado con agua. El yeso se utiliza también para fabricar materiales prefabricados, estatuas, vasijas u otros utensilios de decoración (Tecnologo Quijada 2018).

Propiedades físicas del cemento: Estas propiedades se determinan mediante ensayos que se hacen sobre el mortero, la pasta de cemento o el cemento puro. La norma NTC 121, establece los ensayos que deben cumplirse bajo ciertas consideraciones, generalmente se prueban en laboratorios con el fin de asegurar cada paso y así poder esperar la calidad deseada en el concreto para uso estructural. Las propiedades más relevantes del cemento son: la finura, la fluidez o consistencia normal, la densidad, la resistencia a la compresión, la expansión, los tiempos de fraguado y el fraguado rápido (Silva 2020c).

Finura en el cemento: Determina la velocidad de hidratación del cemento, el desarrollo de calor de hidratación, la adquisición de resistencia del cemento y el desarrollo del calor de hidratación. un cemento que contenga grano mucho más fino se hidrata con mucha más facilidad (Silva 2020c).

Consistencia normal (Fluidez): El principal método para determinar este parámetro es con la aguja de Vicat, expresa las cualidades del grado de fluidez para utilizar la pasta de cemento. Cada cemento tiene intimación variable de agua, todo depende de si son o no

adicionados; los cementos adicionales solicitan más agua. Cuando se encuentra una fluidez que deba adicionar más agua se le llama consistencia normal (Silva 2020c).

Densidad: Se define por el enlace entre la masa de una cuantía dada y el volumen total de esa masa. En cementos comunes este valor es próximo de 3.15 g/cm^3 , en los adicionados este valor es próximo de 2.90 g/cm^3 , dependiendo de la cuantía de adiciones necesarias (Silva 2020c).

Tiempos de fraguado: El fraguado inicial es el tiempo que transcurre desde que la pasta de cemento se le agrega agua y esta va perdiendo su fluidez hasta que no tiene viscosidad y eleva su temperatura y el fraguado final es el tiempo transcurrido hasta que la pasta de cemento deja de estar modificable por cargas mínimas hasta aproximarse a su temperatura máxima donde esta pasta se endurece (Silva 2020c).

Resistencia a la compresión: Ensayo realizado a cubos de aristas de 5.08 cm. verificando cada procedimiento por la norma NTC 220. El proceso de elaboración de estos cubos es de una mezcla de porción de cemento por 3 porciones de arena de OTAWA, adoptada por la ASTM con mayor aceptación. Se hace un seguimiento con la norma NTC 121 en cubos elaborados para ensayarlos a los 3, 7 y 28 días (Silva 2020c).

Propiedades mecánicas básicas del concreto: propiedades mecánicas básicas de los concretos, tales como módulo de elasticidad, resistencia a tensión indirecta y resistencia a flexión (Silva 2020c).

Concreto: Una mezcla de materiales de arena, grava y gravilla (también conocidos como agregados), y cemento, el cual es el aglutinante. El concreto endurece fácilmente con sólo agregarle agua durante el proceso de mezclado, gracias a esto se puede utilizar también en construcciones bajo el agua. Es un material que puede poseer cualquier forma al ser vertido en un molde o encofrado y así conseguir transformación en piezas prefabricadas para la construcción. Ofrece un sólido fundamento para edificios por ser un material mezclado con

agregados de relleno y dureza, a su vez el hormigón armado y pre comprimido resistir grandes fuerzas de tensión en las edificaciones (Buddenheim 2019).

Arena: Los áridos son materiales muy importantes a la hora de utilizarse en la preparación del mortero, hormigón y ladrillos. Existen diferentes tipos de áridos en el mercado, cada uno maneja una finalidad distinta, entre estos la arena que es el árido utilizado para elaborar el concreto no supera los 0.5 centímetros de tamaño y se emplea con otros agregados para ganar sustancia como cemento que es empleada en la pega de ladrillos y otros. Existen diferentes tipos de arenas en el mercado, como lo son: de miga, finas, lavadas o gruesas, lavada de río (mejor calidad y bastante valorada, ante todo, por su crecido contenido en cuarzo); arena viva (se designa repasada, con contenido arcilla, esto la hace endurecer antes), etc.

En la Figura 2, se muestran los diferentes tipos de arenas. Considerando lo anterior, la arena se utiliza dependiendo de su granulometría, como se describe a continuación: **Arena fina:** Se mezcla con cemento para la realización del mortero de enfoscado o también conocido como revoco. **Arena gruesa o lavada:** Su función es el mezclado con cemento y así producir el calificado mortero de albañilería. **Arena de miga:** Utilización en la combinación de materiales, como también para realizar mortero y producir soldados de estructuras si se une al cemento.

Figura 2. *Tipos de arenas.*



Fuente: (Navarro 2016a).

Gravas: Es un árido muy habitual en el mundo de la construcción, utilizado para el desarrollo de la fabricación del hormigón, este árido es relevante por superar los 0.5 centímetros de diámetro. Existen dos tipos: el planché (mezcla de grava lavada y arena) y el revuelto (se produce de mezclar grava o gravilla y arena) (Navarro 2016b).

Propiedades del concreto: Las cuatro propiedades principales del concreto son: Trabajabilidad, cohesividad, resistencia, durabilidad, impermeabilidad, cambio de volumen, escurrimiento al plástico, peso por pie cúbico, hermeticidad y permeabilidad (Arquitectura 2017a).

Trabajabilidad: Propiedad que facilita la mezcla entre los ingredientes del concreto y produciendo que esta se pueda manipular, transportar y colocar con poca pérdida de homogeneidad, es la facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente (Arquitectura 2017b).

Durabilidad: El concreto debe soportar los cambios en la intemperie, acción de productos químicos y desgastes naturales a los cuales estará sometido durante su vida útil, gran parte de estos daños a los concretos surgen por los ciclos de congelación y descongelación (Hernández 2013a).

Impermeabilidad: Propiedad del concreto que al reducir la cantidad de agua en la mezcla se puede mejorar. al tener excesos de agua produce cavidades y vacíos después de la evaporación, en efecto que si están interconectados el agua puede penetrar o atravesar el concreto (Hernández 2013b).

Resistencia: Propiedad del concreto determinada por la resistencia de una probeta final en compresión. a los 28 días es la medida más común de la resistencia del concreto puesto que este aumenta cada vez más su resistencia (Hernández 2013b).

Cambio en volumen: Propiedad a tener muy en cuenta en el concreto puesto que la expansión debida a las reacciones químicas entre integrantes del concreto produce pandeo y en el proceso de secarse la contracción puede causar grietas (Hernández 2013b).

Escurrimiento plástico: Deformación producida por carga constante durante largo tiempo. Es, más o menos, proporcional al esfuerzo con cargas de trabajo y aumenta cuando se incrementa la proporción agua-cemento; disminuye cuando aumenta la humedad relativa (Hernández 2013b).

Hermeticidad: Es una propiedad física del concreto capaz de retener o refrenar agua sin escapes visibles (Hernández 2013b).

Permeabilidad: Migración de agua a presión a través del concreto o también capacidad del concreto a la penetración de líquido (Hernández 2013b).

Aditivos: Sustancias que alteran propiedades al concreto al ser añadidas a este ya sea en estado fresco como endurecido. Se clasifican en aditivos químicos y aditivos minerales, los más importantes son: los plastificantes y súper-plastificantes, los incorporadores de aire y los controladores de fragua (Harmsen 2002).

Adoquines: Unidad de forma prismática fabricada en concreto vibro comprimido. Este diseño particular permite la colocación de piezas de forma continua y simétrica para formar carpetas de rodamientos o pavimentos, calles y avenidas, plazas y andadores, parqueaderos, etc. Las dimensiones más comunes suelen ser de 20 cm de largo por 15 cm de ancho, facilitando esto la manipulación con una sola mano. Son piezas prefabricadas generalmente de hormigón de masa, comúnmente bicapa, sus tamaños y formatos pueden ser variables. La definición de adoquín por la Norma Europea de producto, resalta que toda la sección transversal a una distancia de 50 mm de los bordes del adoquín, no tendrá dimensión horizontal menor a 50 mm. Por otro lado, la longitud total dividida por el espesor será inferior o igual que cuatro (Ecured 2018).

Resistencia de adoquines: Es una característica muy importante de este tipo de materiales puesto que son muy utilizados en lugares donde el tráfico sea bastante pesado, como lo son puertos marítimos a zonas industriales, son conocidos por su fácil manejo del trabajo y su máxima resistencia (Andece 2018a).

Permeabilidad en adoquines: Los adoquines se han caracterizado por su adecuada transportación de agua o evacuarla y llevarla hacia elementos de desagüe en red de saneamiento o a la sub base del terreno, con esto evitar inundaciones en construcciones vecinas, gracias a esto los adoquines son muy útiles en zonas urbanas, podemos ver el uso de adoquines en Figura 3.

Figura 3. *Permeabilidad en adoquines.*



Fuente: (Andece 2018b).

Durabilidad en adoquines: Estos materiales, se comportan de buena manera frente a aceites, combustibles, lubricantes y grasas, a comparación de pavimentos bituminosos que prueban mucho mayor rebajamiento ante estos vertidos. Esto se nota mucho en algunas zonas de las vías, como lo son las paradas de buses, centros donde se tenga mucho tráfico, áreas donde se tenga bastante manifestación de vertidos y se necesiten filtrarlos para minimizar deslizamientos de la superficie (Andece 2018b).

Menor deslizamiento/resbalamiento en el adoquín: La rugosidad que proporciona la cara exterior de los adoquines, le suministra muy buena resistencia al deslizamiento y resbalamiento (también resbaladidad), según el caso (Andece 2018b).

Ecológica en adoquines: La vertiente ecológica se ha vuelto muy importante en los pavimentos, al permanecer en áreas de gran posterioridad de contaminación, por ejemplo proporcionándoles distintas propiedades suplementarias como la cabida de captación del CO₂ ambiental, mediante la transición en carbonato cálcico; la acción biocida (dificulta la fijación de microorganismos vivos e inertes los Maestría Internacional en Soluciones Constructivas con Prefabricados de Hormigón Concreto (Andece 2018b).

2.3. Marco Teórico

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se tendrán en cuenta las siguientes normas técnicas colombianas y de envías para estimar y calcular idóneamente las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines y materia prima a ensayar.

2.3.1. Caracterización física

Como parte de la evaluación de las propiedades físicas de los concretos, se utilizan los siguientes ensayos basados en normas:

Densidad o Peso Unitario. (INV E – 405 – 13). La densidad, también conocida como peso unitario se define como la masa de un material por unidad de volumen, utilizando la Ecuación 1:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{Ec. 1}$$

Para calcular las densidades debe realizarse el siguiente procedimiento, considerando la siguiente expresión para la masa: Masa probeta = Masa sólido + Masa aire \cong Masa sólido

El volumen, se distinguen tres tipos de volúmenes que un material puede presentar. A partir de dicha consideración de que todo material está formado por una cantidad de materia llamado compacidad y también una cantidad de orificios conocida como porosidad, se

clasifican los diferentes volúmenes como se muestra en la siguiente ilustración. De esta manera, para calcular el volumen total V_T se utiliza la Ecuación 2:

$$V_T = V_m + V_{pc} + V_{pa} \quad \text{Ec. 2}$$

La suma total del volumen másico (V_m) sumando también el volumen de los poros cerrados (V_{pc}) se denomina, habitualmente volumen aparente (V_{ap}), (Otros lo denominan volumen relativo), esto quiere decir que no considera los poros abiertos utilizando la Ecuación 3:

$$V_{ap} = V_m + V_{pc} \quad \text{Ec. 3}$$

Los poros abiertos a su vez pueden llegar a ser permeables o impermeables lo cual quiere decir comunicados o no comunicados. Debido a las expresiones anteriores y teniendo en cuenta la definición de densidad. (Masa/Volumen) pueden definirse tres tipos de densidades (Según porque volumen se divide), así se tiene la Ecuación 4, y como consideraciones la Ecuación 5 y la Ecuación 6. Es importante tener en cuenta, que en materiales muy compactos las dos últimas densidades podrían diferir en un 2%.

$$\text{Densidad real} = \rho_r = \frac{M}{V} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{Densidad aparente} = \rho_{ap} = \frac{M}{V_{ap}} \quad \text{Ec. 5}$$

$$\text{Densidad global} = \rho_g = \frac{M}{V_t} \quad \text{Ec. 6}$$

Morfología de los Adoquines: Se deberán tomar los siguientes datos de cada uno de los especímenes como ancho, largo, alto y apariencia (Henao et al. 2005).

2.3.2. Caracterización mecánica

La caracterización mecánica del concreto abarca todo tipo de características que este tiene, y cómo aporta para la contribución de resistir a diferentes fuerzas aplicadas, al realizar un estudio se encontró que las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de concreto los cuales son sometidos a ensayos para la determinación de las propiedades. Considerando los

resultados experimentales encontrados, se propusieron correlaciones para poder predecir las distintas propiedades físicas y mecánicas de los concretos. En dicho estudio se propusieron recomendaciones sobre la resistencia mínima que debería tener el concreto y la edad óptima para un desencofrado. Estas recomendaciones se podrían implementar en construcciones de viviendas de baja altura y de bajo costo (Carrillo Julián, Alcocer Sergio M 2013).

Absorción de Agua. (INV E 427 – 13). Este ensayo determina la cantidad de agua que absorben los adoquines de concretos cuando son sometidos a inmersión en agua, como se explica en Anexo 1. Como norma, los adoquines de concreto deben tener una absorción de agua total (Aa%) no superior al 7% como valor promedio de todos los especímenes y no debe ser superior al 8% para cada espécimen, se muestra en el Anexo 1. Por otra parte, se deben considerar los parámetros de calidad mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. *Ensayo de absorción de agua.*

Módulo de rotura 8 (mr), a los 28 días, mínimo, MPa		Longitud de huella (lh) Máximo mm
Promedio 5 muestras	Individual	Promedio de 5 muestras
4.2	3.8	23

El módulo de rotura (mr) se ha especificado a los 28 días, sin embargo, los adoquines se pueden utilizar a edades más tempranas, cuando existen historias sobre la evolución del módulo de rotura (mr) de adoquines es igual características, y éste indique que los primeros pueden obtener dicho módulo y que disponen la resistencia necesaria para ser colocados. Lo anterior, no exime de la comprobación directa de la calidad de los adoquines por medio de ensayos a los 28 días.
Se pueden detallar módulos de rotura (mr) mayores, o capas superficiales de características particulares, cuando lo exijan las condiciones de servicio como con cargas abrasivas, llantas y orugas metálicas, entre otros. En cuyo caso se debe consultar con los proveedores locales para averiguar la disponibilidad de este tipo de adoquines.

Resistencia a la abrasión. (INV E – 425). El valor promedio de la longitud de la huella de cinco especímenes sometidos al método de ensayo descrito en la NTC 5147. Resistencia a la Abrasión es la última de las propiedades más fundamentales, es notoria por la disminución de masa resultante de la correlación entre partículas o asperezas duras que son forzadas a una superficie y que se trasladan a lo largo de esta. La disparidad principal entre los roces abrasivo y desgaste por deslizamiento es el grado de desgaste entre los cuerpos comprometidos (importantemente mayor en el desgaste abrasivo), bien sea por la naturaleza, tipo de material, composición química, o por la configuración geométrica. Esta característica

es fundamental porque la cara de desgaste es la que acompaña la estructura interna del adoquín de los agentes externos, estos son químicos y/o ambientales. Esta cualidad está anclada a su proceso de fabricación, los materiales porosos tienen características únicas para el suministro de texturas de superficie, entre tanto los no porosos está siendo ideada. Según lo descrito en (NTC 2017, Norma Técnica Colombiana, 2004) de versión 2004-02-25, los adoquines de concreto deben cumplir ciertas características mecánicas y físicas. Los datos mínimos y máximos que deben tener estos especímenes para que estén dispuestos en la ejecución de pavimentos de adoquines de concreto hidráulico se muestra en el Anexo 2.

Resistencia a la flexotracción (módulo de rotura). (INV E – 415 – 13). Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, empleando una viga simplemente soportada, cargada en el punto central de este. Dicho ensayo es utilizado para determinar el módulo de rotura de especímenes preparados y curados de acuerdo a las normas INV – E 402 o INV – 420. La resistencia calculada puede variar, esto, dependiendo si existen diferencias en el tamaño del espécimen, el curado, la humedad, y su preparación. Los resultados de este método de ensayo se pueden emplear para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como una base para las operaciones de dosificación, mezcla y colocación del concreto. Las consideraciones, procedimiento y cálculos se muestran en el Anexo 3.

2.3.3. Criterios de aceptación o rechazo de las muestras.

Considerando las normas anteriormente mencionadas, cada norma establece los requerimientos mínimos para que se analicen las condiciones de aceptación o rechazo de las muestras, basado en la optimización considerando teorías estadísticas. Si una muestra no cumple no cumple con lo especificado en esta norma se debe ensayar la muestra testigo. Si la muestra testigo tampoco cumple con lo especificado en esta norma se debe rechazar el lote en su totalidad (Infraestructura 2013).

2.3.4. Diseño de mezcla.

El diseño de experimentos con mezclas, se conoce como el procedimiento empírico que tiene muchas propiedades importantes (físicas, químicas, mecánicas), algunas son basados en adquirir una adecuada resistencia a la compresión para una edad puntual, así como una manejabilidad óptima en un tiempo en específico, el cual deberá tener propiedades adecuadas para que al usarlo, las estructuras sean seguras (Osorio 2018a). En los últimos años el uso del diseño de experimentos con mezclas se ha llevado a cabo a través de la estadística aplicada con la finalidad de optimizar materiales y procesos industriales.

2.3.4.1. Realización del diseño de mezcla. Las proporciones para una mezcla óptima de concreto se logran a error, mediante un sistema basado a prueba y error. Esto consiste en idealizar una mezcla de concreto, compuesta por agua, arena, cemento y grava, y luego ejecutarla, calculada la mezcla por diferentes métodos. A dicha mezcla se deberán realizarle los ensayos de calidad (Osorio 2018b). Para esto, se necesitan tener los datos de los materiales y sus respectivas propiedades, de las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer, como, por ejemplo: Granulometría, Módulo de finura de la arena, Tamaño máximo de la grava, Densidad aparente de la grava y de la arena, Absorción del agrava y de la arena, Masa unitaria compacta de la grava, Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas, Densidad del cemento, entre otras.

2.3.4.2. Métodos para calcular diseños de mezcla. A continuación, se detallan los diferentes métodos que se utilizan para determinar los diseños de experimentos con mezclas.

Método de contenido mínimo de vacíos: Lo primero a realizar es determinar las características de los agregados, los cuales involucran, el tamaño máximo, tamaño máximo nominal, a partir de esto, se deberá determinar una correcta combinación entre la grava y la arena.

Se deberá obtener el mínimo contenido de vacíos en los agregados combinados, la mejor forma para obtener este valor, es experimentalmente por medio del cambio de volumen compacto de los agregados, variando al mismo tiempo las distintas proporciones entre grava y arena hasta el punto de obtención de una proporción de relativa con el que se tendrá el mínimo contenido de vacíos. Dicha determinación está basada en la ASTM-C.29, la cual tiene una ejecución sencilla y es recomendable con agregados de tamaño máximo de 40 mm.

Se busca obtener el menor contenido de vacíos en la realización de la mezcla, puede concluirse que a la hora de su ejecución quedan implícitamente abarcados efectos inherentes basados en la forma y textura superficial de las partículas, también del tamaño máximo y la granulometría de los agregados.

Este método se basa en hallar las cantidades adecuadas de los agregados, este método se determina por el cálculo del peso de la grava y el de la arena, usando el método del peso volumétrico máximo, se deberá convertir estos pesos a volúmenes absolutos, para así poder sumarlos y obtener el volumen absoluto de la mezcla.

Para calcular qué cantidad de agua y cemento se requiere se conviene determinar primeramente la resistencia a la compresión y si el concreto necesita aire incluido, con esta información y utilizando unas tablas en la ACI 21 1.1-91 hallamos el porcentaje de aire incluido que necesitará dicha mezcla.

Luego de haber hallado el porcentaje de aire, se deberá convertir a volumen unitario, teniendo este volumen lo deberemos restar a la pasta de cemento y aire incluido, con esto obtendríamos el volumen de la pasta.

La última parte será realizar una mezcla de prueba que se procederá a tabularse en volumen y en peso absoluto (Cano 2018).

2.3.5. Proceso para la fabricación del cemento. A continuación, se describe el proceso para la fabricación del cemento:

Explotación y extracción: El proceso de fabricación del cemento comienza con la explotación de los yacimientos, el material que obtenemos a partir de dicha explotación, deberá ser transportado en camiones para luego triturarlos. Esta trituración deberá ser en dos etapas, las cuales se especifican a continuación: Se procesa el material hasta llegar a obtener un material de un tamaño comprendido de los 1.5 a los 2.5 cm, es importante el proceso del almacenamiento del material, para verificar su composición química, luego pasar a la trituración secundaria, reduciendo así su tamaño a 2mm. El material triturado se lleva a la planta por cintas transportadoras, depositándose en otro parque, este de materias primas.

Molienda de la materia prima: Después de esto procedemos a la molienda, que se ejecutará por medio de molinos, los que producirán un material de gran finura, este proceso se realiza según el diseño de mezcla a ejecutar, para la buena ejecución el horno deberá tener excelentes características.

Se deberá homogenizar el material molido para así conseguir una efectividad del proceso, es importante recalcar que dicho proceso deberá ejecutarse en silos. El material resultante deberá tener una buena composición química.

Clinkerización: Luego de todos estos procesos la harina se transportará por medio de transporte neumático, llevado luego a un horno rotatorio en el cual se ejecutan las reacciones que forman el Clinker. Este Clinker es obtenido debido a las altas temperaturas que es ejecutado el horno, de 950 a 1,100°C (ASOCEM 2015).

2.3.6. Análisis bibliométrico (BA).

De acuerdo con (Escorcía 2008a), la bibliometría es la ciencia que permite el análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura, estudiando la naturaleza y el curso de una disciplina científica. La bibliometría va de la mano con la aplicación en métodos

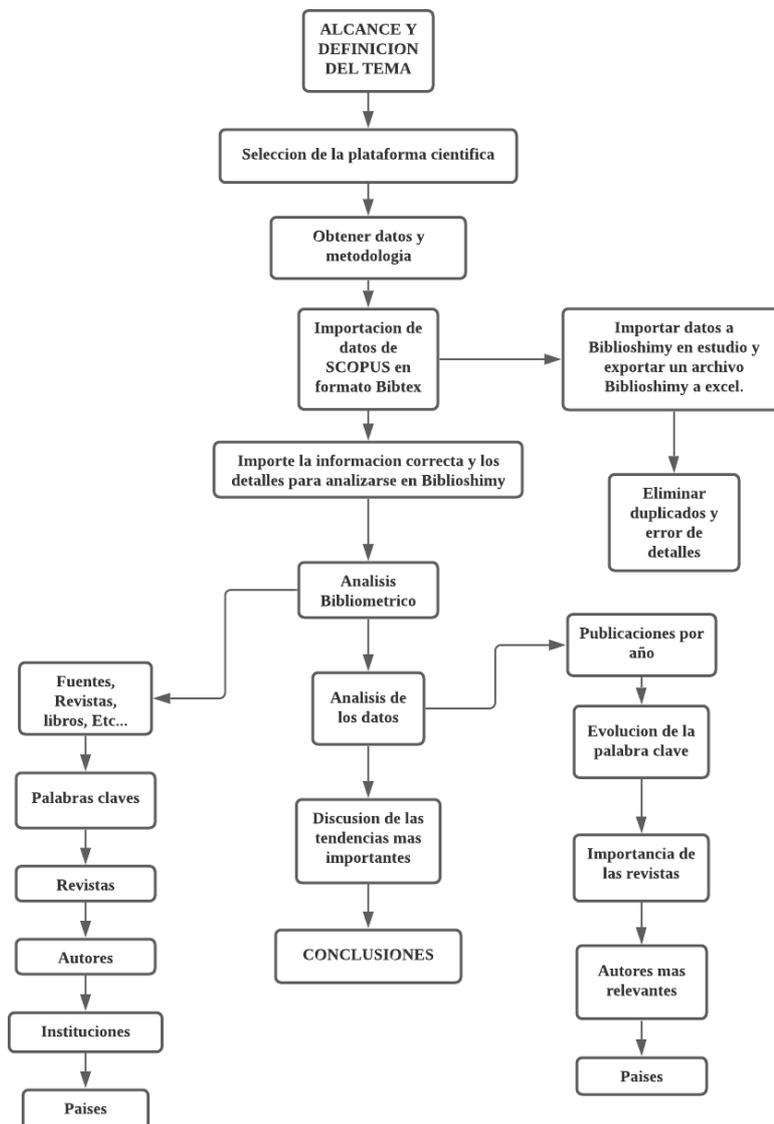
estadísticos y matemáticas a fuentes escritas que contengan elementos como idioma, palabra claves, descripciones, título del artículo o revista en la publicación, autores, tipo de documento, idioma y resumen.

Por otra parte, se le llama bibliografía estadística por su necesidad al efectuar un recuento o resumen de publicaciones existentes, su principal función es la cuantificación de los libros y hacer un estudio cuantitativo de unidades publicadas, unidades bibliográficas y sustitutos. También se puede definir como análisis estadístico por su función en el estudio de las características de uso y creación de documentos (López et al. 2009).

Analizar las publicaciones científicas y construir una fuerte columna en el proceso de investigación, es lo que se llama bibliometría, además de esto convertirse en una herramienta para calificar el proceso generador del conocimiento teniendo un impacto de este proceso en el entorno. Se puede considerar a su vez, como una sub-disciplina de la cienciometría al proporcionar información sobre los resultados de un proceso investigador, la evolución, estructura y su volumen, además lograr resaltar el impacto de las fuentes tanto como de la investigación (Escorcía 2008b).

Para realizar análisis bibliométricos, generalmente se utiliza el procedimiento descrito en la Figura 4.

Figura 4. Metodología para realizar el análisis bibliométrico.



Fuente: Tomado de (García-León, Martínez-Trinidad, and Campos-Silva 2021).

2.4. Marco Legal

Siempre es importante conocer las normas que rigen los diferentes tipos de ensayos, de actividades y de muestras en general, para este caso se usaron las NTC (Normas Técnicas Colombianas), el cual está legalizado por ICONTEC, las cuales rigen los principios de calidad, aprobación y aceptación de las diferentes muestras de concreto con sus diferentes dosificaciones.

NTC-4076: Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto. Esta norma especifica los requisitos que deben tener los bloques de mampostería para que tengan un óptimo de desempeño.

NTC-4026: ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural. Establece los requisitos para unidades de mampostería reforzada o macizas de concreto elaboradas de concreto con cemento portland agua y agregados minerales. Contiene clasificación, materiales, requisitos físicos, muestreo y ensayo.

NTC-30: Cemento portland, clasificación y nomenclatura. Establece la nomenclatura y la clasificación de los cementos.

NTC-109: Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Método para determinar los tiempos de fraguado del cemento hidráulico por medio de las agujas de Gillmore. Ensayo que establece el método de ensayo para hallar los tiempos de fraguado de las pastas de cemento hidráulico.

NTC-225: ingeniería civil y arquitectura. cementos. fraguado rápido del cemento Portland (método del mortero). Esta norma establece el método para determinar el fraguado rápido de morteros de cemento Portland.

NTC-174: Concretos. especificaciones de los agregados para concreto. Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto.

NTC-1299: Concretos. Aditivos químicos para concreto. Comprende los materiales que se usan como aditivos químicos en mezclas de concreto hidráulico.

NTC-4018: Ingeniería civil y arquitectura. escoria de alto horno, granulada y molida para uso en concretos y morteros. Esta norma establece las especificaciones de la escoria para uso como material cementante en concretos y morteros.

NTC-5147: Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión de materiales para pisos y pavimentos, mediante arena y disco metálico ancho. Esta norma se refiere al proceso para hallar el desgaste de materiales para pavimentos utilizando un disco metálico.

INV E-425: Resistencia del concreto a la abrasión mediante chorro de arena. Esta norma se refiere a las características que pueden obtener los adoquines para el óptimo desempeño en la abrasión.

INV E-427: Absorción de agua por los adoquines de concreto. Esta norma se refiere a la cantidad de agua que absorbe los adoquines de concreto a la hora de someterse a la inmersión.

INV E-405: Densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto. Con esta norma podemos hallar la densidad del concreto recién mezclado, proporcionando fórmulas para el cálculo del rendimiento de este.

Capítulo 3. Metodología de la investigación

3.1. Tipo de Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se tendrá en cuenta el tipo de Investigación científica debido a que es aquella que consiste en un proceso metódico y sistemático con la finalidad de solucionar problemas mediante la obtención de nueva información basado en los datos experimentales que se obtengan a través de un diseño de experimentos en el área de mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto. Teniendo en cuenta lo anterior, se consideran los siguientes aspectos de investigación:

Según el nivel de profundidad: Es una investigación de tipo descriptiva debido a que se desarrollará un análisis bibliométrico relacionado con el estado del arte en agregados/aditivos en el concreto, asimismo, se recopilará información relacionada con la estadística y tendencias en esta área.

Según el diseño: Será una investigación del tipo documental debido a que se recopilarán datos de diferentes autores, artículos, libros y páginas web donde se obtendrá información relacionada con el concreto, propiedades mecánicas y su evaluación. Asimismo, se aplicará un diseño tipo experimental, considerando que se realizarán ensayos de laboratorio teniendo en cuenta las diferentes composiciones de concreto con la adición de arcillas y residuos de los hornos los que pretenden emplear en la mezcla de concreto, y de esta manera, evaluar sus propiedades bajo las diferentes normas técnicas colombianas (NTC).

Según el propósito: Esta investigación es de tipo básica, debido a que se busca estudiar los fenómenos que afectan al concreto, y así mismo, obtener nuevos resultados sobre el mejoramiento en las propiedades mecánicas del concreto experimentalmente a nivel laboratorio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

Debido a que este estudio se basa en pruebas de resistencia al concreto, se referenció por la NTC 2275 (Ingeniería civil y arquitectura. Procedimiento recomendado para la evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia del concreto.) Estableciendo que, para estimar la desviación estándar, valores de resistencia y coeficiente de variación, deben efectuarse 30 ensayos de concreto por cada diseño de mezcla que se tenga. Es decir, se debe realizar 30 adoquines con diferente dosificación, en este caso contamos con 10 dosificaciones diferentes, lo cual sería para un total de 300 adoquines aproximadamente.

3.2.2. Muestra.

Con la finalidad de realizar una cantidad de ensayos ejecutable durante la presente investigación, se realizó el cálculo de tamaño de muestra por medio de la utilización del software Statgraphics, el cual nos indica una serie de combinaciones y dosificaciones para nuestros adoquines en concreto con adiciones de arcillas y residuos de ceniza de horno.

3.3. Diseño de experimentos.

Se desarrolló un diseño Simplex-Centroide el cual estudiará los efectos de 3 componentes en 20 corridas, ejecutado en un solo bloque. Además, el orden de los experimentos fue completamente aleatorizado (al azar). Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas, puesto que el modelo seleccionado es cuadrático, el diseño intentará ajustar un modelo, tanto con términos de primer orden como de segundo. Asimismo, se consideraron los límites establecidos para cada material según del diseño de experimentos con mezclas como se detalla a continuación: concreto (bajo 90 y alto 100), arcilla (bajo 0 y alto 10) y ceniza (bajo 0 y alto 10). Teniendo en cuenta lo anterior, se estableció el diseño de experimentos mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3. *Diseño de experimentos basado en 3 diferentes materiales (concreto, arcilla y ceniza).*

MEZCLAS	BLOQUE	Concreto	Arcilla	Ceniza
1	1	96.6667	1.66667	1.66667
2	1	95	5	0
3	1	100	0	0
4	1	90	5	5
5	1	95	0	5
6	1	90	10	0
7	1	91.6667	1.66667	6.66667
8	1	91.6667	6.66667	1.66667
9	1	90	0	10
10	1	93.3333	3.33333	3.33333
11	1	100	0	0
12	1	90	10	0
13	1	90	0	10
14	1	95	5	0
15	1	95	0	5
16	1	90	5	5
17	1	93.3333	3.33333	3.33333
18	1	100	0	0
19	1	90	10	0
20	1	90	0	10

Fuente: Elaboración propia.

Considerando el análisis estadístico para el diseño de experimentos, la Tabla 4 muestra los 10 tipos de diseños de mezclas con su respectiva dosificación que se van a realizar en este trabajo, de acuerdo al software Statgraphics. Se obtuvo el número de adoquines necesarios para cada dosificación, esto dependió del número de veces que se repetía la misma dosificación en el sistema. Es por esta razón que se consideraron 6 tipos de ensayos físico-mecánicos los cuales son: absorción, resistencia a la flexo-tracción y resistencia a la abrasión. Posteriormente, se multiplico el número de adoquines por el número de ensayos para obtener la cantidad de muestras necesarias considerando la edad de curado de los adoquines que se van a ensayar.

Tabla 4. Tipo de dosificación y número de adoquines por cada dosificación.

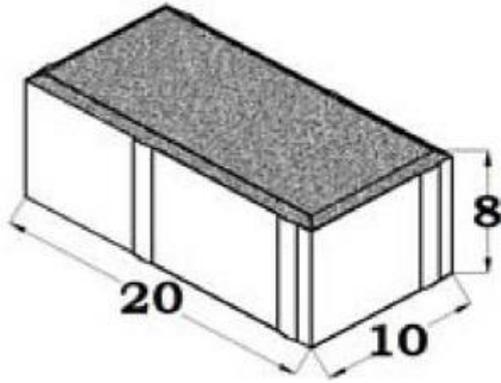
N° Mezcla	Dosificación	N° Adoquín	N° Ensayos	56 Días
1	90+10+0	3	6	18
2	95+5+0	2	6	12
3	96+1.6+1.6	1	6	6
4	100+0+0	3	6	18
5	90+5+5	2	6	12
6	95+0+5	2	6	12
7	91+1.6+6.6	1	6	6
8	91+6.6+1.6	1	6	6
9	90+0+10	3	6	18
10	93.3+3.33+3.33	2	6	12
--	Total	20	--	120

Nota: Tenga en cuenta que la dosificación corresponde a concreto, arena y ceniza,

respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las dimensiones a usar en el adoquín, se tuvo en cuenta la norma NTC de 2017 en el numeral 4.1.2.1, la cual habla que la relación entre la longitud nominal (l_n) y el ancho nominal (a_n) de los adoquines no puede ser mayor de 4, y en el siguiente numeral, 4.1.2.2 habla que la relación entre longitud nominal (l_n), considerando que el espesor de adoquines no deberá ser mayor a 4, siguiendo estas recomendaciones, se optó por un adoquín con una longitud de 200 mm, un ancho de 100 mm, y con una altura o espesor de 80 mm. Cumpliendo así con los parámetros necesarios requeridos por la (Norma técnica Colombiana 2017), dicho adoquín es el más comercial del mercado actual de Colombia, con un uso general para tráfico liviano, andenes y parqueo, con un peso promedio de 3.5 kg, con una resistencia a la compresión de 2500 PSI, el cual se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5. Dimensiones del adoquín.



Fuente: (Ibañez 2019)

3.4. Etapas del proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta cada uno de los objetivos específicos y la metodología planteada para este trabajo de investigación, se establecieron cada una de las siguientes fases con sus respectivas actividades para alcanzar el objetivo general propuesto.

FASE I.: Recopilar información de los artículos relacionados con la temática del concreto a través de la base de datos de *Scopus*, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.

Actividad 1. Consultar información relacionada con el proyecto usando las bases de datos *sciencedirect* y *Scopus*.

Actividad 2. Compilar los artículos obtenidos de las bases de datos.

Actividad 3. Filtrar la información más relevante de los artículos encontrados en las bases de datos.

Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes citas bibliográficas.

FASE II. Examinar los datos recopilados utilizando el software *R-studio* para determinar las tendencias actuales en el estudio de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos.

Actividad 1. Examinar los datos encontrados en la base de datos Scopus sobre el estudio de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de adiciones.

Actividad 2. Analizar tendencias en palabras clave y países, como también los autores más relevantes en el estudio del concreto y morteros.

Actividad 3. Buscar las referencias más importantes sobre el estudio del concreto y mejoramiento de propiedades mecánicas.

Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes citas bibliográficas.

FASE III: Establecer un análisis estadístico para el diseño de mezclas de materiales utilizados como aditivos (arcilla y cenizas) en el concreto teniendo en cuenta el autor más relevante en la temática.

Actividad 1. Indagar sobre los diseños de mezclas según sus diferentes porcentajes de materiales usados como aditivos.

Actividad 2. Investigar sobre cuál puede ser el mejor tipo de arcilla para mezclarlo con el concreto.

Actividad 3. Establecer un análisis estadístico para el diseño de mezclas.

FASE IV: Analizar las mezclas de concreto obtenidas con arcilla y cenizas mediante el diseño de experimentos, para comparar los resultados con los requerimientos de las normas técnicas colombianas.

Actividad 1. Plantear un diseño de mezclas que pueda ser factible con la adición de arcillas y residuos de hornos de arcilla.

Actividad 2. Experimentar en el laboratorio muestras realizadas de los tipos de mezclas.

Actividad 3. Realizar ensayos físicos y mecánicos a nivel laboratorio para evaluar las propiedades de las mezclas experimentales.

Actividad 4. Establecer cuál es la mezcla adecuada con la cual se mejoran las propiedades de los morteros, para su uso en la industria de la mampostería para la construcción.

3.3. Cronograma de actividades

De forma general, la Tabla 5 resume las fases y actividades propuestas en este trabajo de investigación y los plazos en los cuales se van a ejecutar.

Tabla 5. Cronograma de actividades.

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1. Recopilar información de los artículos relacionados con la temática del concreto a través de la base de datos de Scopus, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.	■	■	■													
Actividad 1. Consultar información relacionada con el proyecto usando las bases de datos <i>science direct</i> y <i>Scopus</i> .	■															
Actividad 2. Compilar los artículos obtenidos de las bases de datos.	■															
Actividad 3. Filtrar la información más relevante de los artículos encontrados en las bases de datos.	■															
Actividad 4. Clasificar la información analizada sobre el concreto, así como sus propiedades mecánicas.	■	■														
Actividad 5. Establecer el análisis bibliométrico sobre el estudio del concreto utilizando aditivos para el mejoramiento de propiedades mecánicas.	■	■	■													
Fase 2. Examinar los datos recopilados utilizando el software R-studio para determinar las tendencias actuales en el estudio de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de aditivos.		■	■	■	■	■	■									
Actividad 1. Examinar los datos encontrados en la base de datos <i>Scopus</i> sobre el estudio de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de adiciones.		■	■	■	■	■	■									
Actividad 2. Analizar tendencias en palabras clave y países, como también los autores más relevantes en el estudio del concreto y morteros.			■	■	■	■	■									
Actividad 3. Buscar las referencias más importantes sobre el estudio del concreto y mejoramiento de propiedades mecánicas.			■	■	■	■	■									
Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes citas bibliográficas.			■	■	■	■	■									
Fase 3. Establecer un análisis estadístico para el diseño de mezclas de materiales utilizados como aditivos (arcilla y cenizas) en el concreto teniendo en cuenta el autor más relevante en la temática.			■	■	■	■	■	■								
Actividad 1. Indagar sobre los diseños de mezclas según sus diferentes porcentajes de materiales usados como aditivos.				■	■	■	■	■								
Actividad 2. Investigar sobre cuál puede ser el mejor tipo de arcilla para mezclarlo con el concreto.				■	■	■	■	■								
Actividad 3. Establecer un análisis estadístico para el diseño de mezclas.				■	■	■	■	■								
Fase 4. Analizar las mezclas de concreto obtenidas con arcilla y cenizas mediante el diseño de experimentos, para comparar los									■	■	■	■	■	■	■	■

Capítulo 4. Desarrollo experimental y análisis de resultados

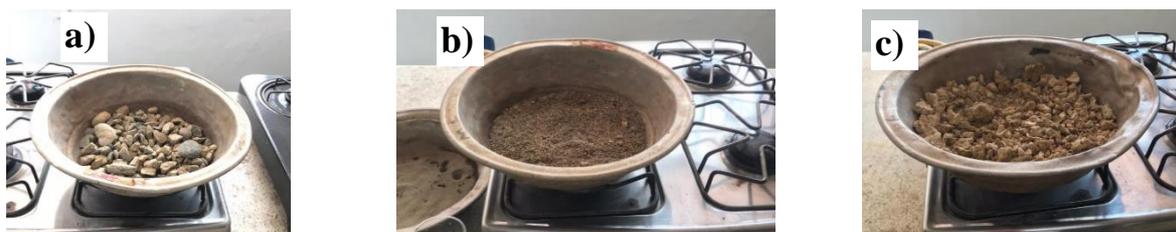
4.1. Determinar propiedades físicas de los distintos agregados, grueso, fino, arcilla y cenizas por medio de laboratorio para establecer la dosificación adecuada en la mezcla de concreto.

Con el material grueso y fino obtenido de la planta de agregados pétreos “Concretos y Triturados Algodonal SAS” se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio de Suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, basados en las siguientes normas (NTC):

- **NTC 1776** Métodos de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados.
- **NTC 77** Métodos para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos
- **NTC 176** Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso.
- **NTC 237** Métodos para determinar la densidad y absorción del agregado fino
- **NTC 92** Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados.
- **INV E-218-13** Resistencia a la degradación de los agregados gruesos menores a (1”1/2”) por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.

Contenido de humedad de los agregados. Según lo descrito en la NTC 1776 se le realizó la prueba de humedad a todos los agregados obtenidos, dando como resultados que el agregado grueso posee una humedad del 2%, el fino 6.37%, las cenizas 8.73%, y por último la arcilla de 17.48%, tal y como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. *Ensayo de humedad de los agregados.*



Fuente: Autores, 2021.

Granulometría de los agregados grueso, fino, cenizas volantes y arcilla. Según lo descrito en la NTC 77, se obtuvieron los datos mostrados en el Apéndice A y evidenciado en la figura 6, se llega a una conclusión de que el agregado grueso tiene un TM de 1 ½” y un tamaño máximo nominal de ¾”, el agregado fino posee un módulo de finura de 4.01, la arcilla un módulo de finura de 2.66, y la ceniza volante un módulo de finura de 3.58, como podemos denotar en el apéndice.

Densidad y absorción del agregado grueso. Según la NTC 176 realizando los respectivos cálculos podemos denotar en el apéndice 1, y en la Figura 7, el agregado grueso posee una densidad de 4.579 kg/m³ y a su vez una absorción 7.554.

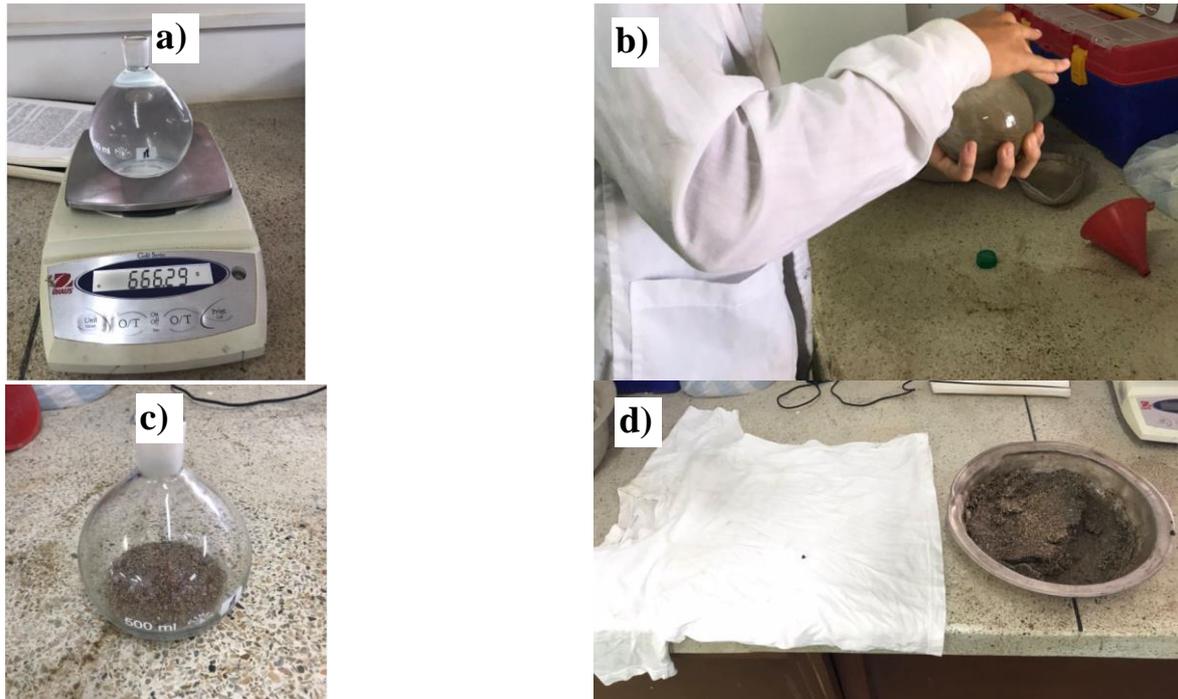
Figura 7. *Densidad y absorción del agregado grueso. a) Pesado del material húmedo. B) Pesado del material sumergido.*



Fuente: Autores, 2021.

Densidad y absorción del agregado fino. Siguiendo los procesos descritos en la NTC 237 se obtuvieron los datos mostrados en el apéndice 2, y en la Figura 8, de los cuales se concluyó que el agregado fino posee un porcentaje de absorción de 1.66 y a su vez una densidad de 2.66 kg/m³.

Figura 8. *Densidad y absorción del agregado fino. a) Peso del picnómetro. b) Batido del material fino mas agua. c) Material fino dentro del picnómetro. d) Proceso de secado del material fino.*



Fuente: Autores, 2021.

Masa unitaria y los vacíos entre partículas del agregado: Realizando el proceso descrito en la NTC 92 se consignaron los datos que se muestran en el Apéndice A y evidenciado en la Figura 9. Se concluye que la masa unitaria del agregado fino es de $1,579.510 \text{ g/cm}^3$ y que la masa unitaria del agregado grueso es de $1,556.343 \text{ g/cm}^3$.

Figura 9. Masa unitaria y vacíos entre partículas del agregado. a) Molde cilíndrico con agregado grueso. b) Molde cilindro con agregado fino.



Fuente: Autores, 2021.

Abrasión y desgaste en el agregado grueso Siguiendo el proceso descrito en la norma INV E-218-13 se consignaron los datos que se muestran en el Apéndice A, y evidenciado en la Figura 10. Se concluye que el porcentaje de pérdidas es del 44.51%.

Figura 10. *Ensayo de abrasi3n y desgaste en el agregado grueso. a) Material procesado en la maquina de los 3ngeles. b) Maquina de los 3ngeles para ensayo de abrasi3n y desgaste.*



Fuente: Autores, 2021.

En la tabla 6 se encuentra un resumen de los resultados que se obtuvieron en los diferentes ensayos realizados.

Tabla 7. *Resumen de los ensayos de laboratorio.*

Norma	Descripci3n	Tipo Agregado	Resultado
NTC 77	Granulometr3a	Fino	MF 4.013
NTC 77	Granulometr3a	Grueso	TM 1 1/2" y TMN 3/4"
NTC 176	Densidad	Grueso	4,572 kg/m ³
NTC 176	Absorci3n	Grueso	7.553%
NTC 237	Densidad	Fino	2,660 kg/m ³
NTC 237	Absorci3n	Fino	1.66
NTC 1776	Humedad	Fino	6.42%
NTC 1776	Humedad	Grueso	2.06%
NTC 92	Masa unitaria	Fino	1,579.15 g/cm ³
NTC 92	Masa unitaria	Grueso	1,556.34 g/cm ³
INV E-218-13	Abrasi3n	Grueso	40% de la muestra

Fuente: Autores, 2021.

Diseño de mezclas: Seg3n los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio para la caracterizaci3n f3sica de los agregados, se espera una resistencia m3xima de 21 MPa, con un asentamiento de 5 cm, debido a que este asentamiento se recomienda para concretos vibrados a mano y para pavimentos, se establece una dosificaci3n de 1:2:3, siendo esta una est3ndar a

nivel nacional para los adoquines. Luego de tener la dosificación principal, se calculan las dosificaciones correspondientes para los diferentes tipos de adoquines, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Dosificación de las diferentes mezclas.*

Base (m)	0.1	Largo (m)	0.2					
Alto (m)	0.08	Volumen (m ³)	0.0016					
Dosificación								
Número de adoquín	Concreto (%)	Ceniza (%)	Arcilla (%)	Cemento (kg)	Arena (m ³)	Triturado (m ³)	Cenizas volantes (gr)	Arcilla (gr)
1	90	10	0	0.5544	0.00088	0.00132	1,382.515	0.0000
2	95	5	0	0.5833	0.00094	0.00140	691.258	0.0000
3	96.8	1.6	1.6	0.5962	0.00097	0.00142	110.562	214.503
4	100	0	0	0.6160	0.00105	0.00147	0.0000	0.0000
5	90	5	5	0.5544	0.00088	0.00132	691.258	1341.120
6	95	0	5	0.5833	0.00094	0.00140	0.0000	1341.120
7	91	1.6	7.4	0.5600	0.00089	0.00134	211.504	214.503
8	91	7.4	1.6	0.5600	0.00089	0.00134	110.562	992.562
9	90	0	10	0.5544	0.00088	0.00132	0.0000	2682.000
10	93	3	3	0.5749	0.00160	0.00140	460.380	893.191

Fuente: Autores, 2021.

Adoquín convencional: El adoquín convencional es aquel cuya mezcla de concreto se elabora solamente con cemento gris (Norma técnica Colombiana 2017, 2018).

Dicha mezcla se realizó considerando la dosificación en la tabla 8 y se consideró realizar ensayos de compresión y de flexión a los 14 y a los 28 días, aunque por problemas en la máquina universal, sólo se logró realizar los ensayos una vez, a los 56 días, para determinar el comportamiento del módulo de rotura al incrementar el tiempo de curado.

Cada espécimen se desencofró a las 24 horas a partir de la elaboración y se introdujeron en una piscina con agua para un correcto fraguado y curado hasta la edad requerida, donde luego se realizaron los ensayos anteriormente mencionados.

4.2. Establecer los porcentajes de ceniza de residuo de horno de ladrillos y arcilla a utilizar en la mezcla de concreto, por medio de ensayos a compresión y flexo-tracción en

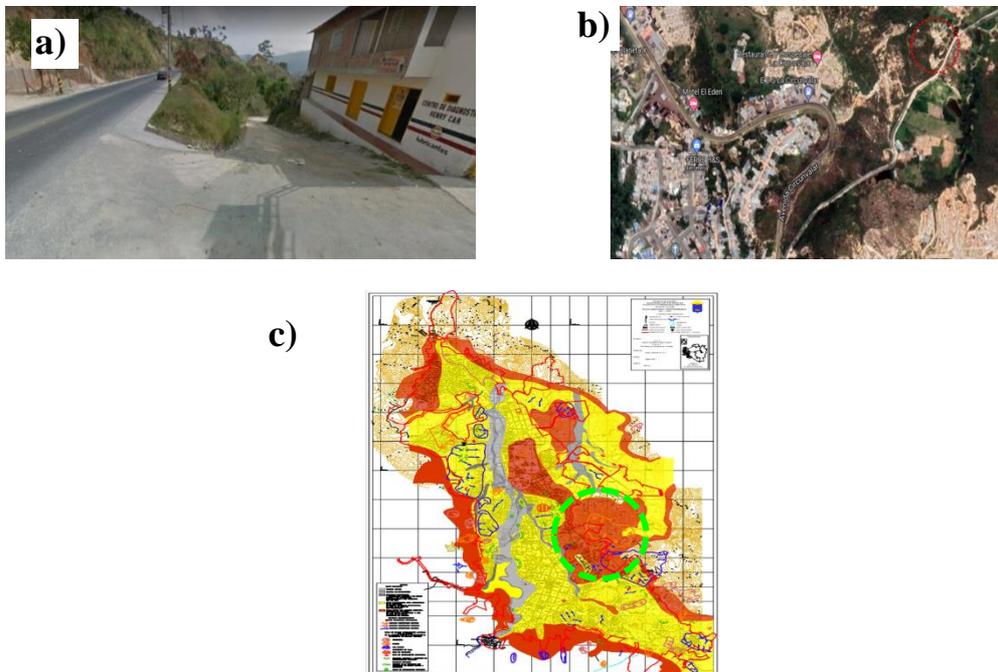
adoquines, hallando apoyo en investigaciones y consultas realizadas con el fin de buscar un mejoramiento en el módulo de rotura.

Se realizaron 120 muestras en adoquines de concreto distribuidos en 10 dosificaciones con diferente porcentaje de agregado, que son ceniza de residuo de horno de ladrillo y arcilla. Asimismo, se fabricaron el número de adoquines para cada dosificación lo cual fue calculado en el capítulo 3. Por otra parte, se comprobó que cada mezcla tenga un asentamiento de 5 cm, además, encofrar correctamente cada adoquín para contener de manera adecuada la mezcla.

4.2.1. Ubicación de ladrillera donde se extrajeron los materiales.

Los materiales que se utilizaron como aditivos, se extrajeron de la ladrillera Espinel, ubicada al oriente de la vía circunvalar, recorrido realizado por vía carretable en un tiempo de 10 min, sector conocido como antiguo botadero de basura de la empresa ESPO S.A.

Figura 11. a) *Entrada hacia la ladrillera Espinel* b) *Vista aérea.* c) *Ubicación en plano de suelos de Ocaña.*



Fuente: Autores, 2021.

4.2.2. Extracción de la ceniza de horno de ladrillo y arcilla.

La ceniza de horno fue extraída del interior del horno como lo muestra la Figura 12, luego cernida para lograr que no venga con otros materiales adicionales y así poder tener el máximo aprovechamiento de sus propiedades, igualmente, la arcilla se extrajo de la montaña donde la utilizan para los ladrillos y bloques.

Figura 12. a) Horno donde se extrajo la ceniza, y b) Montaña donde se extrajo la arcilla.



Fuente: Autores, 2021.

4.2.3. Elaboración del molde del adoquín:

En la Figura 13, se muestran los moldes de adoquines elaborados en madera cedro, esta madera tiene unas características muy útiles en cuanto a la dureza, ligereza y resistencia a la putrefacción, hongos e insectos. Esta se utilizó de forma adecuada para utilizar los encofrados o moldes para los adoquines, los cuales tienen que cumplir perfectamente con las dimensiones asignada previamente mencionadas. Para el vaciado de la mezcla, se aplicó aceite quemado a todo el molde. Esto para lograr que los adoquines no se adhieran tanto a la madera y poder retirarlos mejor sin ir a modificar sus dimensiones.

Figura 13. *Elaboración de moldes para adoquines.*



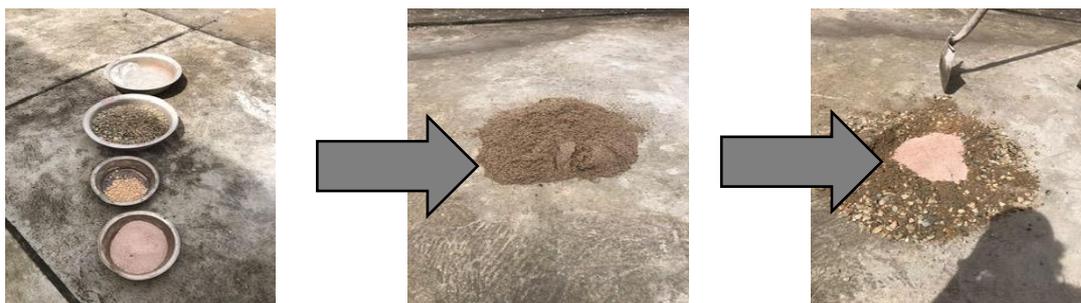
Fuente: Autores, 2021.

4.2.4 Elaboración de los adoquines.

Para la elaboración de los adoquines considerando el diseño de mezclas, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos:

4.2.4.1 Elaboración de la mezcla. La mezcla fue elaborada según la dosificación y el porcentaje de ceniza y arcilla que se requería como lo muestra la figura 7, lo primero que se hizo fue limpiar bien la superficie donde se iba a realizar para que no tuviera contacto con algún otro material o residuo sólido y así obtener una óptima elaboración de esta, después se procede a revolver juntos los materiales para que se dispersara bien la arcilla y la ceniza como lo muestra la Figura 14. Por último, agregarle agua y revolver hasta observar que ya está completamente compactada.

Figura 14. *Material pesado para mezcla según tipo de dosificación y proceso de homogeneización de la mezcla para las diferentes dosificaciones.*





Fuente: Autores, 2021.

4.2.4.2 Verificación del asentamiento entre 5 y 10 cm. Después de tener toda la mezcla revuelta según el tipo de dosificación se procede hacer el ensayo de cono de slump, el cual se trata de rellenar un molde metálico troncocónico con unas dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla, posterior a esto retirar el molde y se mide el asentamiento experimentado en la parte superior de la masa de hormigón (véase Figura 15).

Figura 15. *Ensayo de cono de Slump.*



Fuente: Autores, 2021.

4.2.4.3 Vaciado de concreto en los moldes para adoquines. Se procede a vaciar el concreto sobre los moldes, haciéndolo en dos capas, cada capa de esta se apisonó con una varilla metálica 25 veces, y de esta forma, lograr que la mezcla quede bien compactada y evitar vacíos entre esta. (véase Figura 16).

Figura 16. Vaciado de concreto para cada una de las mezclas considerando las dosificaciones.



Fuente: Autores, 2021.

4.2.4.4 Desencofrado y fraguado de adoquines. Luego de dejar las muestras durante 24 h desde su elaboración, se desencofraron de tal forma que no perdieran las dimensiones asignadas, estas se introdujeron en la piscina con agua del laboratorio de resistencia en la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña sede de Invias, para un correcto fraguado y curado hasta aproximadamente la edad requerida, En la cual se realizaron pruebas de resistencia a la flexión y compresión (véase Figura 17).

Figura 17. *Desencofrado y fraguado de adoquines.*



Fuente: Autores, 2021.

4.2.5. Ensayo de absorción en adoquines. NTC-2017 Apéndice E, Adoquines.

Esta norma establece los requisitos para adoquines de concreto, no reforzados, y sus piezas, los cuales deben ser aptos para construir pavimentos de adoquines de concreto. El ensayo de absorción es importante para conocer el comportamiento de los adoquines cuando esté expuesto a saturaciones, para dicho ensayo se ensayaron los diferentes adoquines según las dosificaciones planteadas, para identificar la diferencia en la absorción entre estos, considerando el pesaje como se muestra en la Figura 18, cuyos datos fueron recopilados en la Tabla 9.

Figura 18. Cálculo de absorción en los adoquines.



Fuente: Autores, 2021.

Tabla 9. Cálculo de absorción de adoquines.

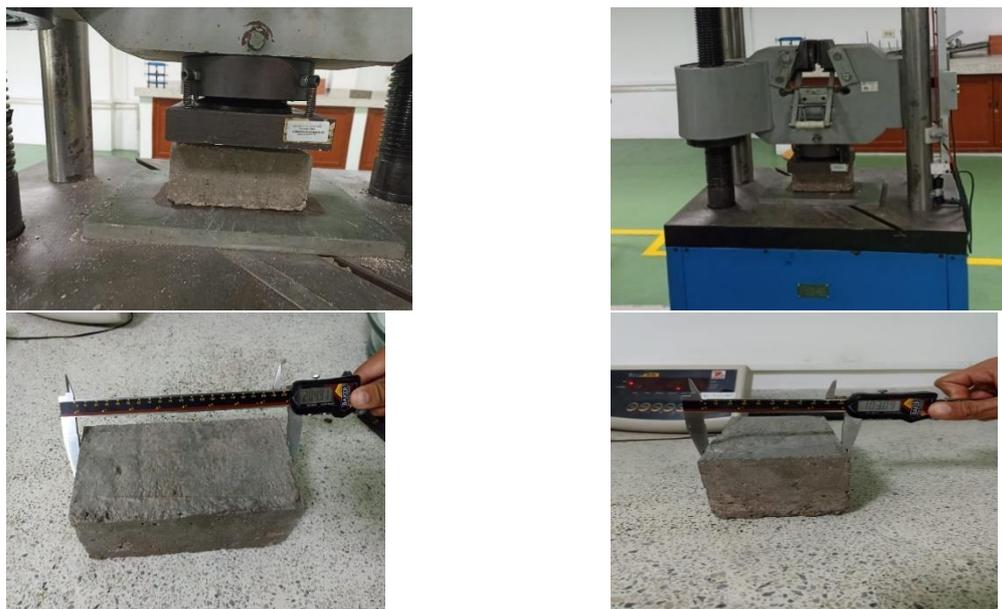
Adoquín	Peso saturado	Peso seco	% Absorción
1	3969.8	3613.1	9.87240873
2	3951.1	3689.0	7.10490647
3	4202.4	3905.1	7.61312130
4	4090.5	3823.8	6.97473717
5	3802.2	3505.9	8.45146752
6	3954.2	3685.0	7.30529172
7	3815.5	3535.1	7.93188311
8	4017.2	3731.7	7.65066859
9	3884.3	3592.8	8.11344912
10	4248.0	3939.9	7.81999543

Fuente: Autores, 2021.

4.3. Ensayo a compresión en adoquines de concreto con arcilla y ceniza de residuo de horno.

Los adoquines se extrajeron del proceso de fraguado a los 56 días de introducidos, se había planteado hacerles las respectivas pruebas a los 14 y 28 días, pero debido a problemas técnicos en la máquina de resistencia a compresión del laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, no se pudo cumplir con la meta estructurada, por lo tanto, (Dell'Amico, M. 2010) especifica realizar los ensayos de resistencia a flexo tracción y compresión a los 45 días o más de curado, teniendo en cuenta que ese es el tiempo requerido para que dichos aditivos en este caso la ceniza de residuo de horno y la arcilla actúen y se acoplen mejor con el concreto. Permitiendo así, poder determinar la resistencia final a compresión y el módulo de rotura en flexo tracción, lo cual establece cual será la mezcla más eficiente a contribuir con la mejoría en las propiedades mecánicas en los adoquines; aplicando una carga constante de 0.5 MPa/s en la maquina universal para ensayo a compresión y flexo tracción hasta la falla de la probeta como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Resultados del ensayo de compresión.



Fuente: Autores, 2021.

En la Tabla 10, se muestra el tipo de dosificación el cual se especifica en X1 + X2 + X3; XI= concreto, X2= arcilla, X3= ceniza de residuo de horno, el número de mezcla, la fecha de ensayo, la fecha de elaboración de los adoquines, la altura (H), el ancho (A), el largo (L), el peso (W), área transversal (AT), carga máxima (C) la resistencia a la compresión obtenida de cada una de las probetas y la nomenclatura de la probeta definido en orden alfabético; el número de adoquines para ensayo por cada diseño de mezcla fue especificado en la tabla anterior.

Tabla 10. Resultados generales de los adoquines para la prueba de compresión.

N° PROBETA	H (mm)	A (mm)	L (mm)	W (kg)	AT (mm ²)	C (Kn)	Resistencia compresión (MPa)
Mezcla 1					Fecha de elaboración		19/08/2021
Dosificación: 90+10+0					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	79.40	100.10	200.12	4.10	20032.01	395.50	19.74
B	80.00	100.15	199.89	3.90	20018.98	452.10	22.58
C	81.20	100.04	198.96	3.89	19903.96	337.70	16.97
D	78.93	99.80	200.45	4.10	20004.91	266.70	13.33
E	80.15	100.17	200.13	4.89	20047.02	261.90	13.06
F	80.05	100.00	200.00	4.10	20000.00	296.30	14.82
G	80.08	100.00	199.89	4.00	19989.00	315.90	15.80
Mezcla 2					Fecha de elaboración		19/08/2021
Dosificación: 90+5+0					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.21	100.45	200.12	4.10	20102.05	221.10	11.00
B	80.10	99.47	200.20	4.05	19913.89	220.30	11.06

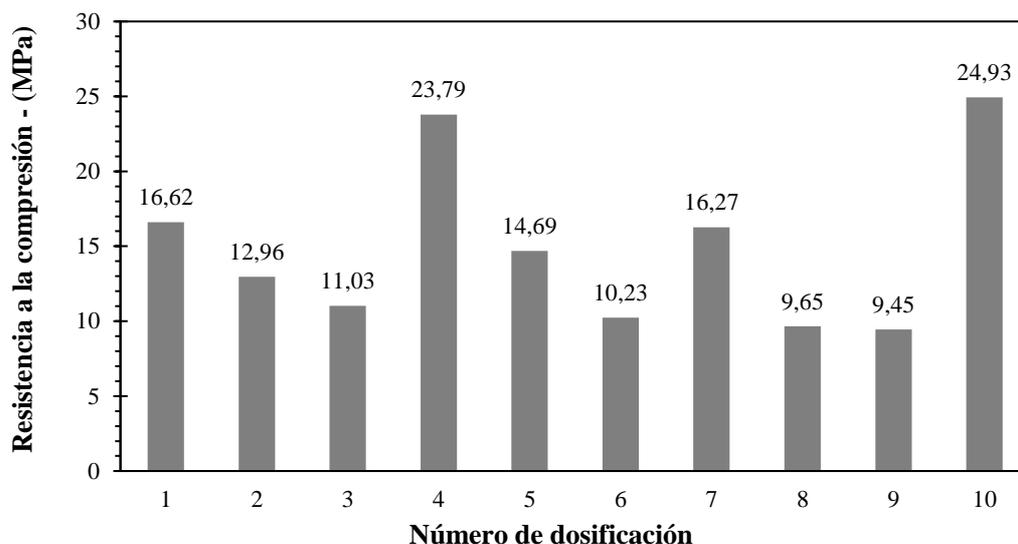
C	79.59	98.59	200.12	4.09	19729.83	283.10	14.35
D	78.96	98.98	198.56	3.95	19653.47	272.00	13.84
E	80.10	100.12	199.78	4.02	20001.97	291.40	14.57
Mezcla 3					Fecha de elaboración		20/08/2021
Dosificación: 96+1.6+1.6					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.01	100.41	200.14	3.98	20096.06	191.90	9.55
B	80.00	99.96	200.98	4.02	20089.96	251.40	12.51
Mezcla 4					Fecha de elaboración		20/08/2021
Dosificación: 10+0+0					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.10	100.04	200.00	3.99	20008.00	395.70	19.78
B	80.08	100.02	200.00	3.89	20004.00	603.10	30.15
C	79.89	100.12	199.89	3.96	20012.99	493.50	24.66
D	80.45	100.00	200.04	4.00	20004.00	482.90	24.14
E	78.99	99.98	199.45	4.00	19941.01	517.30	25.94
F	80.03	100.00	199.50	4.06	19950.00	500.30	25.08
G	80.00	100.00	198.90	3.96	19890.00	444.30	22.34
H	80.12	100.96	198.63	4.02	20053.68	365.50	18.23
Mezcla 5					Fecha de elaboración		20/08/2021
Dosificación: 90+5+5					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.05	100.08	200.01	4.06	20017.00	283.40	14.16
B	80.00	100.01	200.05	4.02	20007.00	211.20	10.56
C	80.69	99.96	199.06	3.96	19898.04	347.20	17.45
D	80.10	98.96	198.96	3.99	19689.08	361.70	18.37
E	80.06	99.96	200.03	3.95	19995.00	297.10	14.86
F	80.00	100.02	200.00	4.02	20004.00	370.00	18.50
G	79.96	100.00	200.00	4.00	20000.00	178.40	8.92
Mezcla 6					Fecha de elaboración		22/08/2021
Dosificación: 95+0+5					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.02	100.00	199.50	4.01	19950.00	155.60	7.75
B	80.00	100.00	200.01	3.99	20001.00	166.30	8.31
C	79.95	100.05	200.00	4.10	20010.00	292.70	14.63
Mezcla 7					Fecha de elaboración		22/08/2021
Dosificación: 91+1.6+6.6					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.01	99.87	200.04	4.20	19977.99	298.80	14.96
B	80.19	99.52	200.10	4.00	19913.95	374.40	18.80
C	80.00	100.90	200.00	4.00	20180.00	303.80	15.05
Mezcla 8					Fecha de elaboración		22/08/2021
Dosificación: 91+6.6+1.6					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.02	100.00	200.90	3.98	20090.00	201.10	10.01
B	80.00	100.04	200.00	4.02	20008.00	170.70	8.53
C	80.93	100.00	200.00	4.10	20000.00	208.40	10.42
Mezcla 9					Fecha de elaboración		22/08/2021
Dosificación: 90+0+10					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.02	100.02	199.80	3.96	19984.00	138.10	6.91
B	80.56	100.00	199.78	4.02	19978.00	125.00	6.26
C	79.89	100.00	200.04	4.10	20004.00	182.10	9.10
D	81.02	99.86	200.30	4.00	20001.96	260.10	13.00
E	80.06	100.00	200.00	4.00	20000.00	239.10	11.96
Mezcla 10					Fecha de elaboración		22/08/2021
Dosificación: 93.33+3.33+3.33					Fecha del ensayo		02/11/2021
A	80.12	100.00	200.00	3.89	20000.00	395.70	19.79
B	80.13	100.00	200.00	4.20	20000.00	603.10	30.16
C	80.03	100.02	200.13	4.15	20017.00	493.50	24.65
D	79.96	100.40	200.05	4.00	20085.02	482.90	24.04
E	78.99	100.00	200.04	4.00	20004.00	517.30	25.86
F	80.12	99.86	199.80	4.06	19952.03	500.30	25.08

Fuente: Autores, 2021.

La Figura 20, muestra la gráfica de los resultados generales de resistencia a la compresión respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio. La resistencia a compresión de acuerdo con (Deymar Rodríguez. 2020). En cilindros de concreto utilizando dicha dosificación para adoquines, fue de 22.68 MPa a los 45 días de fraguado, considerando los resultados obtenidos por (Valcuende Payá et al. 2018).

La resistencia a compresión esperada a los 28 días de fraguado es de 25 MPa para cemento de endurecimiento normal o rápido. Con base en la Figura 20 se observa que la dosificación numero 4 (100 – 0 – 0) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno tuvo una resistencia a la compresión de 23.79 a los 56 días de fraguado, siendo esta dosificación la mezcla sin ningún tipo de adición, por ende, la dosificación numero 10 (93.33 – 3.33 – 3.33) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno obtuvo la resistencia a compresión más relevante del laboratorio realizado, a los 56 días de fraguado su resistencia fue de 24.93 MPa, teniendo en cuenta cada uno de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio para la caracterización física de los agregados, esperando una resistencia a la compresión del concreto de 3000 PSI (21 MPa) podemos decir que se cumplió con este requisito, claramente con más días de fraguado, aunque no fue mucha la diferencia entre la resistencia a compresión de los adoquines con concreto sin ningún tipo de adición y los de adiciones de arcilla y residuo de ceniza de horno, se cumplió con el objetivo del trabajo de grado que es buscar unos materiales diferentes de la mezcla de concreto para poder mejorar sus propiedad y resistencia a la compresión.

Figura 20. Resultados de resistencia a la compresión de adoquines según su dosificación.

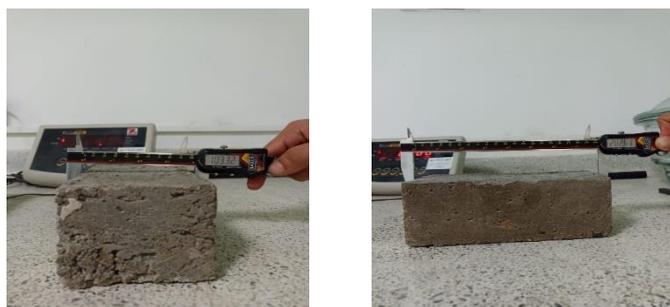


Fuente: Autores, 2021.

4.4. Ensayo a Flexo Tracción en adoquines de concreto con arcilla y ceniza de residuo de horno.

La Figura 21 muestra la ejecución del ensayo en la maquina universal; Asimismo, la Tabla 11, muestra el tipo de dosificación el cual se especifica en X1 + X2 + X3; X1= concreto, X2= arcilla, X3= ceniza de residuo de horno, el número de mezcla, la fecha de ensayo, la fecha de elaboración de los adoquines, la altura (H), el ancho (A), el largo (L), el peso (W), área transversal (AT), carga máxima (C) el módulo de rotura obtenida de cada una de las probetas y la nomenclatura de la probeta definido en orden alfabético; el número de adoquines para ensayo por cada diseño de mezcla fue especificado en la Tabla 4.

Figura 21. Resultados del ensayo de flexotracción.





Fuente: Autores, 2021.

Considerando lo anterior, la Tabla 11 resume los resultados generales del ensayo de flexotracción realizada en la maquina universal.

Tabla 11. Resultados generales de los adoquines para la prueba de flexotracción.

N° PROBETA	H (mm)	A (mm)	L (mm)	W (kg)	AT (mm ²)	C (Kn)	Módulo de rotura (MPa)
Mezcla 1					Fecha de elaboración		25/08/2021
Dosificación: 90+10+0					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.05	100.02	200.15	4.2	20019.00	10100.00	4.73
B	80.51	99.62	200.45	3.98	19968.83	19100.00	8.88
C	81.60	100.04	198.63	3.96	19870.94	18800.00	8.40
D	78.60	99.60	197.99	4.15	19719.80	21400.00	10.29
E	80.12	100.20	200.13	4.32	20053.02	20000.00	9.34
F	80.15	100.36	200.45	4.02	20117.16	19800.00	9.25
Mezcla 2					Fecha de elaboración		23/08/2021
Dosificación: 90+5+0					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	79.40	100.10	200.12	4.10	20032.01	8300.00	3.95
B	80.00	100.15	199.89	3.90	20018.98	8250.00	3.86
C	81.20	100.04	198.96	3.89	19903.96	9410.00	4.26
D	78.93	99.80	200.45	4.10	20004.91	8830.00	4.27
E	80.15	100.17	200.13	4.89	20047.02	9070.00	4.23
Mezcla 3					Fecha de elaboración		20/08/2021
Dosificación: 96+1.6+1.6					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.40	100	200.46	4.00	20046.00	8520.00	3.96
B	80.00	100.2	199.98	3.89	20037.99	7790.00	3.65
C	80.00	99.45	198.96	3.89	19786.57	9160.00	4.28
D	79.50	99.8	200.42	4.10	20001.91	8720.00	4.15
Mezcla 4					Fecha de elaboración		24/08/2021
Dosificación: 10+0+0					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.05	100.05	200.00	4.20	20010.00	12300.00	5.75
B	81.50	100.6	200.00	3.98	20120.00	20500.00	9.22
C	80.30	100.69	200.00	3.96	20138.00	13700.00	6.34
D	79.60	100.02	200.05	4.02	20009.001	10400.00	4.92

E	79.89	99.80	200.13	4.00	19972.974	13300.00	6.26
F	80.02	100.17	200.15	4.89	20049.0255	10300.00	4.82
Mezcla 5					Fecha de elaboración		23/08/2021
Dosificación: 90+5+5					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	79.40	100.02	200.4	4.20	20044.00	7060.00	3.36
B	81.02	100.00	198.63	3.98	19863.00	7660.00	3.47
C	78.99	100.00	198.59	3.97	19859.00	530.00	0.25
D	80.05	99.86	200.46	3.99	20017.93	7410.00	3.48
E	78.93	99.80	199.98	4.01	19958.00	7800.00	3.76
Mezcla 6					Fecha de elaboración		23/08/2021
Dosificación: 95+0+5					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.06	100.05	200.13	4.01	20023.05	5380.00	2.52
B	80.10	99.89	199.85	4.05	19963.01	4860.00	2.27
C	78.98	100.5	198.56	4.10	19955.28	5180.00	2.46
D	79.98	101.2	200.45	4.00	20285.54	6600.00	3.09
Mezcla 7					Fecha de elaboración		25/08/2021
Dosificación: 91+1.6+6.6					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.05	100.09	200.12	4.1	20030.01	7820.00	3.66
B	80	100.95	198.56	4.02	20044.63	4350.00	2.01
C	80.05	99.98	200.58	3.98	20053.94	6450.00	3.03
Mezcla 8					Fecha de elaboración		24/08/2021
Dosificación: 91+6.6+1.6					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.20	100.03	200.04	4.20	20010.02	80.20	2.67
B	80.00	100.45	199.63	3.98	20052.83	80.00	3.13
C	81.56	100.01	200.68	4.02	20070.08	81.56	3.01
D	79.89	99.08	200.45	4.02	19860.58	79.89	3.63
Mezcla 9					Fecha de elaboración		24/08/2021
Dosificación: 90+0+10					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.12	100.05	200.56	4.20	20066.02	7620.00	3.57
B	80.02	100.69	199.56	3.80	20093.64	8570.00	4.01
C	81.56	100.52	198.69	3.89	19972.31	7710.00	3.44
D	79.96	99.80	200.46	4.10	20005.90	6640.00	3.12
E	80.14	100.07	200.05	4.05	20019.05	7310.00	3.41
Mezcla 10					Fecha de elaboración		24/08/2021
Dosificación: 93.33+3.33+3.33					Fecha del ensayo		18/10/2021
A	80.05	100.08	200.02	4.00	20018.06	11750.00	5.49
B	80.04	100.03	198.56	3.80	19861.98	950.00	0.44
C	81.60	99.85	199.89	4.20	19959.05	8870.00	3.99
D	79.85	100.05	200.45	4.10	20055.02	1530.00	0.72

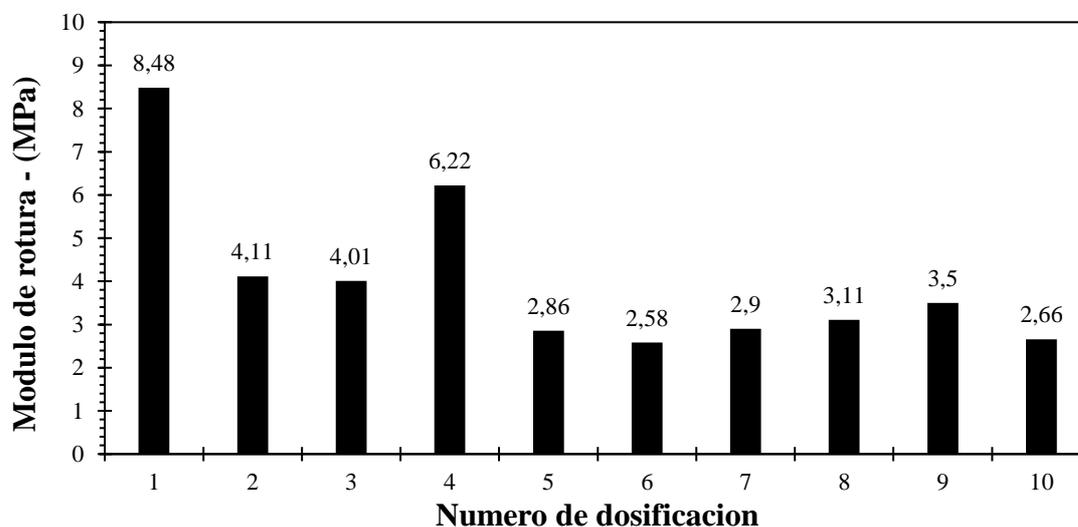
Fuente: Autores, 2021.

En la Figura 22, se muestran los módulos de rotura promedio de cada dosificación obtenidas de los ensayos de las probetas de concreto con las adiciones de arcilla y residuo de ceniza de horno. Mostrándose que las probetas con el número de dosificación 1 (90 - 10 - 0) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno obtuvieron el módulo de rotura más alto.

Los adoquines de concreto deberán cumplir la resistencia a la flexotracción o módulos de rotura mínimo de 5.0 MPa a los 28 días de fraguado, esto según (Arcillas y prefabricados

en concreto 2018). para asegurar una buena vida útil y que estos cumplan con las especificaciones necesarias para su servicio. Como podemos ver en la Figura 22, la dosificación numero 4 (100 – 0 – 0) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno obtuvo un módulo de rotura de 6.22 MPa a los 56 días de fraguado, siendo esta dosificación sin ningún tipo de adiciones. Por otro lado, la dosificación numero 1 (90 – 10 – 0) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno obtuvo el módulo de rotura más alto de nuestro laboratorio, 88.48 MPa a los 56 días de fraguado, pudiendo constatar que, si le agregamos a la mezcla de concreto el 10% de arcilla, este tendrá una mejora bastante significativa en su módulo de rotura, y así dando validez a nuestros objetivos que eran poder buscar una adición al concreto para mejorar su propiedades mecánicas.

Figura 22. Resultados del módulo de rotura de los adoquines según las diferentes dosificaciones.



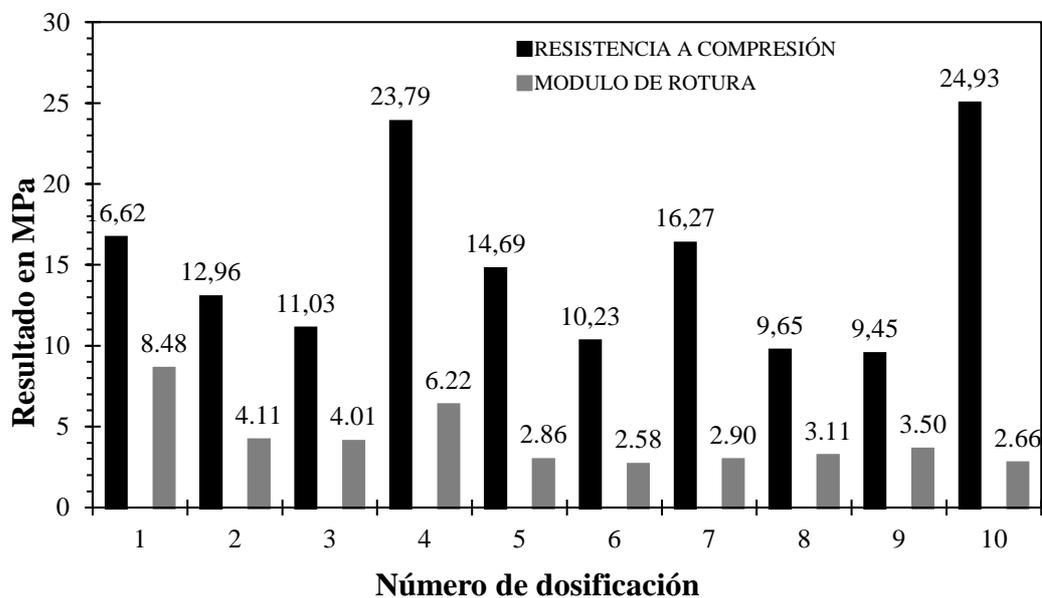
Fuente: Autores, 2021.

4.4.1 Análisis Comparativo

En la Figura 23 se puede apreciar el resumen de los ensayos a compresión y flexo tracción para cada tipo de dosificación, donde se puede evidenciar que, para el ensayo de resistencia a la compresión, la dosificación numero 10 obtuvo un resultado de 24.93 MPa

siendo este el más favorable, pero en su ensayo de módulo de rotura su resultado fue de 2.66 MPa siendo este un valor por debajo del esperado por la norma (NTC 2010a). Por su parte para el módulo de rotura la dosificación número 1 obtuvo el resultado de 8.48 MPa siendo este el más propicio, a pesar de que el valor de la resistencia a la compresión fue de 16.62 MPa no fue el esperado por la norma (NTC 2010b), su resultado no estuvo tan alejado del valor esperado. Ahora bien, la dosificación que cumple con ambas especificaciones sería la número 4 con resultados de resistencia a compresión de 23.79 MPa y un módulo de rotura de 6.22 MPa, siendo esta la de concreto sin ningún tipo de adiciones. Asimismo, se podría encontrar una relación entre la dosificación número 1 y número 10, para buscar una dosificación que obtenga un alto módulo de rotura y a su vez cumpla con la resistencia a la compresión esperada, aprovechando así las cenizas de residuo de horno y la arcilla como adiciones a la mezcla.

Figura 23. Análisis comparativo de los resultados.



Fuente: Autores 2021.

4.5 Análisis Bibliométrico (BA)

La finalidad de este trabajo de investigación es suministrar una visión general de la revisión histórica del concreto, disponiendo para esto el análisis bibliométrico. A partir de esta hipótesis se estudiaron 1,587 documentos en la base de datos de scopus, en donde se han utilizado las palabras claves “cement and aggregates or additives and cobble or block or pavement or flat and properties (cemento y agregados o aditivos y adoquín o bloque o pavimento o suelo y propiedades)”, que constituyeron la ecuación de búsqueda relacionada con este tema de investigación. Por otra parte, el análisis de los resultados encontrados mediante el software bibliométrico arrojó una tasa de crecimiento del 1.37% anual desde 1969 hasta 2021. Los artículos fueron escritos por alrededor de 3,874 autores, principalmente de los países Estados Unidos, China, Turquía y Canadá lo que representa el 61% de las publicaciones total analizadas.

4.5.1. Resultados generales del análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se llevó a cabo empleando la biblioteca Bibliometrix y la plataforma BiblioShiny del software *RStudio*® (V.1.4.1717)(Aria and Cuccurullo 2017) el cual es uno de los programas más utilizados para realizar análisis estadístico sobre el estudio relacionado con el tema de investigación, este programa es desarrollado para analizar y filtrar los campos más fundamentales de la Literatura científica en temas específicos. En la Figura 4, presentada en la sección anterior, se describieron las etapas claves del flujo de trabajo desempeñado al análisis de datos recopilados desde la base de datos de *Scopus* (García-León, Martínez-Trinidad, and Campos-Silva 2021).

4.5.2. Recolección de datos e información

Los datos fueron acumulados el 22 de septiembre de 2021, en primera mano de las publicaciones científicas de la base de datos *Scopus* sobre el concreto a nivel mundial para

documentos publicados a partir de 1969 con la siguiente ecuación de búsqueda: (cement and aggregates or additives and cobble or block or pavement or flat and properties)

4.5.3. Resumen de las publicaciones y resultados estadísticos

En la Tabla 12, se presenta la base de datos global sobre el análisis bibliométrico relacionado con el concreto y sus agregados, considerando 371 tipos de documentos diferentes en idioma inglés principalmente, debido a que es el idioma con el que se publica la mayoría de documentos científicos, y los resultados estadísticos de los datos utilizados, de acuerdo con la metodología propuesta en la Figura 4.

4.5.4. Análisis de resultados obtenidos del BA.

En este trabajo de revisión, se efectuó un análisis bibliométrico por medio de la recopilación de datos de las publicaciones científicas existentes sobre el proceso de concreto y sus agregados (mejoramiento de propiedades mecánicas) en la base de datos de *Scopus*, con la finalidad de visualizar de forma global el crecimiento a lo largo del tiempo de este tema de investigación. El desenvolvimiento de esta investigación, se llevó a cabo cuantificando las participaciones de diferentes autores y países a lo largo del tiempo sobre las tecnologías del proceso de la fabricación del cemento y sus agregados, así como su contribución en adoquines; para establecer las fuentes más fundamentales y los principales autores en relación con la calidad y cantidad de la investigación. Además, se presentan resultados y predisposiciones tecnológicas sobre la transformación del cemento, junto con una verificación histórica de las publicaciones vinculadas con la investigación, que se compilaron empleando herramientas de software especializadas y avanzadas.

Tabla 12. *Resultados globales del BA.*

Descripción	Resultados
Tiempo de analisis	1969-2022
Fuentes (Revistas, Libros, etc)	371
Documentos	1,227
Promedio de años desde la publicación	8.78
Promedio de citas por documento	11.56

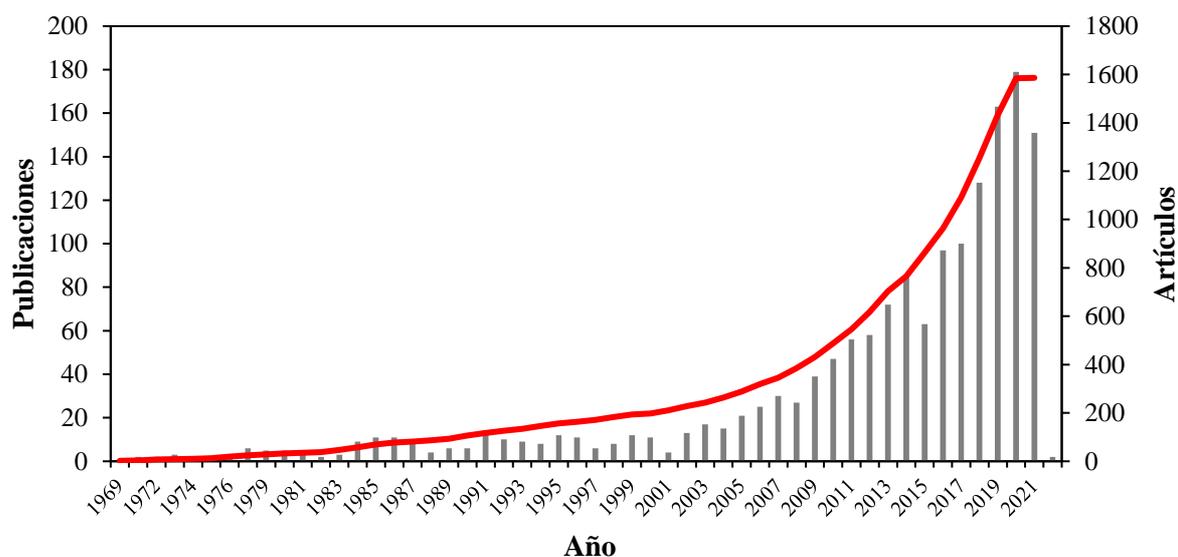
Promedio de citas por año por documento	1.561
Referencias	35,751
Tipos de documentos	
Artículo	983
Libro	1
Capítulos de libro	22
Artículos de congresos	470
Artículos de revisión en congresos	76
Reportes	7
Revisión	27
Contenido del documento	
Palabras claves	6984
Palabras claves del autor	2995
Autores	
Autores	3874
Apariciones del autor	5153
Autores de documentos de un solo autor	127
Autores de documentos de varios autores	3747
Colaboración de autores	
Documentos de un solo autor	218
Documentos por autor	0.41
Autores por documento	2.44
Coautores por documento	3.25
Índice de colaboración	2.74

Fuente: Autores, 2021.

4.5.5. Resumen de las publicaciones.

La indagación de los resultados de los 371 documentos, presentan una tasa de crecimiento del 1.37% anual, desde 1969 hasta 2021, como se evidencia en la Figura 23, Se puede observar en la gráfica que el estudio del cemento tuvo un incremento desde el 2011 hasta el 2020, donde se puede apreciar que en el 2011 fueron 56 publicaciones, mientras en el 2020 fueron 179.

Figura 23. Tendencia del número de publicaciones y consolidación a lo largo de los años.

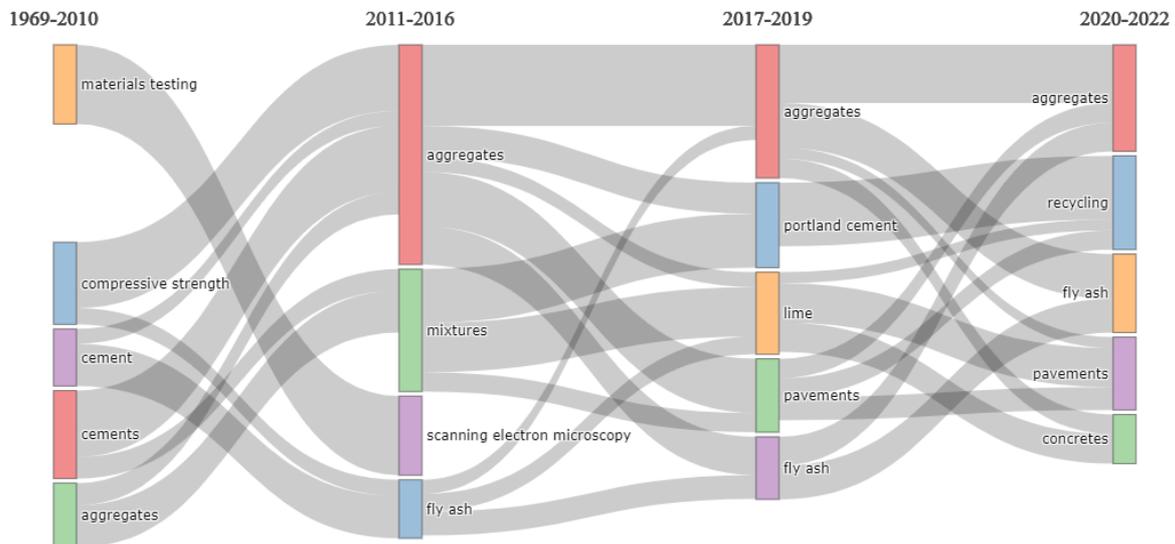


Fuente: Autores, 2021.

4.5.6. Evolución del uso de las palabras clave a lo largo de los años

Las palabras clave (Keywords), fueron obtenidas de primera mano por la herramienta Bibliometrix, la cual examina la continuidad de aparición de cada palabra clave en las publicaciones, estas palabras clave proporcionan un concepto de configuración general de los temas trabajados en las publicaciones. Para este análisis, fueron empleadas las palabras clave de los autores, esto debido a que son más exactas que las palabras clave plus, que son originarias espontáneamente de los títulos de los artículos que son citados. Estas palabras clave, fueron analizadas por medio del desarrollo de las más representativas, a lo largo de los años en cuatro periodos de tiempo, como se muestra en la Figura 24.

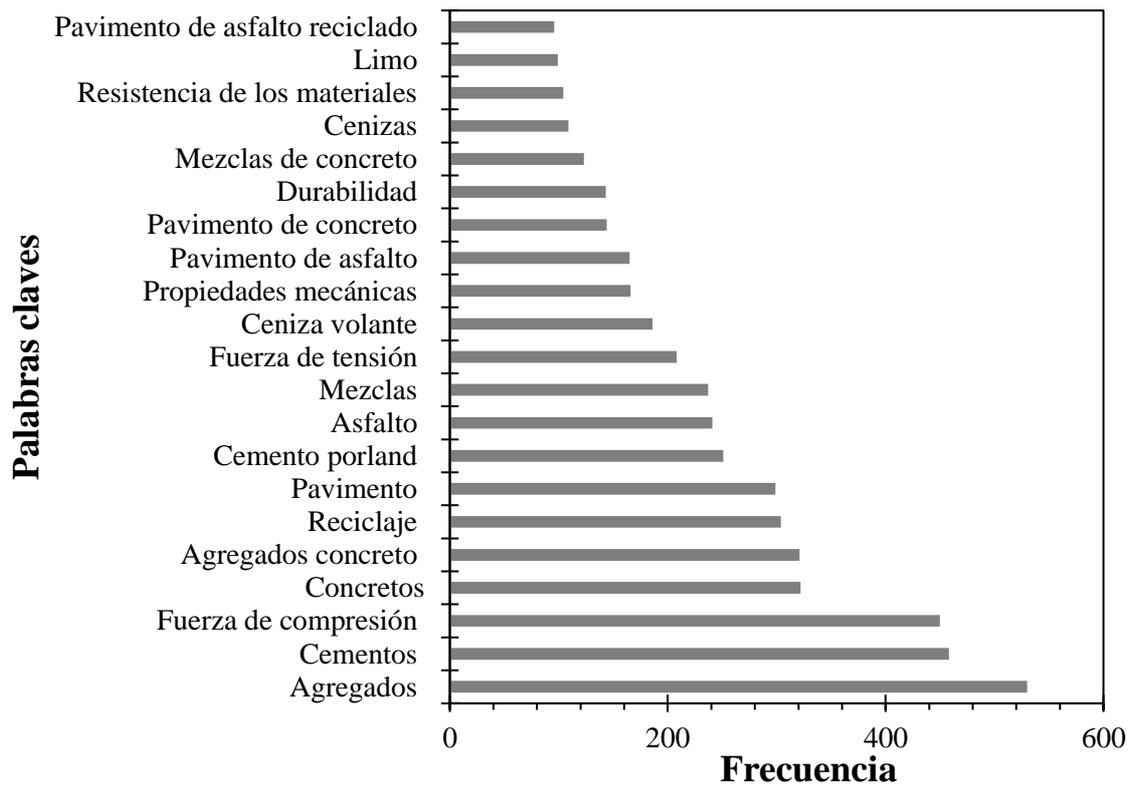
Figura 24. Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante cuatro periodos de tiempo distintos 1969-2010, 2011-2016, 2017-2019 y 2020-2022.



Fuente: Autores, 2021.

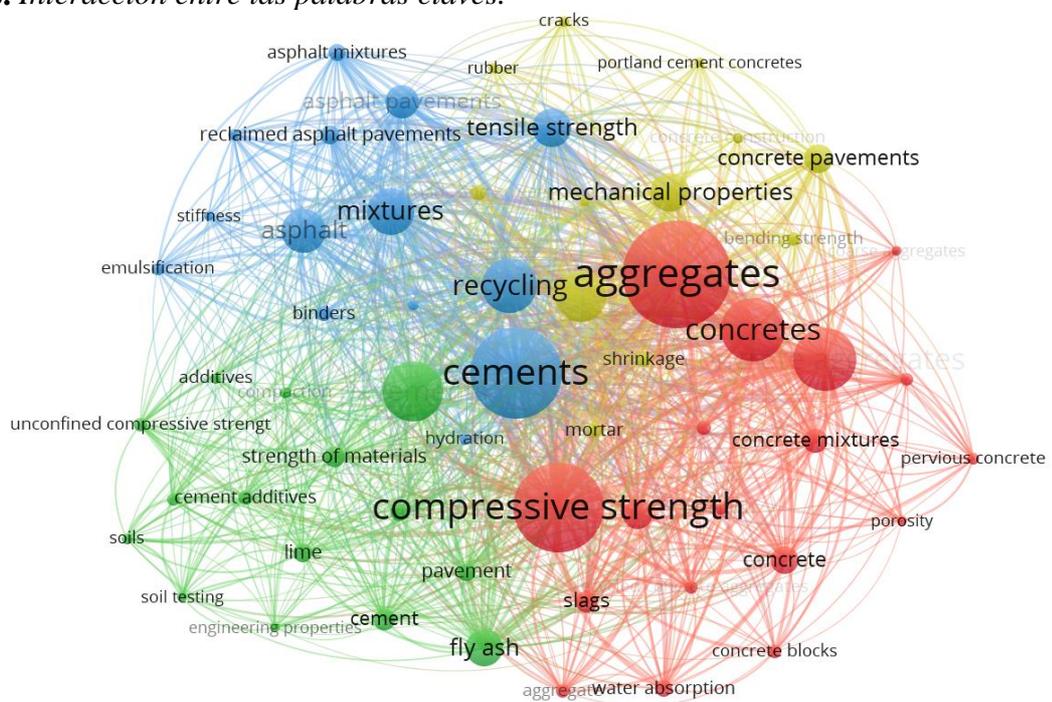
Por otra parte, la Figura 25 muestra las 20 palabras clave más empleadas y la reiteración de aparición para el análisis de los resultados adquiridos. Las palabras clave más utilizadas son Agregados, seguida de Cemento y Fuerza de compresión. La reiteración, entre el uso y frecuencia de aparición entre las palabras clave se muestra en la Figura 26, donde podemos apreciar los círculos, donde más grande es el círculo, más apariciones tiene, y a su vez, la asociación que tiene con otras palabras clave, como se puede apreciar por ejemplo el cemento con agregados y concreto (cements, aggregates and concrete)

Figura 25. 20 palabras clave más comunes utilizadas en las publicaciones.



Fuente: Autores, 2021.

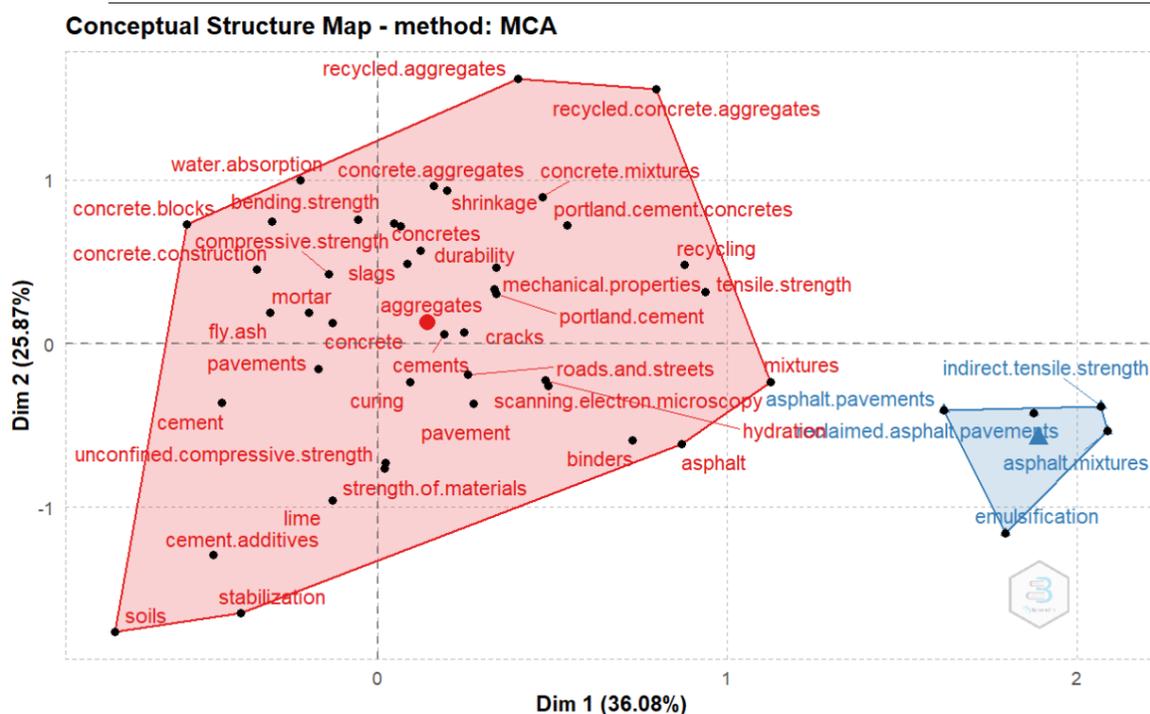
Figura 26. Interacción entre las palabras claves.



Fuente: Autores, 2021.

La estructura conceptual trata de explicar los principales temas y tendencias del mundo científico en un área específica, es decir, de lo que habla la ciencia. En el análisis, la Figura 27 muestra dos grupos conceptuales (o temas) que fueron definidos por las palabras clave utilizadas por los autores. Se puede denotar que la dimensión 2 tiene un mayor porcentaje del 25.87% y que la dimensión 1 posee el 36.08%. En la región roja se puede observar que sus palabras son principalmente relacionadas a los agregados, al cemento y a los materiales, mientras que, en la región azul, se habla de pavimentos, emulsión asfáltica y mezcla asfáltica, esta diferencia radica en que la región roja habla de mezclas en concreto, mientras que la azul, habla de mezclas asfálticas.

Figura 27. Mapa de estructura conceptual de grupos de palabras clave.



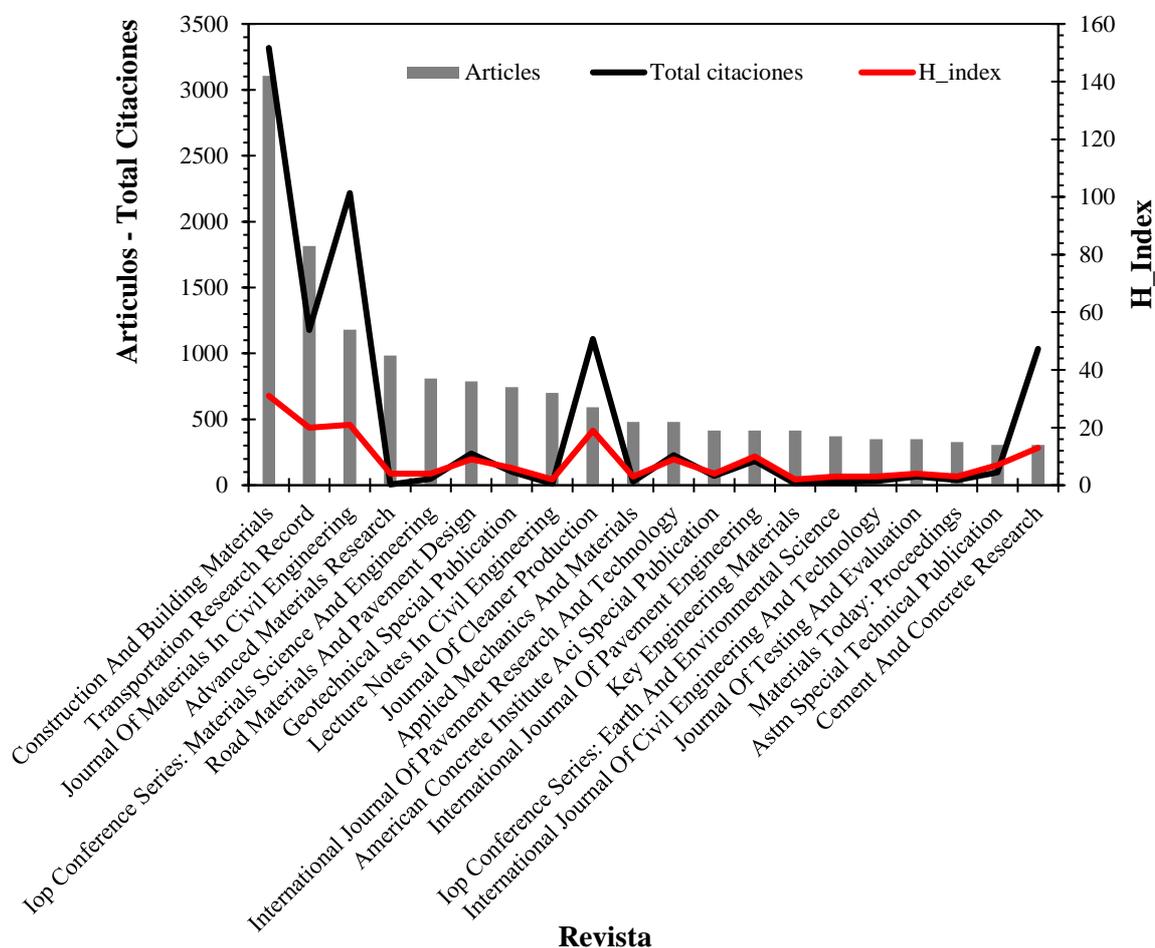
Fuente: Autores, 2021.

4.5.7. Importancia de las revistas

Actualmente, las revistas más importantes que agrupan la mayor cantidad de artículos en el área del concreto a nivel mundial, son las revistas Construction And Building Materials, lo que representa el 33.01% del total de las publicaciones, y que a su vez tiene un H_Index de

31, lo que representa la cantidad de artículos que han sido citados, la misma cantidad de veces, se puede apreciar en la Figura 28, que la tendencia es que entre más artículos posee la revista, más cantidad de citaciones tiene, como es el caso de Construction And Building Materials, Transportation Research Record y Journal Of Materials In Civil Engineering, por el contrario también existen revistas que tienen gran cantidad de documentos y no poseen un gran H_Index y no son tan citadas como podemos apreciar con la revista Cement And Concrete Research.

Figura 28. Las 20 revistas más influyentes.

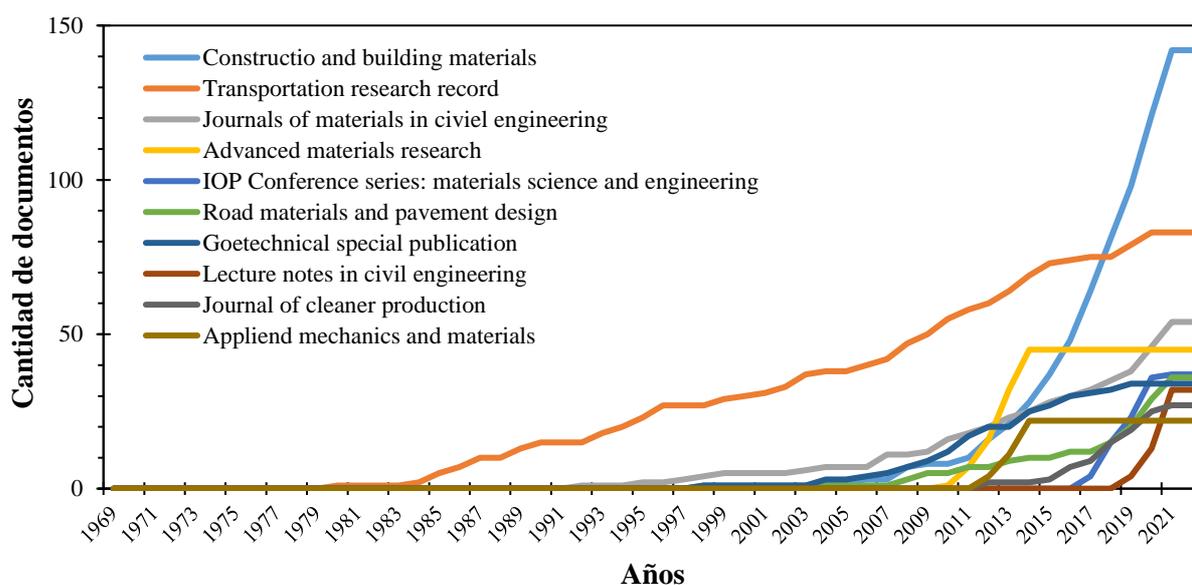


Fuente: Autores, 2021.

Por otra parte, la Figura 29 muestra el crecimiento de las revistas a lo largo de los años considerando la cantidad de documentos publicados. Se observa que la revista más

importante continúa siendo Construction and building materials con un aproximado de 142 artículos hasta el momento que se realizó el análisis bibliométrico para el año 2021, mostrando un crecimiento acelerado desde el año 2010. Asimismo, la revista Transportation research record es la segunda más importante revista considerando que ha publicado de forma constante una gran cantidad de artículos desde 1983 hasta la fecha.

Figura 29. Evolución a lo largo del tiempo de las 10 principales revistas.

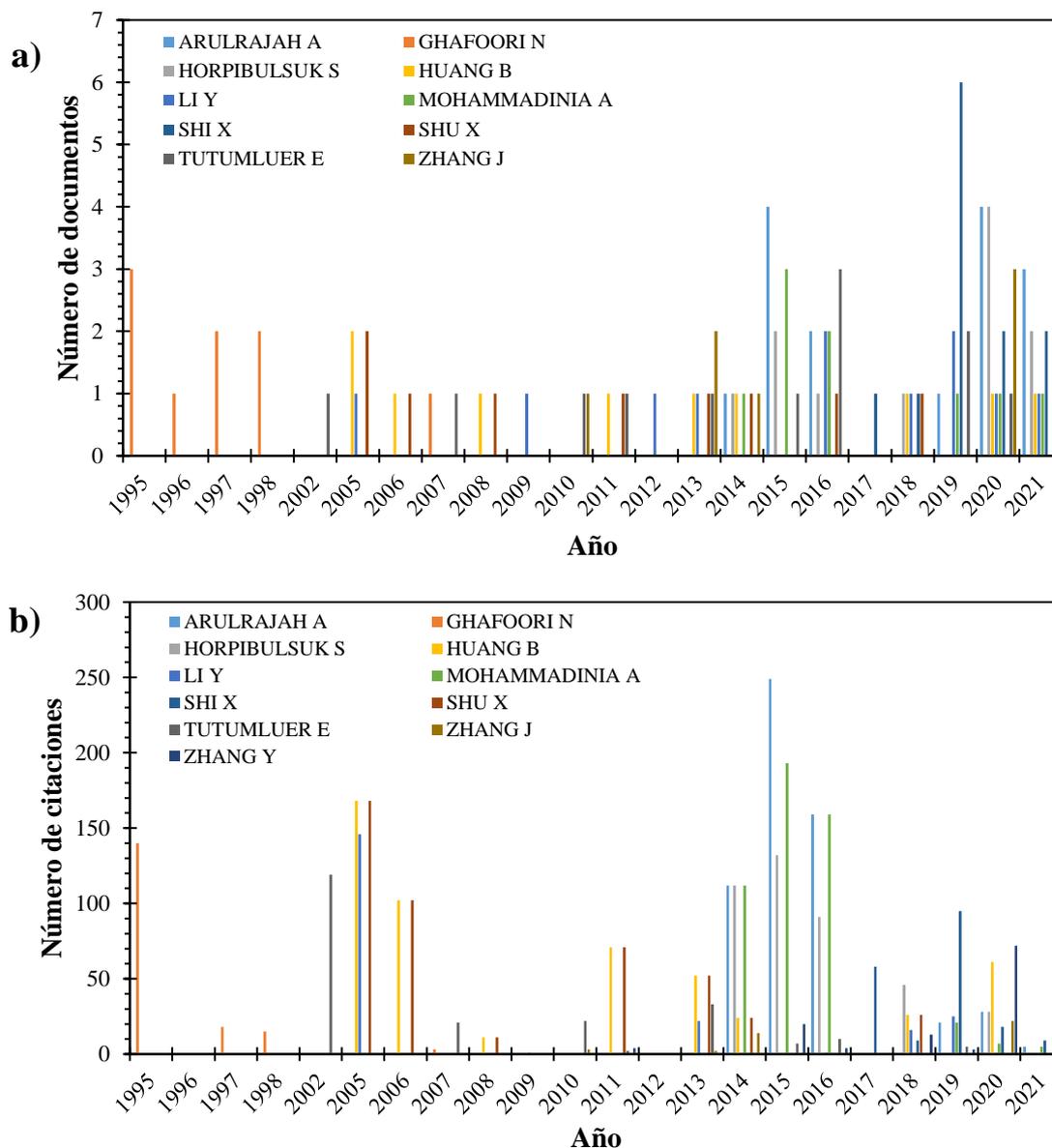


Fuente: Autores, 2021.

4.5.8. Autores relevantes

La Figura 30a muestra la evolución a través de los años de los 20 autores más sobresalientes en la temática del concreto a nivel mundial. Así mismo, se puede observar el crecimiento de documentos por autor apreciando que existen más autores en el año 2019 hasta el 2021 que han trabajado esta temática, considerando que uno de los autores, (Arulrajh A) obtuvo la mayor cantidad de publicaciones (6 en 2019). Por otro lado, la Figura 30b muestra que el mayor número de citas por un autor es Arulrajah A, el cual en el 2015 alcanzó un total de 249 citas en dicho año. Hasta el 2014, se puede apreciar que el estudio del concreto no era tan demandado, y a partir de este año tuvo un crecimiento exponencial.

Figura 30. Impacto de los autores principales por a) documentos y b) citas a los años.



Fuente: Autores, 2021.

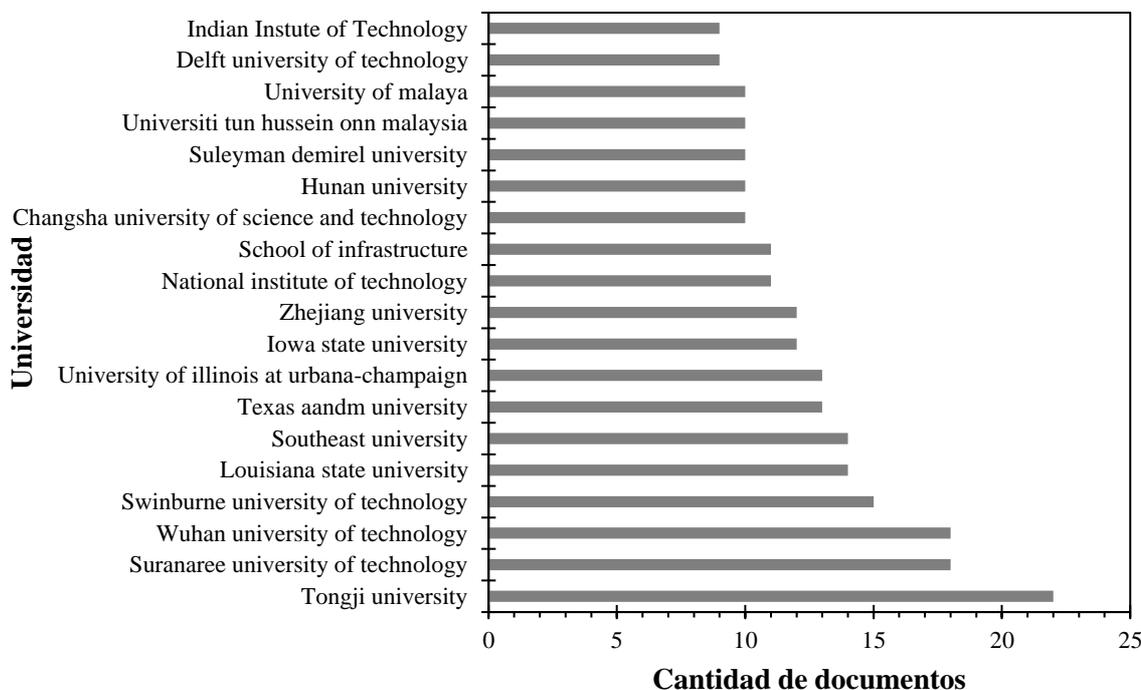
4.5.9. Instituciones más importantes

Las 20 instituciones más relevantes se muestran en la Figura 31, teniendo en cuenta el número de publicaciones desde 1969. Estas instituciones, se vinculan con la cantidad de publicaciones por autor y la regularidad por filiación; de este modo, Tongji University es la institución donde más se ha avanzado en investigaciones asociadas con el estudio del concreto y sus agregados, con un total de 23 publicaciones. Igualmente, Suranaree

university of technology está en el segundo puesto con un absoluto de 17 publicaciones. En tercer y cuarto puesto, están Wuhan university of technology con 17 publicaciones, y Swinburne university of technology con 15 publicaciones.

El gran aporte de la universidad de Tecnológica de Wuhan, se debe en gran medida a sus excelentes laboratorios, y a su vez porque es un centro nacional de investigación y laboratorios. Aparte, la universidad de Tongji una de las más importantes a nivel mundial, más antigua y más selectiva, a esto se debe su gran aporte a la contribución de los estudios sobre el concreto.

Figura 31. Las 20 instituciones más relevantes.

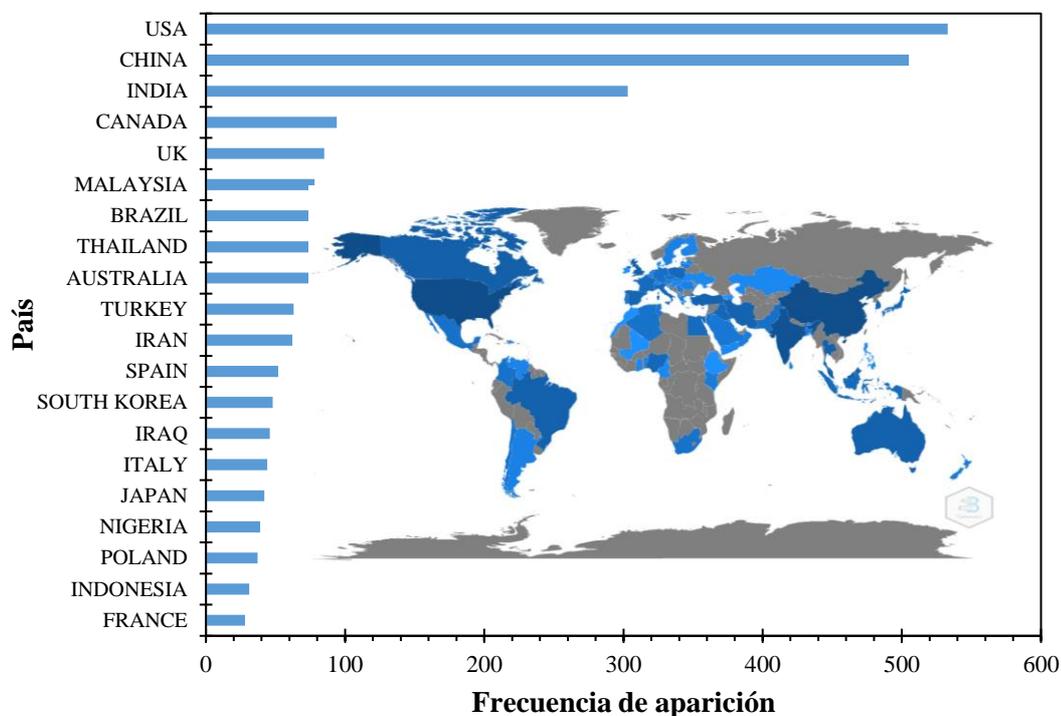


Fuente: Autores, 2021.

Considerando la participación entre los autores y las instituciones, la Figura 32 evidencia los países más notables del mundo basándose a la reiteración de aparición (frecuencia). En este caso, Estados Unidos tiene el número más importante de autores con 533, el siguiente es China con 505 autores, sucesivo de India con 303 autores. Esto se debe al incremento de la infraestructura de estos países, considerando que estos países se

encuentran aumentando a diario su densidad poblacional y por consiguiente deben de investigar a diario sobre el comportamiento de dicho material concreto (Statista 2021).

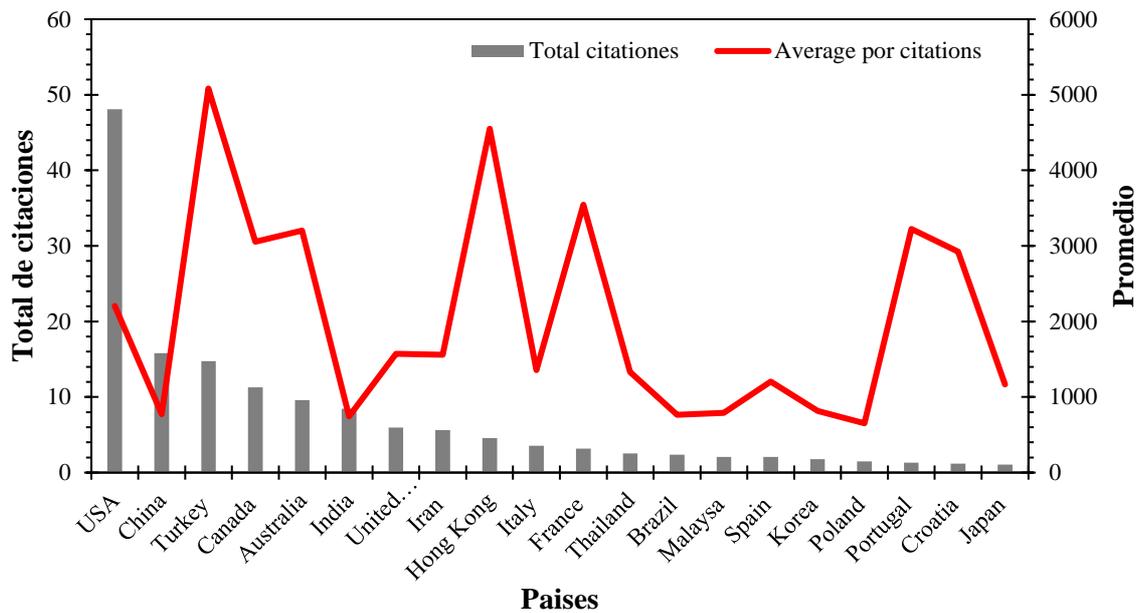
Figura 32. Países más importantes por frecuencia de aparición.



Fuente: Autores, 2021.

La Figura 33 se puede apreciar que los países con mayores citas no son precisamente los que tienen mayor promedio de citas en los diferentes artículos donde se les mencionan, y dicha frecuencia no tiene una tendencia, este análisis se puede distinguir con Estados Unidos, detallando que el total de citas fue de 49, mientras que el promedio por citas (promedio de citas) fue de 2100, por otra parte Turquía, Hong Kong y Francia poseen 17, 8 y 6 citas respectivamente, mientras que un promedio de citas de 5100, 4,842 y 3,400, respectivamente.

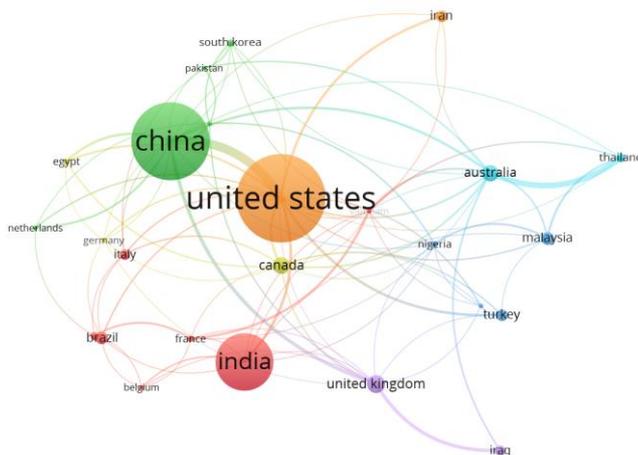
Figura 33. Países más relevantes por total y promedio de citaciones.



Fuente: Autores, 2021.

La colaboración entre los países se puede apreciar en la Figura 34, donde la relación China-Estados Unidos, Estados Unidos-India son las principales colaboraciones, también se puede apreciar que China e Irán, China y Egipto, Estados Unidos y Canadá tienen una colaboración bastante amplia. Se puede observar que el tamaño de los círculos infiere directamente con la cantidad de citas relacionadas a través del tiempo.

Figura 34. Colaboración entre países.



Fuente: Autores, 2021.

En la Tabla 13, se pueden apreciar los autores más citados en artículos relacionados con el concreto y sus aditivos para la mejora de las propiedades mecánicas del concreto para aplicaciones en ingeniería civil se puede apreciar que el autor más citado es Frederick A. Mumpton, por la revista Proceedings of the national academy of sciences of the USA, en el año 1999, con un total de 524 citaciones. Se puede observar que los artículos del año 1999 han sido los artículos que más citas han tenido hasta la actualidad. Por otro lado, se observa que existen artículos 10 años atrás que están siendo altamente citados con investigadores que han venido trabajado este tema.

Tabla 13. *Artículos más citados a la fecha.*

Autor	Año	Revista	Total citaciones	Publicaciones más relevantes
Frederick A. Mumpton	1999	PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA	524	(Mumpton 1999; Mumpton and Roy 1961)
Z. Khatib, F. Bayomy	1999	American Society Of Civil Engineers ASCE Journals	498	(James et al. 2018; Teferi et al. 2022)
Shi, Cajjun	2004	American Society Of Civil Engineers ASCE Journals	393	(Provis, Palomo, and Shi 2015; Shi, Jiménez, and Palomo 2011)
P Ahmedzade, B Sengoz	2009	Journal of Hazardous Materials	293	(Ahmedzade and Sengoz 2009; James et al. 2018)
C Shi, C Meyer, A Behnood	2008	Resources, Conservation and Recycling	283	(Behnood and Mannering 2017; Behnood and Modiri Gharehveran 2019)
AJ Puppala, LR Hoyos, AK Potturi	2011	Journal of Materials in Civil Engineering	184	(Du et al. 2014; Puppala, Hoyos, and Potturi 2011)
S Parnavithana, A Mohajerani	2006	Resources, Conservation and Recycling	163	(Nejad, Azarhoosh, and Hamed 2013; Parnavithana and Mohajerani 2006)
CD Atiş	2005	Cement and Concrete Research	159	(Duran Atiş et al. 2009; Karahan and Atiş 2011)
CZ Li, NQ Feng, RJ Chen	2005	Cement and Concrete Research	146	(Leng, Feng, and Lu 2000; Li et al. 2005)
Q Zhu, R Haglund, KE Safavi, LSW Spangberg	2000	JOE Journal of endodontics	145	(Conley et al. 2013; Kübler et al. 2007)
G Li, Y Zhao, SS Pang, W Huang	1998	Cement and Concrete Research	141	(Liu et al. 2009; Rao et al. 2006)
Z Li, F Li, JSL Li	1998	Open Journal of Civil Engineering	132	(Li et al. 2012; Li and Wang 2007)
A Ibrahim, E Mahmoud, M Yamin, Varun Chowdary Patibandla	2014	Construction and Building Materials	128	(Ibrahim et al. 2014)
S Khare, M Dell'Amico, C Knight, S McGarry	2016	Solar Energy Materials and Solar Cells	127	(Dell'Amico and Filippone 2015; Dell'Amico, Michiardi, and Roudier 2010)

S Guo, Q Dai, R Si, X Sun, C Lu	2017	Journal of Cleaner Production	125	(Gao et al. 2012; Yan et al. 2014)
M Şahmaran, İÖ Yaman, M Tokyay	2009	Cement and concrete composites	124	(Mustafa Sahmaran 2007; Şahmaran, Christianto, and Yaman 2006)
V Dubois, NE Abriak, R Zentar, G Ballivy	2009	Waste Management	124	(Eberhardt et al. 1998; Moradian, Einstein, and Ballivy 2016)

Fuente: Autores, 2021.

Conclusiones

El análisis bibliométrico debe trabajarse creando un plan de trabajo, donde se deberá seguir para así crear un análisis buen bibliométrico, es importante antes de realizar un análisis bibliométrico conocer información al respecto, investigar sobre autores que han hablado sobre estos temas, e interpretar los artículos que estos publican.

El estudio de revisión bibliométrica depende fuertemente de una adecuada clasificación, calidad y distribución de los datos recolectados; además, debido a la restricción de operadores lógicos (uso de acentuación en los nombres de los autores) que no son reconocidos por el software. Sin embargo, se tuvo en cuenta el mínimo margen de error, con la edición y revisión de algunos errores durante la importación de los datos en Excel.

Actualmente la tendencia de uso del concreto cada día incrementa más, debido a la sobrepoblación que tenemos en el mundo, y al ser este, la principal materia prima para la producción de concreto, que es ampliamente usado para la construcción de edificaciones, como evidencia podemos denotar en la gráfica que representa los países más importantes por frecuencia de aparición (Figura 32), la cantidad de artículos suministrados por India, China y USA, que son los países de mayor población a nivel mundial.

Se puede apreciar como una dosificación adecuada de arcilla y de cenizas volantes combinadas con el concreto (93.3% concreto 3.33% arcilla y 3.33% cenizas volantes), puede conseguir la misma capacidad de resistencia a la compresión) que una dosificación 100% concreto, esto es importante, debido a que creando esta dosificación a gran escala podríamos reducir considerablemente el impacto ambiental que existe por la producción de concreto

En lo que respecta al módulo de rotura, calculado principalmente con la resistencia a la flexión, se aprecia que una mezcla con dosificación 90% concreto y 10% arcilla obtuvo el mayor módulo de rotura, aparte, se puede apreciar que casi todas las mezclas propuestas obtuvieron un mayor módulo de rotura que el concreto (100%), siendo esto una mejora

considerable puesto que podría proponerse un adoquín combinando las dosificaciones y reforzándolas que pueda suplir la necesidad de la resistencia a la compresión y del módulo de rotura.

Costos Por Producción De adoquines.

En la tabla 12. se muestra lo que son los costos por producción de una unidad de adoquín, basándonos en el diseño de dosificación Numero 10 la cual representa (93.33 – 3.33 – 3.33) en su respectivo orden concreto, arcilla y residuo de ceniza de horno. este costo de 440,43 pesos por unidad se comparo con un adoquín de homcenter con las mismas especificaciones técnicas y dimensiones, lo cual tiene un precio de 1.300 pesos por unidad como se muestra en la Figura 24b.

Tabla 14) Costos producción de adoquín.

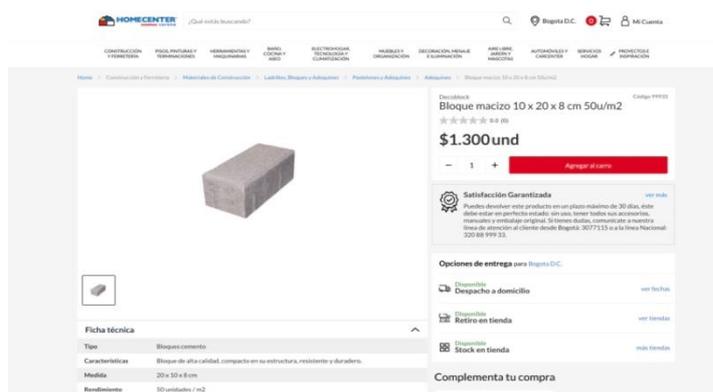
COSTOS PRODUCCION DE ADOQUIN				
<i>MATERIAL</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>COSTO</i>	<i>PRECIO TOTAL</i>
CEMENTO	Kg	0,49	\$ 460,00	\$ 225,40
GRAVA	m ³	0,001176	\$ 64.285,00	\$ 75,60
ARENA	m ³	0,000784	\$ 50.000,00	\$ 39,20
CENIZA DE RESIDUO DE HORNO	Kg	0,0001	\$ 0,00	\$ 0,00
ARCILLA	Kg	0,0001	\$ 0,00	\$ 0,00
AGUA	m ³	0,000238	\$ 592,56	\$ 0,14
FORMALETA	UNIDAD	1	\$ 100,00	\$ 100,00
ACEITE	m ³	0,0015	\$ 0,0	\$ 0,00
			PRECIO POR UNIDAD	\$ 440,34

Figura 35 a) Adoquín realizado por autores. b) Adoquín Homecenter

a)



b)



Recomendaciones

Es importante conocer previamente los laboratorios a ejecutar puesto que si se presenta algún inconveniente se debe saber cómo actuar, adaptando el problema para que no vaya a presentar ninguna incurrencia a la hora de tener los resultados, a parte se debe considerar a la hora de realizar los adoquines el clima y sus condiciones, para que los adoquines no se vean alterados y así poder realizar adoquines que su dosificación inicial sea la misma.

Para realizar el análisis bibliométrico se debe contar con herramientas adecuadas, puesto que este programa, aunque no consume mucha memoria RAM, son muchas las gráficas a trabajar y mucha información por recopilar, y si esta información llegase a perderse se perdería todo el trabajo.

Para el encofrado, es importante contar con materiales adecuados para el mismo, puesto que si el material fallase se perdería el trabajo ejecutado, se recomienda usar láminas de metal o en su efecto madera que pueda tener una larga vida útil.

A la hora de referenciar los autores, es importante conocer de qué país son y de qué institución, puesto que algunos tienen nombres muy conocidos y sabiendo dicha información se puede conseguir un informe más contundente y preciso.

Los adoquines deben ejecutarse en un lugar amplio y limpio, debido a que a la hora de realizar la mezcla esta no se vea contaminada y aparte, se pueda mezclar para obtener una excelente mezcla.

Referencias

- Acosta, Andres Mauricio, and Luis Felipe Beltran. 2017. "Determinar Las Propiedades Mecánicas y El Uso de Cuesco de Palma Africana Para La Fabricación de Adoquines y Bloques Estructurales." Universidad Cooperativa de Colombia.
- Ahmedzade, Perviz, and Burak Sengoz. 2009. "Evaluation of Steel Slag Coarse Aggregate in Hot Mix Asphalt Concrete." *Journal of Hazardous Materials* 165(1–3):300–305. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.105.
- Alvarez Martinez, Edinson Balmaceda Cañizares, Cesar Andrey. 2019. "Estudio Comparativo Entre La Resistencia de Bloques y Adoquines Conversacionales En Concreto y Bloques y Adoquines Con Una Dosificación Experimental de Concreto Utilizando Viruta de Aluminio Como Agregado Fino."
- Andece. 2018. "Adoquines."
- Arcillas y prefabricados en concreto. 2018. "Arcillas y Prefabricados En Concreto."
- Aria, Massimo, and Corrado Cuccurullo. 2017. "Bibliometrix : An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis." *Journal of Informetrics* 11(4):959–75. doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- Arquitectura, De. 2017. "Propiedades Del Concreto."
- ASOCEM. 2015. "¿Cuál Es El Proceso de Fabricación Del Cemento?"
- Bandara, M. M. H. W., W. K. Mampearachchi, and T. Anojan. 2019. "Jo Pr f." *Case Studies in Construction Materials*. doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00284.
- Behnood, Ali, and Fred Mannering. 2017. "Determinants of Bicyclist Injury Severities in Bicycle-Vehicle Crashes: A Random Parameters Approach with Heterogeneity in Means and Variances." *Analytic Methods in Accident Research* 16:35–47. doi: 10.1016/j.amar.2017.08.001.
- Behnood, Ali, and Mahsa Modiri Gharehveran. 2019. "Morphology, Rheology, and Physical Properties of Polymer-Modified Asphalt Binders." *European Polymer Journal* 112:766–91. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2018.10.049.
- Buddenheim. 2019. "Comportamiento del concreto"
- Cano, Jesús. 2018. "Computo Para Diseño de Mezclas de Concreto Normal."
- Carrillo Julián, Alcocer Sergio M, Aperador William. 2013. "Propiedades Mecánicas Del Concreto Para Viviendas de Bajo Costo."
- Castañeda Cruz, Kathereen Jhoanna, and Eder Lenner Vásquez Barreto. 2014. "Aplicación de Concreto Reciclado En La Producción de Adoquines de Concreto Para Pavimentos de Tránsito Vehicular Ligero En La Ciudad de Chiclayo."
- CEMEX. 2018. "Cemento y su contribución a través de los tiempos."
- CEMEX. 2021. "Productos Cemento."
- Chavarri Bazan, Carlos Alfredo, Rubio Calvay, Jeremias Marcos. 2020. "Efecto Del Caucho Reciclado En La Resistencia a Compresión En Adoquines de Concretos Diseñados Para Pavimentos Articulado."

- Chen, Binmeng, Hongyu Shao, Bo Li, and Zongjin Li. 2020. "Influence of Silane on Hydration Characteristics and Mechanical Properties of Cement Paste." *Cement and Concrete Composites* 113(January). doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103743.
- Civilgeeks. 2014. "Historia de Los Adoquines."
- Clarín. n.d. "Adoquines, Una Historia Dura." 2016.
- Concreto, Redacción 360 en. 2020. "Un Breve Recorrido a La Historia Del Cemento."
- Concretos, Construcción y tecnología en. 2019. "Pavimentos."
- Conley, Hiram J., Bin Wang, Jed I. Ziegler, Richard F. Haglund, Sokrates T. Pantelides, and Kirill I. Bolotin. 2013. "Bandgap Engineering of Strained Monolayer and Bilayer MoS₂." *Nano Letters* 13(8):3626–30. doi: 10.1021/nl4014748.
- Construcción y tecnología. 2006. *Los Aditivos Para Concreto En Seis Pasos*.
- Coronel, Jaider; and Jhon Sánchez. 2021. "Análisis de La Variación En La Resistencia a La Compresión."
- Cui, Shengai, Pin Liu, Jiao Su, Enqi Cui, Chen Guo, and Bing Zhu. 2018. "Experimental Study on Mechanical and Microstructural Properties of Cement-Based Paste for Shotcrete Use in High-Temperature Geothermal Environment." *Construction and Building Materials* 174:603–12. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.106.
- DANE. 2021. "Estadísticas Del Cemento Gris En Colombia."
- David S. Reyes Cantor, Cristian S. Contreras Alfonso. 2015. "Caracterización Físico Mecánica Del Adoquín Con Lodos Papeleros Residuos de La Fabricación Del Papel."
- Dell'Amico, Matteo, and Maurizio Filippone. 2015. "Monte Carlo Strength Evaluation." Pp. 158–69 in *Proceedings of the 22nd ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*. New York, NY, USA: ACM.
- Dell'Amico, Matteo, Pietro Michiardi, and Yves Roudier. 2010. "Password Strength: An Empirical Analysis." Pp. 1–9 in *2010 Proceedings IEEE INFOCOM*. IEEE.
- Deymar Rodriguez. 2020. "Análisis Del Comportamiento Mecánico de Adoquines Bicapa de Concreto Con Adición de Cenizas Volantes y Viruta de Acero Como Refuerzo."
- Du, Hongjian, and Sze Dai Pang. 2020. "High-Performance Concrete Incorporating Calcined Kaolin Clay and Limestone as Cement Substitute." *Construction and Building Materials* 264:120152. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120152.
- Du, Yan-Jun, Ning-Jun Jiang, Song-Yu Liu, Fei Jin, Devendra Narain Singh, and Anand J. Puppala. 2014. "Engineering Properties and Microstructural Characteristics of Cement-Stabilized Zinc-Contaminated Kaolin." *Canadian Geotechnical Journal* 51(3):289–302. doi: 10.1139/cgj-2013-0177.
- Duran Atış, Cengiz, Cahit Bilim, Özlem Çelik, and Okan Karahan. 2009. "Influence of Activator on the Strength and Drying Shrinkage of Alkali-Activated Slag Mortar." *Construction and Building Materials* 23(1):548–55. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.10.011.
- Eberhardt, E., D. Stead, B. Stimpson, and R. S. Read. 1998. "Identifying Crack Initiation and Propagation Thresholds in Brittle Rock." *Canadian Geotechnical Journal* 35(2):222–33. doi: 10.1139/t97-091.
- EcuRed. 2019. "Adoquines."

- Elpais.com.co. 2013. “Caída de Edificio En Medellín Fue Por Una Falla Estructural: Minvivienda.”
- Escorcía, Tatiana Alexandra. 2008. “El Análisis Bibliométrico Como Herramienta Para El Seguimiento de Publicaciones Científicas, Tesis y Trabajos de Grado [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana.” *Director* 1–61.
- Fenollar, Alfredo. 2019. “El Pavimento de Adoquines a Lo Largo d Elos Siglos.”
- Gao, Yue, Meng Wang, Dacheng Tao, Rongrong Ji, and Qionghai Dai. 2012. “3-D Object Retrieval and Recognition With Hypergraph Analysis.” *IEEE Transactions on Image Processing* 21(9):4290–4303. doi: 10.1109/TIP.2012.2199502.
- García-León, R.A., J. Martínez-Trinidad, and I. Campos-Silva. 2021. “Historical Review on the Boriding Process Using Bibliometric Analysis.” *Transactions of the Indian Institute of Metals* 74(March):541–57. doi: 10.1007/s12666-020-02174-6.
- Guo, Jifeng, Meihui Li, Lin Wang, Bo Yang, Liangliang Zhang, Zhenxiang Chen, Shiyuan Han, Laura Garcia-hernandez, and Ajith Abraham. 2020. “Engineering Applications of Artificial Intelligence Estimating Cement Compressive Strength Using Three-Dimensional Microstructure Images and Deep Belief Network.” *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 88(March 2019):103378. doi: 10.1016/j.engappai.2019.103378.
- Gustavo Gamba, Seidel Plazas. 2015. “Caracterización de Las Propiedades Mecánicas de Adoquines Producto, Concreto Con Adición de Residuo de Caucho Reciclado Usadas, de Llantas.”
- Harmsen, Teodoro. 2002. “Diseño de Estructuras de Concreto Armado.”
- Henaó, Hincapié, Ángela Maria, Montoya Góez, and Yesid De Jesús. 2005. “La Microestructura de Los Prefabricados de Concreto.” *Revista Universidad EAFIT* 41(140):95–105.
- Hernández, Hatyit. 2013. “Propiedades Del Concreto y Sus Componentes.”
- Hernández, Yomaira Beatriz. 2018. “Pavimentos de Adoquines de Concreto Una Solución Ambiental En La Construcción de Infraestructura Vial Colombiana.”
- Hossiney, Nabil, Hima Kiran Sepuri, Mothi Krishna Mohan, Arjun H R, Santhosh Govindaraju, and Jorisa Chyne. 2020. “Alkali-Activated Concrete Paver Blocks Made with Recycled Asphalt Pavement (RAP) Aggregates.” *Case Studies in Construction Materials* 12:e00322. doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00322.
- Ibañez. 2019. “Prefabricados .” <https://www.prefabricadosibanez.es/es/prefabricados.aspx>.
- Ibrahim, Ahmed, Enad Mahmoud, Mohammed Yamin, and Varun Chowdary Patibandla. 2014. “Experimental Study on Portland Cement Pervious Concrete Mechanical and Hydrological Properties.” *Construction and Building Materials* 50:524–29. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.09.022.
- Infraestructura, Agencia Nacional de. 2013. “Sección 400.” *Instituto Nacional de Vias* 1–424.
- James, Spencer L., Degu Abate, Kalkidan Hassen Abate, et al. 2010. “Global, Regional, and National Incidence, Prevalence, and Years Lived with Disability for 354 Diseases and Injuries for 195 Countries and Territories, 1990–2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017.” *The Lancet* 392(10159):1789–1858. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32279-7.

- Jesús David Osorio. 2020. “Resistencia Mecánica Del Concreto y Resistencia a La Compresión.”
- Jorge Luis, Zegarra-Tarqui, Santos-de Brito Jeferson, and De Fátima-Carvalho Miriam. 2015. “Escurrecimiento En Pavimentos de Bloques de Suelo-Cemento: Un Abordaje Experimental.” *Ingeniería, Investigación y Tecnología* 16(1):35–47. doi: 10.1016/s1405-7743(15)72105-0.
- Juan-Valdés, Andrés, Desirée Rodríguez-robles, Julia García-gonzález, M. Isabel Sánchez, De Rojas Gómez, M. Ignacio Guerra-romero, Nele De Belie, and Julia M. Morán-del Pozo. 2020. “Mechanical and Microstructural Properties of Recycled Concretes Mixed with Ceramic Recycled Cement and Secondary Recycled Aggregates.” (xxxx). doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121455.
- Juncos, Amelia. 2020. “Pavimentos de Adoquines, Un Poco de Historia.”
- Karahan, Okan, and Cengiz Duran Atiş. 2011. “The Durability Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Fly Ash Concrete.” *Materials & Design* 32(2):1044–49. doi: 10.1016/j.matdes.2010.07.011.
- Krishnya, Siventhirarajah, Yuya Yoda, and Yogarajah Elakneswaran. 2021. “A Two-Stage Model for the Prediction of Mechanical Properties of Cement Paste.” *Cement and Concrete Composites* 115:103853. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103853.
- Kübler, C., H. Ehrke, R. Huber, R. Lopez, A. Halabica, R. F. Haglund, and A. Leitenstorfer. 2007. “Coherent Structural Dynamics and Electronic Correlations during an Ultrafast Insulator-to-Metal Phase Transition in VO_2 .” *Physical Review Letters* 99(11):116401. doi: 10.1103/PhysRevLett.99.116401.
- Kumar, Gyanendra, Sandeep Shrivastava, and R. C. Gupta. 2020. “Paver Blocks Manufactured from Construction & Demolition Waste.” *Materials Today: Proceedings* 27 311–17. doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.039.
- Leng, Faguang, Naiqian Feng, and Xinying Lu. 2000. “An Experimental Study on the Properties of Resistance to Diffusion of Chloride Ions of Fly Ash and Blast Furnace Slag Concrete.” *Cement and Concrete Research* 30(6):989–92. doi: 10.1016/S0008-8846(00)00250-7.
- Li, Chong-Zhi, Nai-Qian Feng, Yong-De Li, and Rong-Jun Chen. 2005. “Effects of Polyethylene Oxide Chains on the Performance of Polycarboxylate-Type Water-Reducers.” *Cement and Concrete Research* 35(5):867–73. doi: 10.1016/j.cemconres.2004.04.031.
- Li, Fan, and Yu Wang. 2007. “Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey.” *IEEE Vehicular Technology Magazine* 2(2):12–22. doi: 10.1109/MVT.2007.912927.
- Li, Fan, Chunshui Zhao, Guanzhong Ding, Jian Gong, Chenxing Liu, and Feng Zhao. 2012. “A Reliable and Accurate Indoor Localization Method Using Phone Inertial Sensors.” P. 421 in *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp '12*. New York, New York, USA: ACM Press.
- Liu, Xiaowei, Hua Fu, Yuyang Jiang, and Yufen Zhao. 2009. “A Simple and Efficient Approach to Quinazolinones under Mild Copper-Catalyzed Conditions.” *Angewandte Chemie International Edition* 48(2):348–51. doi: 10.1002/anie.200804675.

- López, Edita Solano, Sara J. Castellanos Quintero, Hernández Fernández, María Magdalena, López Rodríguez, I. Juana, Lic Educación, Profesora Auxiliar, Universidad Médica, Raúl Dorticós, and Cienfuegos Lic Educa-. 2009. "Bibliometry, an Efficent to Assess the Postgraduate Scientific Activity." *Medisur* 7(4):291–94.
- Materiales cerámicos. 2017. "Materiales Cerámicos y Compuestos."
- Maxam. 2017. "Soluciones de Voladura En Piedra Caliza."
- Mohammed, Ahmed, Serwan Rafiq, Parveen Sihag, Rawaz Kurda, Wael Mahmood, Kawan Ghafor, and Warzer Sarwar. 2020. "ANN, M5P-Tree and Nonlinear Regression Approaches with Statistical Evaluations to Predict the Compressive Strength of Cement-Based Mortar Modified with Fly Ash." *Journal of Materials Research and Technology* 9(6):12416–27. doi: 10.1016/j.jmrt.2020.08.083.
- Moradian, Zabihallah, Herbert H. Einstein, and Gerard Ballivy. 2016. "Detection of Cracking Levels in Brittle Rocks by Parametric Analysis of the Acoustic Emission Signals." *Rock Mechanics and Rock Engineering* 49(3):785–800. doi: 10.1007/s00603-015-0775-1.
- Mumpton, F. A. 1999. "La Roca Magica: Uses of Natural Zeolites in Agriculture and Industry." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96(7):3463–70. doi: 10.1073/pnas.96.7.3463.
- Mumpton, F. A., and R. Roy. 1961. "Hydrothermal Stability Studies of the Zircon-Thorite Group." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 21(3–4):217–38. doi: 10.1016/S0016-7037(61)80056-2.
- Muñoz, Henry Mauricio. 2018. "Análisis Resistencia a La Compresión."
- Mustafa Sahmaran, Mo Li, and Victor C. Li. 2007. "Transport Properties of Engineered Cementitious Composites under Chloride Exposure." *ACI Materials Journal* 104(6). doi: 10.14359/18964.
- Navarro, Andujary. 2016. "Áridos Para La Construcción: Qué Son y Para Qué Se Usan."
- Nejad, Fereidoon Moghadas, Ali Reza Azarhoosh, and Gholam Hossein Hamedi. 2013. "The Effects of Using Recycled Concrete on Fatigue Behavior of Hot Mix Asphalt." *Journal of Civil Engineering and Management* 19(SUPPL.1). doi: 10.3846/13923730.2013.801892.
- Nguyen, Dang Hanh, Mohamed Boutouil, Nassim Sebaibi, Lydia Leleyter, and Fabienne Baraud. 2013. "Valorization of Seashell By-Products in Pervious Concrete Pavers." *Construction and Building Materials* 49:151–60. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.08.017.
- NTC. 2010a. *Norma Técnica Colombiana NTC 673 Concretos, Ensayo de Resistencia a La Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.*
- NTC. 2010b. *Normas Técnica Colombiana NTC 2017 Adoquines de Concreto Para Pavimento Contenido.*
- Oficemen. 2020. "Historia Del Cemento."
- Osorio, Jesús David. 2018. "Diseño de Mezclas de Concreto: Conceptos Básicos."
- Paranavithana, Sumeda, and Abbas Mohajerani. 2006. "Effects of Recycled Concrete Aggregates on Properties of Asphalt Concrete." *Resources, Conservation and Recycling* 48(1):1–12. doi: 10.1016/j.resconrec.2005.12.009.

- Pennarasi, G., S. Soumya, and K. Gunasekaran. 2019. "Study for the Relevance of Coconut Shell Aggregate Concrete Paver Blocks." *Materials Today: Proceedings* 14:368–78. doi: 10.1016/j.matpr.2019.04.159.
- Provis, John L., Angel Palomo, and Caijun Shi. 2015. "Advances in Understanding Alkali-Activated Materials." *Cement and Concrete Research* 78:110–25. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.04.013.
- Puppala, Anand J., Laureano R. Hoyos, and Ajay K. Potturi. 2011. "Resilient Moduli Response of Moderately Cement-Treated Reclaimed Asphalt Pavement Aggregates." *Journal of Materials in Civil Engineering* 23(7):990–98. doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000268.
- Rao, Honghua, Ying Jin, Hua Fu, Yuyang Jiang, and Yufen Zhao. 2006. "A Versatile and Efficient Ligand for Copper-Catalyzed Formation of C–N, C–O, and P–C Bonds: Pyrrolidine-2-Phosphonic Acid Phenyl Monoester." *Chemistry - A European Journal* 12(13):3636–46. doi: 10.1002/chem.200501473.
- Reis, Daniel C., Pedro C. R. A. Abrão, Tongbo Sui, and Vanderley M. John. 2020. "Influence of Cement Strength Class on Environmental Impact of Concrete." *Resources, Conservation and Recycling* 163(June):105075. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105075.
- Rodrigo Alberto Restrepo Potes. 2019. "Mezclas Eficientes de Mineral de Hierro Destinado a La Corrección Química Del Cemento a Partir de Pilas Longitudinales Tipo Chevron."
- Rodríguez Roso, Deymar Andrés. 2019. "Análisis Del Comportamiento Mecánico de Adoquines Bicapa de Concreto Con Adición de Cenizas Volantes y Viruta de Acero Como Refuerzo."
- Saboo, Nikhil, A. Nirmal Prasad, Mayank Sukhija, Mohit Chaudhary, and Anush K. Chandrappa. 2020. "Effect of the Use of Recycled Asphalt Pavement (RAP) Aggregates on the Performance of Pervious Paver Blocks (PPB)." *Construction and Building Materials* 262:120581. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120581.
- Şahmaran, Mustafa, Heru Ari Christianto, and İsmail Özgür Yaman. 2006. "The Effect of Chemical Admixtures and Mineral Additives on the Properties of Self-Compacting Mortars." *Cement and Concrete Composites* 28(5):432–40. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2005.12.003.
- Salazar Carreño, Dimelsa, Rafael Guillermo García Cáceres, and Oscar Orlando Ortiz Rodríguez. 2015. "Laboratory Processing of Colombian Rice Husk for Obtaining Amorphous Silica as Concrete Supplementary Cementing Material." 96:65–75. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.178.
- Shi, Caijun, A. Fernández Jiménez, and Angel Palomo. 2011. "New Cements for the 21st Century: The Pursuit of an Alternative to Portland Cement." *Cement and Concrete Research* 41(7):750–63. doi: 10.1016/j.cemconres.2011.03.016.
- Silva, Omar Javier. 2020. "Conociendo Las Propiedades Físicas Del Cemento: ¿Qué y Cómo?"
- Statista. 2021. "Líderes En Producción de Cemento a Nivel Mundial."
- Tareq Noaman, Ahmed, Ghassan Subhi Jameel, and Shamil K. Ahmed. 2020. "Producing of Workable Structural Lightweight Concrete by Partial Replacement of Aggregate with Yellow and/or Red Crushed Clay Brick (CCB) Aggregate." *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* (xxxx). doi: 10.1016/j.jksues.2020.04.013.

- Tecnologo Quijada. 2018. "Concreto y sus propiedades."
- Teferi, Melese Yeshambaw, Ziad El-Khatib, Endawoke Amsalu Alemayehu, Hawult Taye Adane, Azeb Tarekegn Andualem, Yonas Abebe Hailesilassie, Abraham Sahilemichael Kebede, Benedict Oppong Asamoah, Minyahil Tadesse Boltena, and Mulatu Biru Shargie. 2022. "Prevalence and Antimicrobial Susceptibility Level of Typhoid Fever in Ethiopia: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Preventive Medicine Reports* 25:101670. doi: 10.1016/j.pmedr.2021.101670.
- El Tiempo. 2021. "Top 20 Los Países Con Mayor Población Del Mundo."
- Ussa, Yeimmy Rocío Martínez, and Johan Enrique Poveda. 2015. "Fabricación de Adoquín a Partir de Un Sistema de Aprovechamiento de Escombros En Obra."
- Valcuende Payá, nombre, Manuel Marco Serrano, Empar Jardón Giner, and Rafael Gil Andrés. 2018. *Evolución de La Resistencia Del Hormigón Con La Edad y La Temperatura*.
- Yan, Chenggang, Yongdong Zhang, Jizheng Xu, Feng Dai, Jun Zhang, Qionghai Dai, and Feng Wu. 2014. "Efficient Parallel Framework for HEVC Motion Estimation on Many-Core Processors." *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 24(12):2077–89. doi: 10.1109/TCSVT.2014.2335852.
- Zhang, Shiping, Peiling He, and Longlong Niu. 2020a. "Mechanical Properties and Permeability of Fiber-Reinforced Concrete with Recycled Aggregate Made from Waste Clay Brick." *Journal of Cleaner Production* 268:121690. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121690.
- Zhang, Shiping, Peiling He, and Longlong Niu. 2020b. "Mechanical Properties and Permeability of Fiber-Reinforced Concrete with Recycled Aggregate Made from Waste Clay Brick." *Journal of Cleaner Production* 268:121690. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121690.
- Zhou, Chunheng, Liping Cai, Zongping Chen, and Junhua Li. 2020. "Effect of Kenaf Fiber on Mechanical Properties of High-Strength Cement Composites." *Construction and Building Materials* 263:121007. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121007.
- Zhu, Jing, Wenzhong Zheng, Lili Xie, and Lesley H. Sneed. 2021. "A High-Temperature-Resistant Inorganic Matrix for Concrete Structures Enhanced by Fiber-Reinforced Polymer." *Alexandria Engineering Journal* 60(1):131–43. doi: 10.1016/j.aej.2020.06.021.

Apéndices

Apéndice A. Ensayo INV E – 427 -13. Absorción de agua de los adoquines de concreto.

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma se refiere a la determinación de la cantidad de agua que absorben los adoquines de concreto cuando se someten a unas condiciones de inmersión especificadas.

2 EQUIPO

- 2.1 *Balanza* – Con legibilidad y exactitud de 0.05 % en relación con la masa del menor espécimen ensayado

3 MUESTRAS

- 3.1 *Selección de los especímenes de ensayo:*

3.1.1 Las unidades completas deben ser escogidas por el comprador o por su representante autorizado. Todos los especímenes elegidos deben ser de configuración y dimensiones similares. Además, deberán ser representativos de la totalidad del lote de unidades de los cuales se seleccionan.

3.1.2 El término "lote" se refiere a cualquier número de unidades y cualquier configuración o dimensión, elaborado con los mismos materiales, diseño de mezcla, proceso de manufactura y método de curado.

- 3.2 *Número de especímenes:*

3.2.1 De cada lote se extraerán al azar tres especímenes para la determinación de la absorción.

3.2.2 Se deberá escoger un juego de tres unidades de cada lote de 10 000 adoquines o fracción, y dos juegos para un lote de 10 000 a 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se deberá tomar un juego por cada 50 000 unidades o fracción contenida en él. Se podrán tomar especímenes adicionales a discreción del comprador.

3.4 Identificación:

3.4.1 Cada espécimen debe ser marcado de manera de permitir su identificación en cualquier instante. Las marcas de identificación no deberán ocupar más de 5 % del área superficial del espécimen.

3.5 El ensayo de absorción se deberá realizar sobre adoquines completos.

4 PROCEDIMIENTO

4.1 *Saturación* – Los especímenes de ensayo se sumergen en un tanque con agua a una temperatura de 15.6 a 26.7° C (60 a 80° F) por un término de 24 a 28 horas, de manera que sus superficies superiores queden 150 mm (6") o más, bajo la lámina de agua. Los especímenes se deberán colocar separados uno del otro dentro del tanque, y de manera que su parte inferior se encuentre, al menos, 3.1 mm (1/8") por encima del fondo del tanque, usando para ello una malla de alambre o una reja, cuya área de contacto con el espécimen no sea mayor del 10 % de la superficie inferior de éste.

4.2 Cumplido el período de inmersión, se pesa cada espécimen suspendido de la balanza con un alambre, de manera que se encuentre totalmente sumergido en agua. Se registra esta masa (W_i).

4.3 Se remueven los especímenes del agua y se les permite drenar libremente durante 60 ± 5 s, colocándolos sobre una malla metálica de 9.5 mm (3/8") o más de espesor, removiendo toda humedad visible con una toalla húmeda. A continuación, se determina la masa de cada espécimen saturado (W_s).

4.4 *Secado* – Después de su saturación y drenaje libre, se secan los especímenes en un horno con ventilación forzada a 100 – 115° C (212 a 239° F) durante un período no menor a 24 h, y hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 h no muestren una disminución de masas de más 0.2 % respecto de la determinación previa. Se anota esta masa como W_d .

5 CÁLCULOS

5.1 La absorción se calcula con las ecuaciones:

$$\text{Absorción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 1000 \quad [427.1]$$

$$\text{Absorción} \left(\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \right) = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 62.4 \quad [427.2]$$

$$\text{Absorción} (\%) = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad [427.3]$$

Donde: W_s : Masa del espécimen saturado, kg (lb);

W_i : Masa del espécimen sumergido en agua, kg (lb);

W_d : Masa del espécimen después de secado en el horno, kg (lb).

6 INFORME

6.1 El reporte del ensayo deberá incluir la siguiente información:

6.1.1 Descripción e identificación de la muestra de ensayo.

6.1.2 Fecha de recibo de la muestra.

6.1.3 Fecha del ensayo.

6.1.4 Identificación del método normalizado usado. Si durante la ejecución del ensayo se produjo alguna desviación con respecto al método normalizado, se anotará tal circunstancia.

6.1.5 Edad del espécimen (si se conoce).

6.1.6 Una fotografía de cada unidad ensayada (si se considera necesario).

6.1.7 Masas de los especímenes sumergidos, saturados y secos, redondeadas a 0.05 kg (0.1 lb).

6.1.8 Absorción de cada espécimen y promedio de los tres especímenes representativos del lote, redondeada a 1 kg/m³ (0.1 lb/pie³) y a 0.1 %.

Apéndice B. INV – 425 – 13. Resistencia del concreto a la abrasión mediante chorro de arena.

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma se refiere a la determinación de las características de resistencia a la abrasión del concreto al ser sometido al impacto de un chorro de arena silícea.

Nota 1: Existen otros medios para determinar la resistencia de las superficies de concreto a la abrasión. Por ejemplo, se pueden consultar las normas ASTM C 779/C779M, ASTM C 944 y ASTM C 1138. El usuario deberá usar el método que considere que representa mejor las condiciones de servicio que evalúa.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1 Este método de ensayo cubre la evaluación, en el laboratorio, de la resistencia relativa de las superficies de concreto a la abrasión. El procedimiento simula la acción de abrasivos arrastrados por el agua y la acción abrasiva del tránsito sobre superficies de concreto. Durante el ensayo se produce una acción erosiva que tiende a desgastar por rozamiento, con mayor severidad, los componentes menos resistentes del concreto.

3 EQUIPO

- 3.1 *Balanza* – O báscula, con una capacidad de 5000 g (11 lb) o más. La variación permisible a una carga de 5000 g (11 lb) es ± 0.5 g (0.2 oz).
- 3.2 *Pesas* – Si la balanza utiliza pesas, las tolerancias admisibles en su masa se muestran en la Tabla 425 - 1. Las tolerancias admisibles para las pesas nuevas serán la mitad de los valores indicados en la Tabla 425 - 1.
- 3.3 *Aparato de chorro de arena (Figura 425 - 1)* – El aparato consiste en una pistola del tipo inyector. La pistola debe tener un chorro de aire de alta velocidad alimentado por una rata de flujo controlado para el material abrasivo. La boquilla que expelle el chorro de arena consiste en una barra metálica laminada en frío de 40 mm (1 ½") de longitud, o de acero templado de corte rápido de dureza HRC 48 ± 2 , taladrada a 6.40 ± 0.02 mm (0.24 \pm 0.001") a través del centro. Las paredes de la boquilla deben tener un bisel de 45° en el extremo superior de la parte interior. Se debe disponer de un suministro de aire comprimido de aproximadamente 690 kPa (100 lbf/pg²),

con un dispositivo para el control de la presión. Se deben tomar medidas para recolectar el abrasivo gastado y el polvo. Se debe disponer de soportes adecuados y abrazaderas para sostener el espécimen en una posición fija en relación con el extremo de descarga de la boquilla. Para el ensayo de desgaste en el laboratorio sobre especímenes de concreto, se puede emplear un gabinete comercial para chorro de arena, similar al mostrado en la Figura 425 - 2.

- 3.4 *Escudo* – Debe ser cuadrado o circular, de 150 mm (6") de lado o de diámetro, hecho de una lámina de acero recubierta con zinc o equivalente, con un espesor de 0.9 a 1.9 mm (0.035 a 0.075"). El escudo deberá tener un orificio en el centro, de 28.70 ± 0.25 mm (1.13 ± 0.01 " de diámetro (nota 2).

Nota 2: Una abertura de 28.70 mm (1.13") de diámetro equivale a un área de 6.45 cm^2 (1 pg^2). El propósito de esta abertura en el escudo es limitar el área desgastada a 1 pg^2 , aproximadamente.

- 3.5 *Elementos accesorios* – Tanque con agua, toalla, regla, etc.

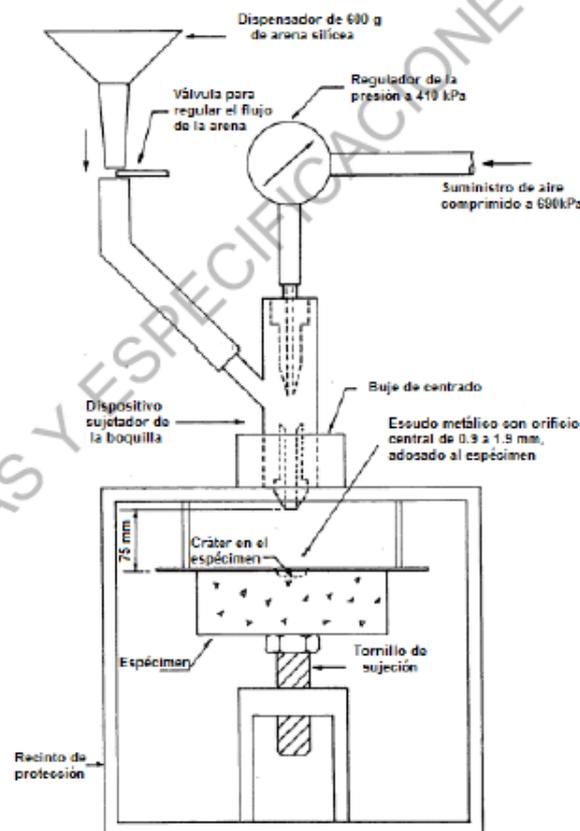


Figura 425 - 1. Esquema del aparato de chorro de arena.



Figura 425 - 2. Gabinete para el ensayo del chorro de arena y compresor

Tabla 425 - 1. Tolerancias admisibles en las pesas

PESA, g	TOLERANCIA ADMISIBLE PARA PESAS EN USO, g
1000	± 0.50
500	± 0.35
300	± 0.30
250	± 0.25
200±	± 0.20

4 MATERIALES

- 4.1 *Abrasivo* – El abrasivo será arena silícea, compuesta casi totalmente por granos redondeados de cuarzo casi puro, del tipo usado generalmente para preparar morteros en el ensayo de cementos hidráulicos (Figura 425 - 3) (nota 3). La Tabla 425 - 2 presenta la granulometría recomendada para la arena.

5 PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

- 5.1 Los especímenes se deben sumergir en agua durante 24 horas y luego se seca su superficie con una toalla húmeda, para obtener una condición saturada y superficialmente seca en el instante del ensayo.

7 PROCEDIMIENTO

- 7.1 Se coloca el espécimen con la superficie a ser ensayada en posición perpendicular al eje de la boquilla y a una distancia de 75 ± 2.5 mm (3.0 ± 0.1 ") del extremo de ésta. Se asegura el espécimen, con el escudo firmemente adosado en su lugar. Se expone la superficie al chorro de arena durante 1 minuto. Se realiza esta operación en, al menos, ocho puntos diferentes de la superficie del espécimen (Figura 425 - 4).
- 7.2 Se determina el volumen de concreto desgastado, llenando con arcilla de modelar a base de aceite los cráteres formados por la abrasión. La arcilla se debe presionar manualmente dentro de los cráteres ejerciendo una presión moderada con el dedo y luego se nivela con una regla metálica.
- 7.3 Se determina la masa del suministro de arcilla antes y después de llenar los cráteres, en lugar de remover la arcilla de los cráteres.

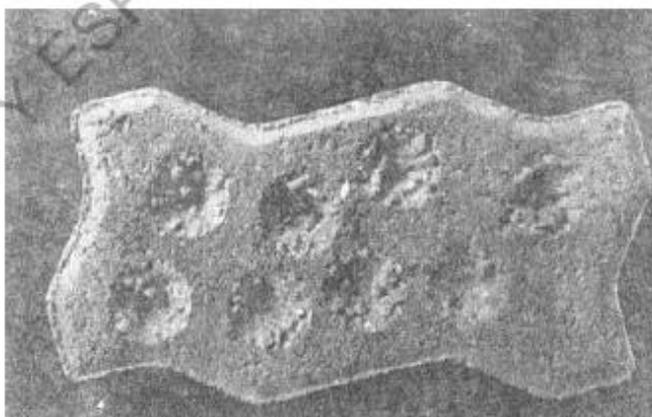


Figura 425 - 4. Cráteres típicos en un adoquín de concreto

- 7.4 Se repite el llenado de los cráteres con arcilla al menos una vez en cada espécimen, para comprobar la reproducibilidad de los resultados.

8 CÁLCULOS

- 8.1 Se calcula la masa de la arcilla empleada para llenar los cráteres, W_c , como sigue:

$$W_c = W_i - W_f \quad [425.1]$$

Donde: W_i : Masa inicial del suministro;

W_f : Masa final del suministro.

- 8.2 Se calcula la gravedad específica de la arcilla, D , con la fórmula:

$$D = \frac{B}{B - C} \quad [425.2]$$

Donde: B : Masa de la arcilla en el aire;

C : Masa de la arcilla en agua.

- 8.3 Se calcula el volumen de arcilla empleada, V , por cráter, en cm^3 , con la fórmula:

$$V = \frac{W}{D} \quad [425.3]$$

Donde: W : Masa de la arcilla en el cráter;

D : Gravedad específica de la arcilla.

Nota 5: Si no se ha determinado separadamente la masa de arcilla empleada para rellenar cada cráter, se calculará el volumen total empleado colocando en el numerador el valor W_c determinado de acuerdo con el numeral 8.1.

- 8.4 Se calcula el coeficiente de pérdida por abrasión en base volumétrica, con el fin de compensar la variabilidad de las densidades de los especímenes, como sigue:

$$A_c = \frac{V}{A} \quad [425.4]$$

Donde: A_c : Coeficiente de pérdida de volumen por abrasión, cm^3/cm^2 ;

A: Área de la superficie desgastada, cm^2 .

Anexo 1. INV E – 415 – 13. Resistencia a la flexión del concreto usando una viga simplemente apoyada cargada en el punto central.

1 OBJETO

- 1.1 Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, empleando una viga simplemente soportada, cargada en el punto central. Este método no constituye una alternativa al descrito en la norma INV E-414.
- 1.2 Esta norma reemplaza la norma INV E-415-07.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1 Este método de ensayo se usa para determinar el módulo de rotura de especímenes preparados y curados de acuerdo con las normas INV E-402 o INV E-420. La resistencia determinada puede variar si existen diferencias en el tamaño del espécimen, la preparación, la condición de humedad o el curado.
- 2.2 Los resultados de este método de ensayo se pueden emplear para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como una base para las operaciones de dosificación, mezcla y colocación del concreto.
- 2.3 Este método de ensayo da lugar a valores de resistencia a la flexión significativamente mayores que los obtenidos mediante el ensayo descrito en la norma INV E-414.

3 EQUIPO

- 3.1 *Máquina de ensayo* – La máquina de ensayo debe cumplir con los requisitos establecidos en el Anexo A de la norma INV E-414. No se permite el uso de máquinas de ensayo operadas a mano, con bombas que no suministren una carga continua en un recorrido. Se permite el uso de bombas manuales o motorizadas de desplazamiento positivo, que tengan suficiente volumen en un solo recorrido continuo para completar un ensayo sin requerir recarga, y que

sean capaces de aplicar las cargas a una velocidad uniforme, sin sacudidas o interrupciones.

3.2 *Aparato de carga* – El mecanismo mediante el cual se aplican las fuerzas al espécimen emplea un bloque de aplicación de carga y dos bloques de soporte del espécimen, de manera de asegurar que todas las fuerzas se aplican perpendicularmente a la cara del espécimen sin excentricidad. En las Figuras 415 - 1 y 415 - 2 se muestran un diagrama y una fotografía de un aparato que cumple con este propósito.

3.2.1 Todos los aparatos para realizar el ensayo de resistencia a la flexión por el método de carga en el punto central deberán ser similares al de la Figura 415 - 1 y deberán mantener constante la longitud de luz libre y la posición del bloque central de carga con respecto a los bloques de soporte, con una tolerancia de ± 1.0 mm (± 0.05 ").

3.2.2 En todo momento durante el ensayo, las reacciones deberán ser paralelas a la dirección de la carga aplicada. La distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y la reacción más cercana, dividida por la altura de la viga, deberá dar como resultado $1.5 \pm 2\%$.

3.2.3 Los bloques de aplicación de carga y de soporte no deben tener más de 65 mm ($2\frac{1}{2}$ " de altura, medida desde el centro o eje del pivote, y se deben extender completamente a través o más allá del ancho total del espécimen. Cada superficie endurecida en contacto con el espécimen no se debe separar de un plano en más de 0.05 mm (0.002") y debe ser una porción de un cilindro cuyo eje debe coincidir con el eje de la varilla o con el centro de la esfera donde pivotea el bloque. El ángulo subtendido por la superficie curva de cada bloque debe ser, al menos, de 45° (0,80 rad).

Los bloques de aplicación de carga y de soporte se deberán mantener en posición vertical y en contacto con la varilla o esfera por medio de tornillos accionados por resorte, que los mantienen en contacto con la barra pivote o esfera. La varilla en el centro del bloque de aplicación de carga, mostrada en la Figura 415 - 1, se puede omitir cuando se use un bloque con rótula.

4 ESPÉCIMEN DE ENSAYO

4.1 El espécimen de ensayo debe cumplir los requisitos de la norma que le sea aplicable entre las siguientes: INV E-402 o INV E-420. Además, debe tener una

luz libre entre apoyos igual a tres veces su altura, con una tolerancia de 2 %. Los lados de la viga deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies deben ser lisas y libres de huellas, muescas, agujeros o inscripciones.

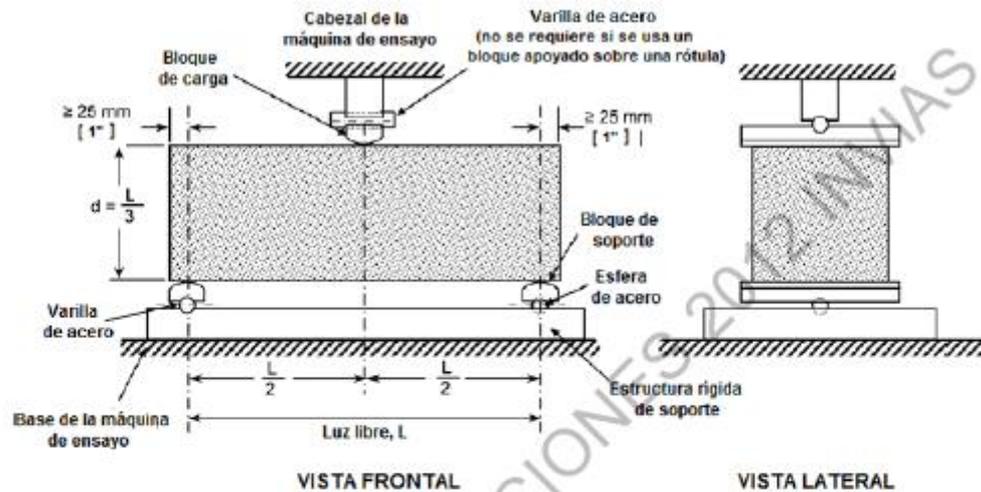


Figura 415 - 1. Diagrama de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz



Figura 415 - 2. Equipo para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz

5 PROCEDIMIENTO

- 5.1 Los ensayos de flexión sobre especímenes curados en húmedo se deben realizar tan pronto como sea posible luego de su remoción del sitio de curado. El secado de la superficie del espécimen se traduce en una reducción de la resistencia a flexión medida.
- 5.2 Se gira la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de soporte. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se pone el bloque de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en el punto medio entre los bloques de soporte y se aplica una carga entre el 3 % y el 6 % de la carga última estimada. Utilizando calibradores normalizados de lámina, de 0.1 mm (0.004") y de 0.40 mm (0.015"), se determina si se presenta algún vacío entre el espécimen y los bloques de carga o de soporte, mayor o menor al espesor de los calibradores, en una longitud de 25 mm (1") o mayor. Mediante esmerilado, refrentado o la colocación de láminas de cuero sobre la superficie del espécimen, se elimina cualquier vacío mayor de 0.1 mm (0.004"). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6 mm (¼") y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2"), y se deben extender a través del ancho total del espécimen. Los vacíos mayores de 0.40 mm (0.015") se deben eliminar solo por refrentado o esmerilado de la superficie. El esmerilado de las superficies laterales del espécimen se debe minimizar, ya que puede variar sus características físicas y afectar los resultados del ensayo. Si se opta por el refrentado, se deberá aplicar de acuerdo con la norma INV E-403.
- 5.3 La carga se debe aplicar de manera continua sin cambios bruscos de velocidad, a una rata que incremente constantemente el esfuerzo sobre la cara en tensión entre 0,9 y 1.2 MPa/min (125 y 175 lbf/pg²/min), hasta que ocurra la rotura. La velocidad de carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{2 S b d^2}{3 L} \quad [415.1]$$

- Donde: r: Velocidad de carga, N/min (lbf/min);
- S: Rata del incremento en el esfuerzo máximo sobre la cara en tensión, MPa/min (lbf/pg²/min);
- b: Ancho promedio del espécimen como se ha orientado para el ensayo, mm (pg.);
- d: Altura promedio del espécimen como se ha orientado para el ensayo, mm (pg.);

7 CÁLCULOS

7.1 El módulo de rotura se calcula con la ecuación:

$$R = \frac{3 P L}{2 b d^2} \quad [415.2]$$

- Donde: R: Módulo de rotura, MPa (lbf/pg²);
- P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N (lbf);
- L: Luz libre entre apoyos, mm (pg.);
- b: Ancho promedio del espécimen en el sitio de la fractura, mm (pg.);
- d: Altura promedio de la muestra en el sitio de la fractura, mm (pg.).

Apéndice C. Diseño De Mezclas.

Datos de los materiales:

Agregado grueso	
Humedad	2.06
Absorción	7.553
Densidad	4.759
TMN	¾"
Agregado grueso	
Humedad	6.42
Absorción	1.66
Densidad	2.66 kg/m ³
Cemento	
Densidad	2843
Agua	
Densidad	1000
Arcilla	
Humedad	17.262
Ceniza volante	
Humedad	8.70

Apéndice D. Asentamiento del concreto.

Elección del asentamiento: Los valores de asentamientos que se recomiendan según el uso que se le dará a la mezcla, para este caso se toma losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano, que tiene unos rangos de asentamiento entre 5 y 10 cm, el asentamiento escogido es de 8 cm manejando un promedio entre ambos rangos (Asocreto 2010).

Asentamiento (cm)	Consistencia (Tipo de concreto)	Grado de Trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0 - 2,0	Muy seca	Muy pequeño	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formaleta
2,0 - 3,5	Seca	Pequeño	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3,5 - 5,0	Semi - seca	Pequeño	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración Fundaciones en concreto simple Pavimentos con vibradores normales
5,0 - 10,0	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración
10,0 - 15,0	Húmeda	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración.

Apéndice E. Agua para la mezcla.

Cantidad de agua de la mezcla: Establece valores de agua recomendados por el método ACI basándonos en el asentamiento previamente elegido (8 cm), TMN del agregado grueso (3/4") y el contenido de aire, en este caso sería concreto sin aire incluido. A partir de dichos datos, se obtiene 200 kg de agua por metro cúbico de concreto (Asocreto, 2010).

Condición del contenido de aire	Asentamiento cm	Agua en kg/m ³ de concreto para los TMN del agregado indicados							
		10	12,5	20	25	40	50	70	150
		--	--	--	--	--	--**	--**	--**
Concreto sin aire incluido	3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
Concreto sin aire incluido	15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	--
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido	3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
	8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
	15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	--
	Promedio recomendable de contenido total de aire por ciento	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

* Estas cantidades de agua de mezclado deben utilizarse en los cálculos de los factores de cemento para mezclas de prueba. Son las máximas para agregados gruesos angulares razonablemente bien formados graduados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.

** Los valores de asentamiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de asentamiento efectuado después de remover las partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo.

Apéndice F. Relación Agua/Cemento.

Relación Agua/Cemento: Este valor es uno de los principales a tener en cuenta, puesto que con este se determina la resistencia del concreto y la durabilidad, los dos parámetros más importantes del concreto. En la figura 28 se tienen los valores de la relación agua/cemento para obtener una resistencia esperada de 21 MPa o 210 kg/cm², dicho valor es de 0.58 (Asocreto, 2010).

Resistencia a la compresión a los 28 días en kg/cm ² (psi)	Concreto sin incluir de aire	Concreto con incluir de aire
	Relación absoluta por peso	Relación absoluta por peso
175 (2 500)	0,65	0,56
210 (3 000)	0,58	0,50
245 (3 500)	0,52	0,46
280 (4 000)	0,47	0,42
315 (4 500)	0,43	0,38
350 (5 000)	0,40	0,35

Cantidad de cemento: El cálculo de cantidad de cemento por metro cúbico de concreto se obtiene por medio de la ecuación mostrada a continuación:

$$C = \frac{a}{\frac{a}{c}}$$

Dónde: C: Contenido de cemento, a: Contenido de agua y a/c: Relación agua/cemento. Reemplazando los valores previamente hallados se obtiene:

$$C = \frac{200 \text{ Kg}}{0.58} = 344.87 \text{ Kg}$$

Porcentaje y cantidad de agregados para la muestra: Para obtener un excelente concreto se debe contar con unos óptimos agregados, y a partir de estos, tener su granulometría para así conocer sus proporciones y que este cumpla con los parámetros que se requieren.

Los resultados obtenidos de la granulometría de los agregados fue establecida por la norma NTC 77 “Métodos para el análisis por tamizado de agregados finos y gruesos” a partir de esta norma se basó también en la norma NTC 174 “Especificaciones de los agregados para concreto” donde en la Tabla X, Tabla Y, y la figura anterior, observamos que la granulometría obtenida no cumple con las especificaciones de la NTC 174.

Tabla X. Granulometría recomendada para el agregado fino según la NTC 174.

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8"	100
No.4	95 – 100
No.8	80 – 100

No.16	50 – 85
No.30	25 – 60
No.50	10 – 30

Tabla Y. Granulometría obtenida por la norma NTC 77.

Tamiz	% Pasa
3/4"	100
1/2"	100
3/8"	92,45
No.4	84,46
No.8	75,48
No.16	63,06
No.30	39,35
No.50	22,20

Apéndice G. Granulometría recomendada para el Agregado Grueso.

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	-	-	0-5	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-80	-	0-10	0-5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: Obtenido de Asocreto (2010).

Una vez comprobado que es necesario emplear el método propuesto por la RNL debido a la granulometría disponible, se procede a escoger los límites de análisis propuestos por Fuller y Thompson en la tabla 7 teniendo en cuenta el Tamaño máximo del agregado grueso es de 1 1/2".

Posteriormente se utiliza el método gráfico, el cual consiste en lo siguiente:

1. Se dibuja un cuadro de 10 divisiones en ordenadas y 10 divisiones en abscisas.
2. Se enumeran los ejes de las ordenadas de abajo hacia arriba de 0 a 100 y los ejes de las abscisas, el superior de 0 a 100 de izquierda a derecha y el inferior de derecha a izquierda, de este modo cualquier valor de arriba sumado al correspondiente valor de abajo da 100.
3. Se escoge el eje superior como eje de porcentajes de arena y al inferior como eje de porcentajes de grava.
4. Sobre el eje de las ordenadas correspondientes al 100% de la arena se coloca la granulometría de la arena y sobre el eje correspondiente al 100% de la grava se coloca la granulometría de dicho material.
5. Se unen por medio de líneas rectas los puntos correspondientes a cada tamiz en las dos granulometrías. Se tienen entonces líneas inclinadas que representan los posibles porcentajes de mezcla de agregados que pueden pasar por cada uno de los tamices.
6. Se traza un eje vertical que separe los puntos hallados en igual cantidad a izquierda y derecha. A este eje le corresponde un porcentaje de arena y un porcentaje de grava que representa la mezcla óptima (Asocreto, 2010).

Apéndice H. Límites de análisis según Fuller y Thompson.

Tamiz		Límite de los porcentajes que pasan los siguientes tamaños máximos									
pulg	mm	90,6 mm (3½")	76,1 mm (3")	64,0 mm (2½")	50,8 mm (2")	38,1 mm (1½")	25,4 mm (1")	19,0 mm (¾")	12,7 mm (½")	9,51 mm (⅜")	
3½	90,6	100									
3	76,1	94 91	100								
2½	64,0	89 83	94 91	100							
2	50,8	82 73	87 80	92 88	100						
1½	38,1	74 62	78 68	83 75	90 85	100					
1	25,4	64 50	68 55	72 60	78 68	87 80	100				
¾	19,0	58 42	62 47	65 51	71 58	78 68	90 85	100			
½	12,7	50 34	53 37	57 41	62 47	68 55	78 68	87 80	100		
⅜	9,51	45 29	48 32	51 35	56 40	62 47	71 58	78 68	90 85	100	
No. 4	4,76	36 20	38 22	40 24	44 27	48 32	56 40	62 47	71 58	78 68	
No. 8	2,36	28 13	30 15	32 16	34 18	38 22	44 27	48 32	55 40	61 46	
No.16	1,18	22 9	23 10	25 11	27 13	30 15	34 18	38 22	44 27	48 32	
No. 30	600μ	17 6	18 7	20 8	21 9	23 10	27 13	30 15	34 19	38 22	
No. 50	300μ	14 4	14 4	15 5	17 8	18 7	21 9	23 10	27 13	30 15	
No. 100	150μ	11 3	11 3	12 4	13 4	14 5	17 6	18 7	21 9	23 10	

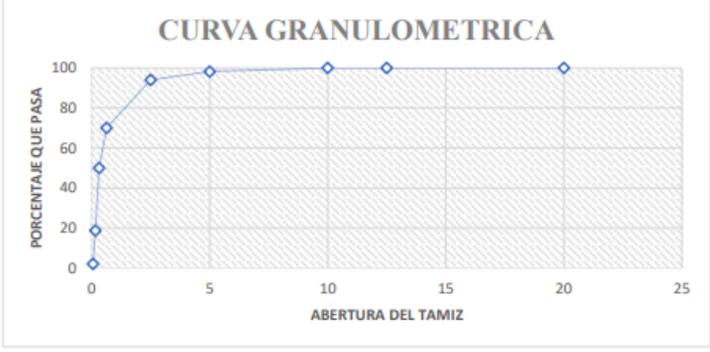
Ademas, se considera la siguiente Tabla R, obtenida de Asocreto, (2010).

Tabla R. Granulometría obtenida por la norma NTC 77.

Tamiz	% Pasa
1 1/2"	100
1"	98.85994317
3/4"	95.65757457
1/2"	55.23660433
3/8"	32.70942163
No.4	4.825673399
No.8	3.811533291
Fondo	0

Se planteó inicialmente una dosificación de mezcla 1:2:3 debido a que esta es la convencional a la hora de realizar adoquines y edificaciones, a pesar de que se realizó el estudio de los agregado grueso y fino se apreció que no cumplían con las propiedades necesarias para un adecuado diseño de mezclas según los límites preestablecidos, y por consiguiente se ejecutó con la dosificación 1:2:3.

Apéndice I. Resultado ensayos de laboratorio de caracterización física de los agregados.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.			 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigitada Mineducación NIT. 800 163 130 - 0		
FECHA: 11/08/2021		MUESTRA: ARCILLA			
NORMA: NTC 77 Metodos para ñ analisis por tamizado de los agregados finos y gruesos					
Tamaño Maximo: 3/8"			Tamaño Maximo Nominal: No. 4		
Peso Muestra: 6,85 gr					
TAMIZ	ABERTURA(mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	%RETENIDO ACOMULADO	%PASA
3/4"	20	0	0	0	100
1/2"	12,5	0	0	0	100
3/8"	10	0	0,00	0,00	100,00
No.4	5	0,12	1,77	1,77	98,23
No.8	2,5	0,28	4,12	5,89	94,11
No.30	0,63	1,63	24,01	29,90	70,10
No.40	0,315	1,36	20,03	49,93	50,07
No.100	0,16	2,12	31,22	81,15	18,85
No.200	0,058	1,13	16,64	97,79	2,21
Fondo		0,15	2,21	100,00	0,00
<i>TOTAL:</i>		<i>6,79</i>	<i>100</i>		
					
Modulo De Finura:		<u>2,664212077</u>			
RESUMEN:	<p>Se tuvo que poner a lavar la muestra de agregado para así disolver todo material cohesivo que se encontrara en la muestra que no nos permitiera realizar la granulometría de una manera adecuada, luego secarlo para así proceder a realizar el tamizado por medio de los tamices.donde se separa a través de una serie de tamices de abertura progresivamente más reducidas para la detemrnación de la distribución de los tamaños de las partículas.</p>				

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO
CON EL USO DE ADITIVOS.

**Universidad Francisco
de Paula Santander**
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

FECHA: 19/08/2021 MUESTRA: AGREGADO FINO (CENIZA)
NORMA: NTC 77 Metodos para el analisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.

Tamaño Maximo: 3/8"

Tamaño Maximo Nominal: N°4

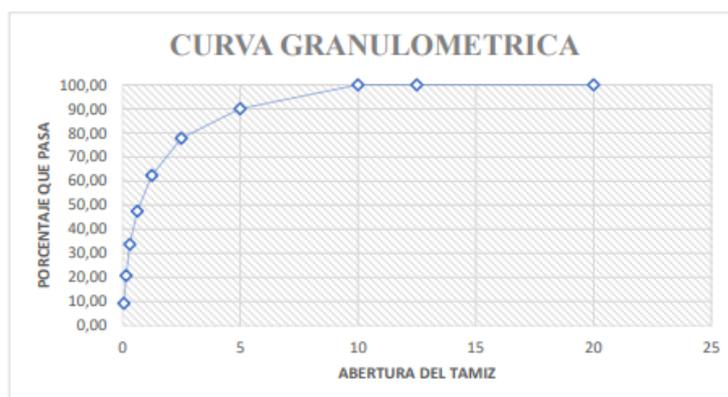
Peso Muestra: 2000gr

TAMIZ	ABERTURA(mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	%RETENIDO ACOMULADO	%PASA
3/4"	20	0	0	0	100,00
1/2"	12,5	0	0	0	100,00
3/8"	10	0	0,00	0,00	100,00
No.4	5	197,4	9,87	9,87	90,13
No.8	2,5	245,8	12,29	22,16	77,84
No.16	1,25	309,1	15,46	37,62	62,39
No.30	0,63	297,4	14,87	52,49	47,52
No.50	0,315	275,2	13,76	66,25	33,76
No.100	0,16	259,4	12,97	79,22	20,79
No.200	0,058	230,5	11,53	90,74	9,26
Fondo		185,2	9,26	100,00	0,00

TOTAL:

2000

100



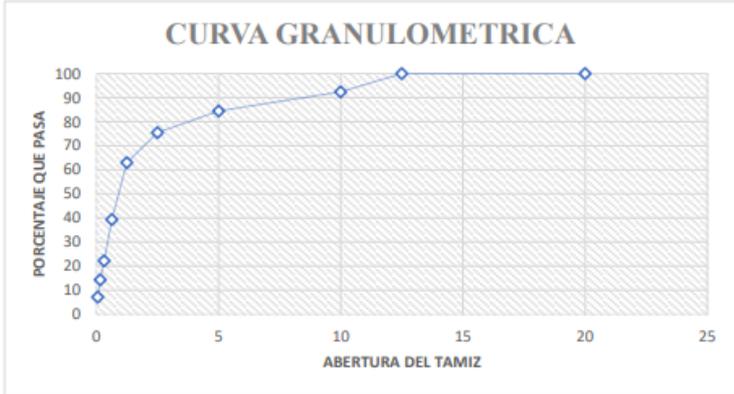
Modulo De Finura: 3,5833

RESUMEN:

Una muestra de agregado seco previamente pesada, se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más reducidas para la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.				 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigilada Mineducación NIT. 800 163 130 - 0	
FECHA: 19/08/2021		MUESTRA: AGREGADO FINO (ARENA)			
NORMA: NTC 77 Metodos para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos					
Tamaño Maximo: 1/2"			Tamaño Maximo Nominal: 3/8"		
Peso Muestra: 2680gr					
TAMIZ	ABERTURA(mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	%RETENIDO ACOMULADO	%PASA
3/4"	20	0	0	0	100
1/2"	12,5	0	0	0	100
3/8"	10	197,3	7,55	7,55	92,45
No.4	5	208,7	7,99	15,54	84,46
No.8	2,5	234,5	8,98	24,52	75,48
No.16	1,25	324,5	12,42	36,94	63,06
No.30	0,63	619,4	23,71	60,65	39,35
No.50	0,315	448,1	17,15	77,80	22,20
No.100	0,16	203,1	7,77	85,57	14,43
No.200	0,058	189,4	7,25	92,82	7,18
Fondo		187,5	7,18	100,00	0,00
<i>TOTAL:</i>		2612,5	100		

CURVA GRANULOMETRICA



Modulo De Finura: 4,013894737

RESUMEN: Una muestra de agregado seco previamente pesada, se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más reducidas para la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas.

Gradación del agregado Fino.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO
CON EL USO DE ADITIVOS.

UFP Universidad Francisco
de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

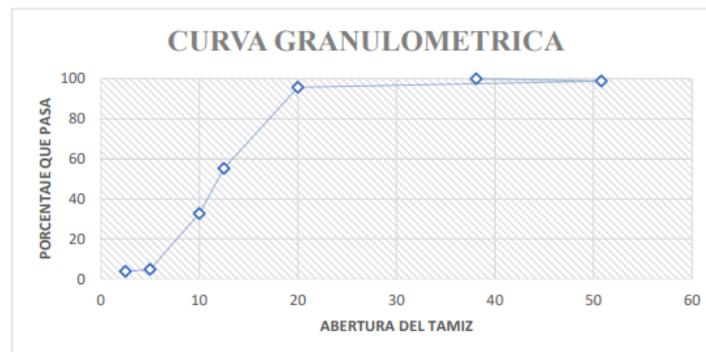
FECHA: 19/08/2021 MUESTRA: TRITURADO
NORMA: NTC 77 Metodos para el analisis por tamizado de los agregados finos y gruesos

Tamaño Maximo: 1 1/2" Tamaño Maximo Nominal: 3/4"

Peso Muestra: 6073 g

TAMIZ	ABERTURA(mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	%RETENIDO ACOMULADO	%PASA
1 1/2"	38,1	0	0,00	0,00	100
1"	50,8	67	1,14	1,140	98,86
3/4"	20	188,2	3,20	4,34	95,66
1/2"	12,5	2375,5	40,42	44,76	55,24
3/8"	10	1323,9	22,53	67,29	32,71
No.4	5	1638,7	27,88	95,17	4,83
No.8	2,5	59,6	1,01	96,19	3,81
Fondo		224	3,81	100,00	0,00

TOTAL: 5876,9 100



Modulo De Finura: 3,088992496

RESUMEN: Una muestra de agregado seco secado previamente se separa a través de una serie de tamices de abertura progresivamente más reducidas para la detemernación de la distribución de los tamaños de las partículas.

Gradación del agregado Grueso.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.		 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Ocaña - Colombia Vigilada Mineducación</small> NIT: 800 163 130 - 0	
Fecha:	9/08/2021	Muestra:	Agregado fino, grueso, arcilla y ceniza volante.
Norma:	NTC 1776 Métodos de ensayo para determinar por el secado el contenido de humedad de los agregados		
AGREGADO FINO			
PRUEBA No.	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	193	188	191
Recipiente + suelo húmedo	1193	1198	1194
Recipiente + suelo seco	1129,3	1130,8	1131,5
Peso del suelo húmedo	1000	1010	1003
Peso del suelo seco	936,3	942,8	940,5
Peso del agua	63,7	67,2	62,5
Contenido de humedad (%)	6,37	6,65	6,23
Humedad Promedio (%)	6,42		
AGREGADO GRUESO			
Prueba No.	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	193	188	197
Recipiente + suelo húmedo	6193	6199	6198
Recipiente + suelo seco	6073	6070	6076
Peso del suelo húmedo	6000	6011	6001
Peso del suelo seco	5880	5882	5879
Peso del agua	120	129	122
Contenido de humedad (%)	2,00	2,15	2,03
Humedad promedio (%)	2,06		
CENIZA VOLANTE			
Prueba No.	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	190,1	194	198
Recipiente + suelo húmedo	699,8	703	696,4
Recipiente + suelo seco	655,3	660,3	651,7
Peso del suelo húmedo	509,7	509	498,4
Peso del suelo seco	465,2	466,3	453,7
Peso del agua	44,5	42,7	44,7
Contenido de humedad (%)	8,73	8,39	8,97
Humedad promedio (%)	8,70		
ARCILLA			
Prueba No.	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	182	190,1	194
Recipiente + suelo húmedo	784,8	785,9	788,3
Recipiente + suelo seco	679,4	684,7	685,4
Peso del suelo húmedo	602,8	595,8	594,3
Peso del suelo seco	497,4	494,6	491,4
Peso del agua	105,4	101,2	102,9
Contenido de humedad (%)	17,48506967	16,98556563	17,31448763
Humedad promedio (%)	17,262		

Humedad de los agregados.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.

FECHA: 3/09/2021

MUESTRA: AGREGADO FINO (ARENA) Y GRUESO

NORMA: NTC 92 Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de los agregados.

AGREGADO FINO			
PRUEBA No.	1	2	3
Diametro (m)	0,15125	0,15125	0,15125
Altura (m)	0,165	0,165	0,165
Volumen (m ³)	0,002964	0,002964	0,002964
Peso Molde (kg)	6,957	6,957	6,957
Molde + Muestra (kg)	11,624	11,576	11,716
Masa Unitaria Por Apisonamiento (Kg/m ³)	1574,561404	1558,367072	1605,60054
Masa Unitaria Promedio (Kg/m ³)	1579,510		
Vacios Entre Particulas De Agregados %			

AGREGADO GRUESO			
PRUEBA No.	1	2	3
Diametro (m)	0,15125	0,15125	0,15125
Altura (m)	0,165	0,165	0,165
Volumen (m ³)	0,002964	0,002964	0,002964
Peso Molde (kg)	7,498	7,498	7,498
Molde + Muestra (kg)	12,113	12,103	12,117
Masa Unitaria Por Apisonamiento (Kg/m ³)	1557,017544	1553,643725	1558,367072
Masa Unitaria Promedio (Kg/m ³)	1556,343		
Vacios Entre Particulas De Agregados %			

La masa unitaria es el termino usado tradicionalmente para describir la propiedad determinada en esta norma. Aunque algunos consideran que los terminos peso unitario, densidad o densidad volumetrica resultan mas apropiados, no existen aun un acuerdo general sobre el tema. Esta norma determina la masa unitaria en dondicion compactada o suelta y el calculo de los vacios entre particulas de agregado fino, grueso o mezclados. esta norma se aplica a agregados que no exceden los 150mm de tamaño maximo nominal.

Masa unitaria y vacío entre partículas.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.		 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Ocaña - Colombia Vigilada Mineducación</small> NIT. 800 163 130 - 0	
Fecha: 3/09/2021		Muestra: Agregado fino y grueso	
Norma: NTC 176 Métodos de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso			
Recipiente	Peso (gr)		
Tara	182,2		
Molde sumergido	459,5		
		Molde + muestra	Muestra
Antes del lavado (gr)		4119,4	3937,2
Sumergida (C) (gr)		3799	3000
Superficialmente seca (B) (gr)		4489,4	4117,2
Seca al horno (A) (gr)		4174,1	3838,2
Densidad aparente	3,43555317		
Densidadsss	3,68528464		
Densidad nominal	4,57909807		
Densidad	4,579098 g/cm ³		
Absorción	7,55372416		
<p>Este método de ensayo tiene por objeto determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. La densidad se puede expresar como densidad aparente, densidad aparente (SSS) (saturada y superficialmente seca), o densidad nominal. La densidad nominal (SSS) y la absorción se basan en el humedecimiento en agua del agregado después de 24 h. Este método de ensayo no está previsto para ser usado con agregados livianos. (ICONTEC, 1995)</p>			
<p>RESUMEN: Una muestra de agregado se sumerge en agua durante 24 h aproximadamente para saturar los poros. Luego se remueve el agua y se seca la superficie de las partículas, y se determina su masa. Posteriormente, la masa de la muestra es determinada y sumergida en el agua. Finalmente, la muestra es seca al horno y se determina su masa una tercera vez. Se usan las masas obtenidas y con las formulas de este método de ensayo, se calculan tres tipos de densidad y la absorción (ICONTEC, 1995)</p>			

Densidad y absorción agregado grueso.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL MEJORAMIENTO DE
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO CON EL USO DE ADITIVOS.

Fecha: 10/09/2021 **Muestra:** Agregado fino y grueso

Norma: NTC 237 Métodos de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino

Datos de ensayo	Valor
Peso picnómetro (gr)	152,78
Volumen picnómetro (ml)	500
Temperatura Agua ensayo (°C)	24
Molde (gr)	183,72
Peso de la arena superficialmente seca	
Factor de corrección K	0,991
Peso tara + agua + material (gr)	809,58
Peso picnómetro + agua (gr)	666,29
Peso picnómetro + agua + suelo (gr)	710,2
Peso suelo seco + molde (gr)	253,7
Gravedad específica (Kg/m ³)	
Densidad aparente	2,612559677
Densidad nominal	2,684311469
Peso material saturado	43,91
Peso superficialmente seca	71,14
Peso material seco	69,98
Densidad	2,660152666
Absorción %	1,66

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad aparente y nominal, a una condición de temperatura de 23 °C ± 2 °C y la absorción del agregado fino. Este método de ensayo determina (después de 24 h en agua) la densidad aparente, la densidad nominal y la absorción según se define en la NTC 385 Terminología del Cemento y Concreto. (ICONTEC, 1995)

Densidad y absorción agregado fino.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO Y ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CEMENTO
CON EL USO DE ADITIVOS.

 **Universidad Francisco
de Paula Santander**
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

Fecha: 1/10/2021

Muestra: Adoquines

Norma: Este método de ensayo cubre la determinación de la absorción en
adoquines de concreto NORMA (ASTM-C140-06)

Adoquin	Peso saturado	Peso seco	% Absorción
1	3969,8	3613,1	9,872408735
2	3951,1	3689	7,104906479
3	4202,4	3905,1	7,613121303
4	4090,5	3823,8	6,974737172
5	3802,2	3505,9	8,451467526
6	3954,2	3685	7,305291723
7	3815,5	3535,1	7,931883115
8	4017,2	3731,7	7,650668596
9	3884,3	3592,8	8,11344912
10	4248	3939,9	7,819995431

Absorción en adoquines de concreto.

Apéndice J1. Formatos de ensayos de compresión en adoquines de concreto.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011
Dependencia	Aprobado		Pág.
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

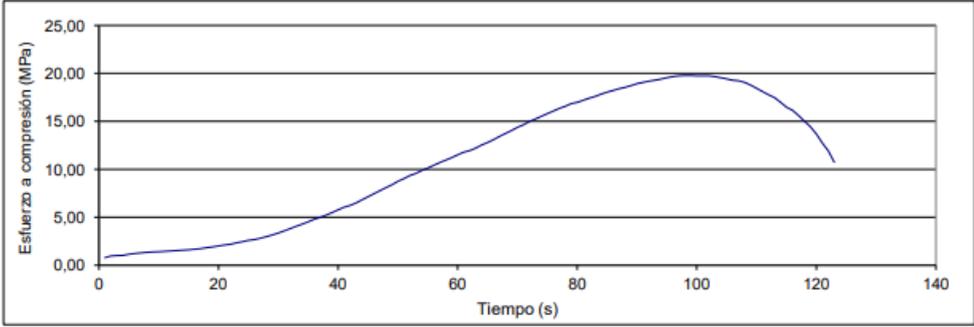
Ensayo No.: 1-A
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
 Descripción:
 Procedencia:

Número de la Muestra: N.A
 Fecha de muestreo: 19/08/2021
 Fecha recepción:

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo _____ 0.51 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,12									
Lado B (mm)	100,10									
Lado C (mm)	79,40									
Area (mm ²)	20032,01									
Carga Máxima (kN)	395,50									
Resistencia a la compresión (MPa)	19,78									



Esfuerzo a compresión (MPa)

Tiempo (s)

Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

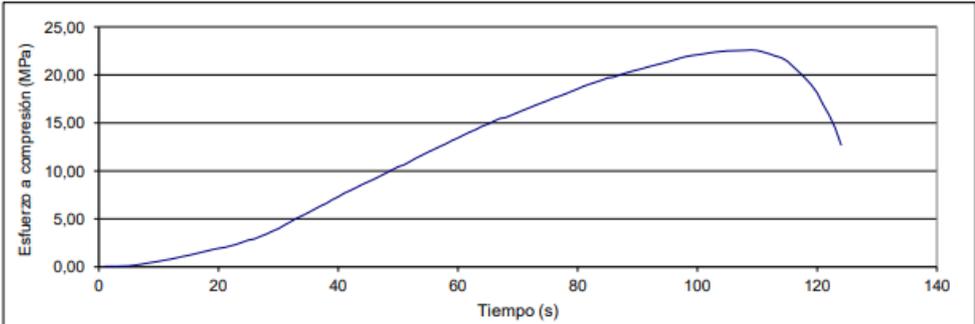


ISO 9001

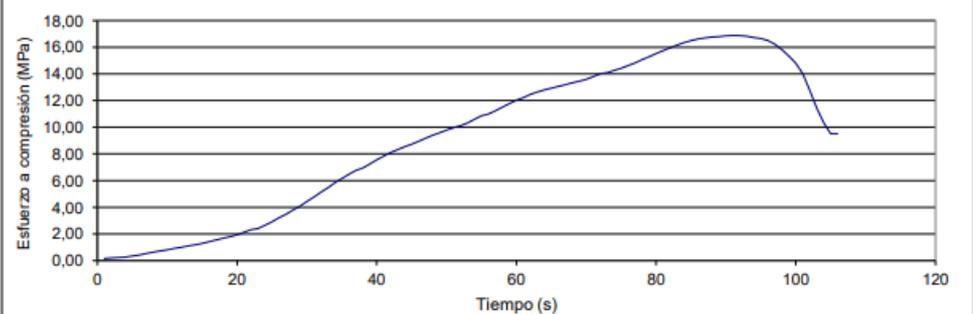


ICNet

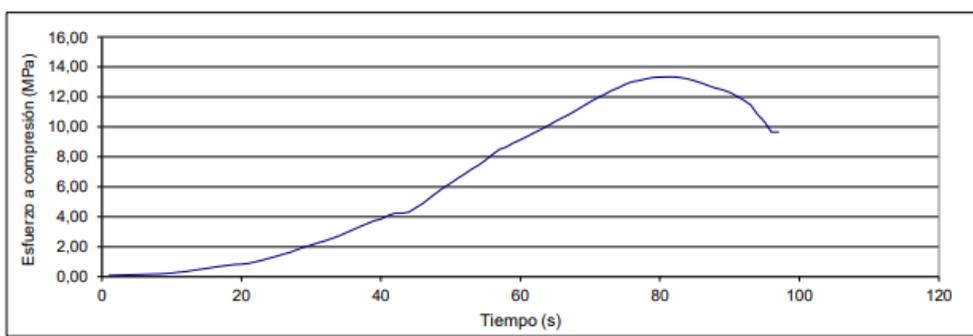
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 0088 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

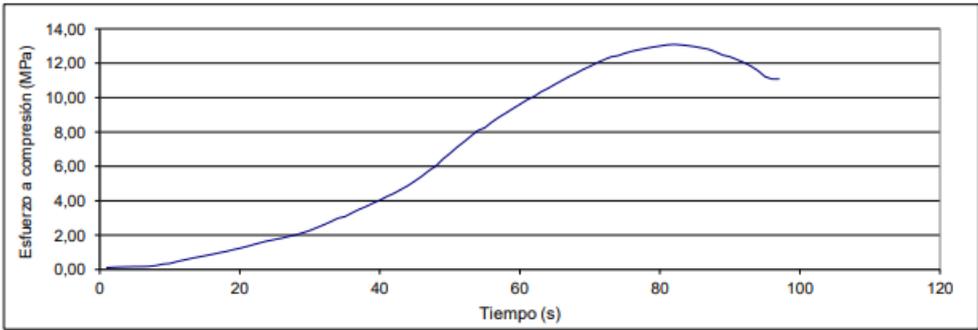
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
Dependencia	Aprobado		Revision							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A							
			Pág.							
			1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 1-B								
		Fecha: 02/11/2021								
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A									
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 19/08/2021									
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo 0.5 kN/s									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,89									
Lado B (mm)	100,15									
Lado C (mm)	80,00									
Area (mm²)	20018,98									
Carga Máxima (kN)	452,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	22,61									
										
Observaciones: _____										

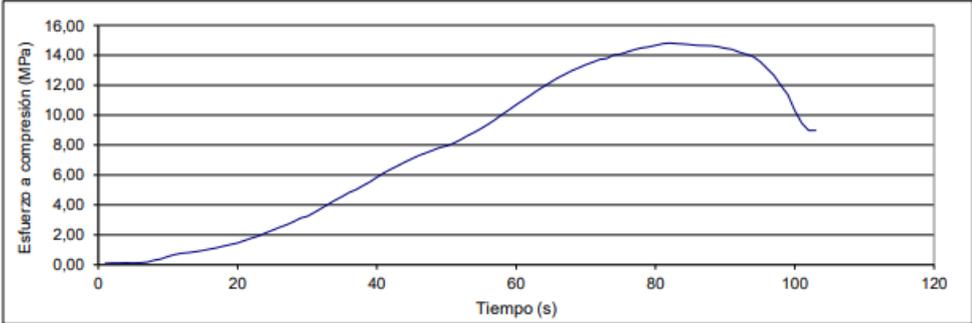
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
				Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento				Codigo		Fecha		Revision	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				F-AC-LRE-002		10-11-2011		A	
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia		Aprobado		Pág.	
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 1-C				
						Fecha: <u>02/11/2021</u>				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: #1-c Fecha de muestreo: 19/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL			MPa			Vel de ensayo			0.5 kN/s	
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	198,96									
Lado B (mm)	100,04									
Lado C (mm)	81,20									
Área (mm ²)	19903,96									
Carga Máxima (kN)	337,70									
Resistencia a la compresión (MPa)	16,89									
										
Observaciones: _____										

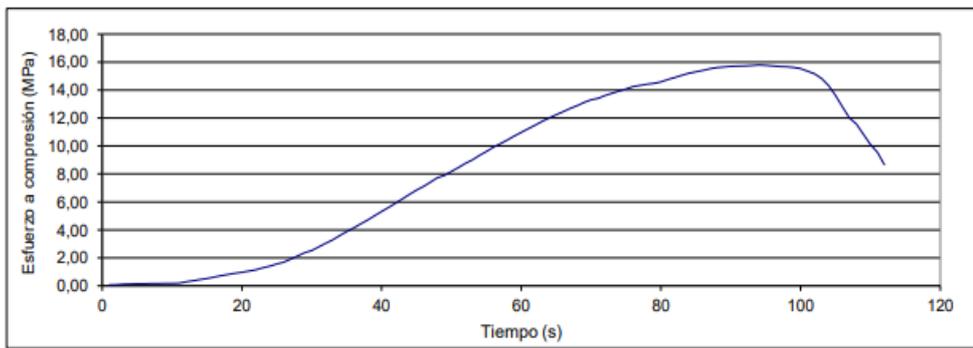
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.				
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN			No. se serie: 109			Calibración: 09/11/2017	
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

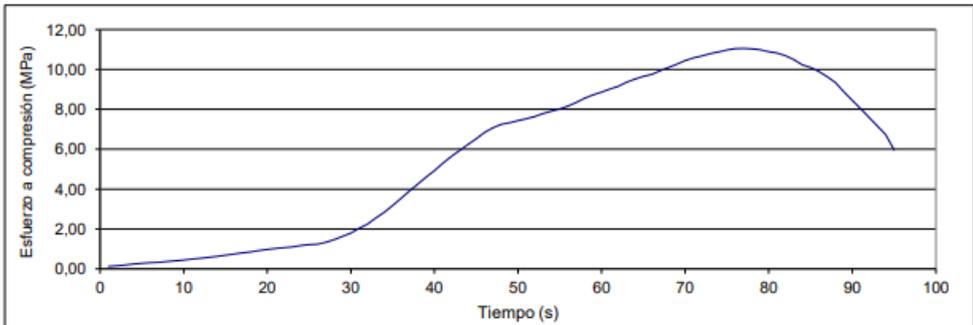
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA											
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			Documento	Código	Fecha	Revision				
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A				
					DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Aprobado		Pág.	1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)											
					Ensayo No.: 1-D Fecha: 02/11/2021						
Ciente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:					Número de la Muestra: N.A Fecha de muestreo: 19/08/2021 Fecha recepción:						
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo 0.5 kN/s											
	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Dimensiones										
	Lado A (mm)	200,45									
	Lado B (mm)	99,80									
	Lado C (mm)	78,93									
	Área (mm ²)	20004,91									
	Carga Máxima (kN)	266,70									
	Resistencia a la compresión (MPa)	13,34									
											
Observaciones: _____ _____ _____											
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN			No. se serie: 109			Calibración: 09/11/2017		
		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co									

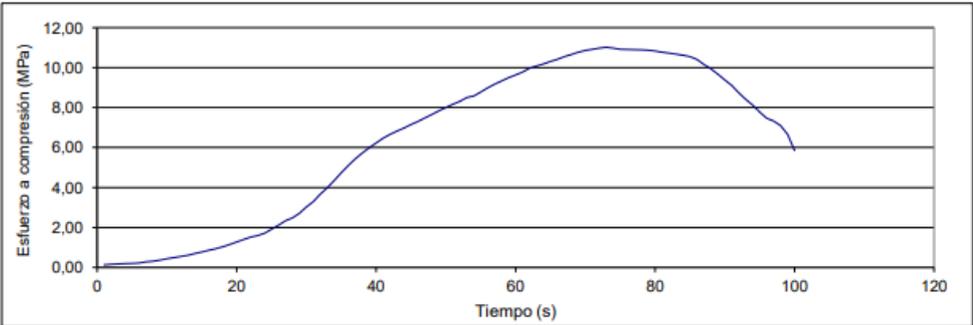
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 1-E																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A																																																																																										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 19/08/2021																																																																																										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo 0.5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>20047,02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>261,90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>13,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,13										Lado B (mm)	100,17										Lado C (mm)	80,15										Area (mm ²)	20047,02										Carga Máxima (kN)	261,90										Resistencia a la compresión (MPa)	13,10												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,13																																																																																										
Lado B (mm)	100,17																																																																																										
Lado C (mm)	80,15																																																																																										
Area (mm ²)	20047,02																																																																																										
Carga Máxima (kN)	261,90																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	13,10																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias																																																																																											
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García Ph.D.																																																																																											
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017																																																																																											
																																																																																											
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																											

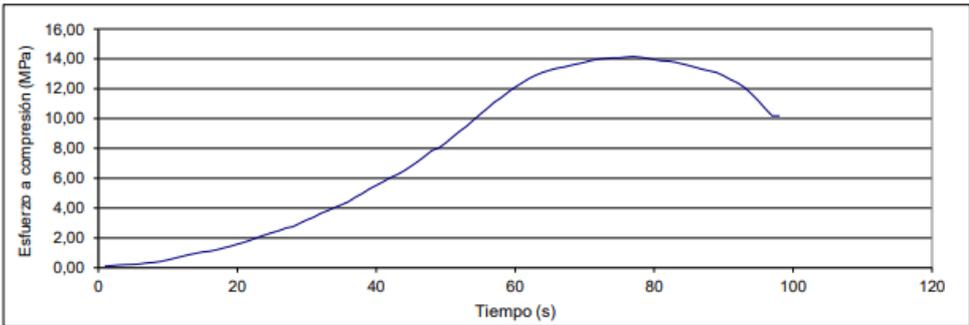
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 1-F																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A																																																																																										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 19/08/2021																																																																																										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0,5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,05</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>20000,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>296,30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>14,82</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,00										Lado B (mm)	100,00										Lado C (mm)	80,05										Area (mm ²)	20000,00										Carga Máxima (kN)	296,30										Resistencia a la compresión (MPa)	14,82												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,00																																																																																										
Lado B (mm)	100,00																																																																																										
Lado C (mm)	80,05																																																																																										
Area (mm ²)	20000,00																																																																																										
Carga Máxima (kN)	296,30																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	14,82																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											

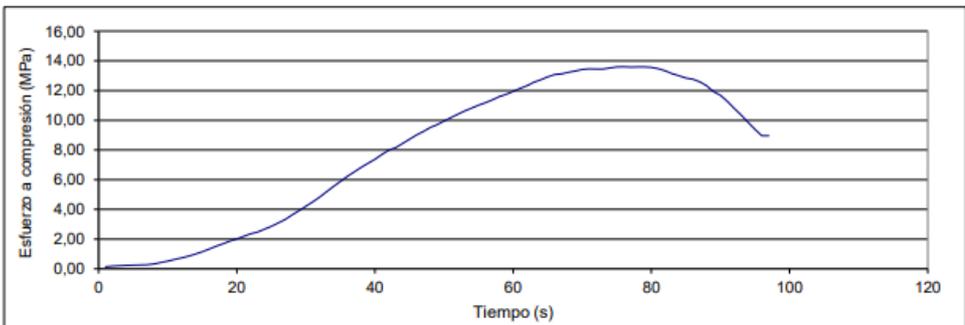
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias		Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																									
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.	Rango: 1000 kN	No. se serie: 109	Calibración: 09/11/2017																																																																																								
 	Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																										

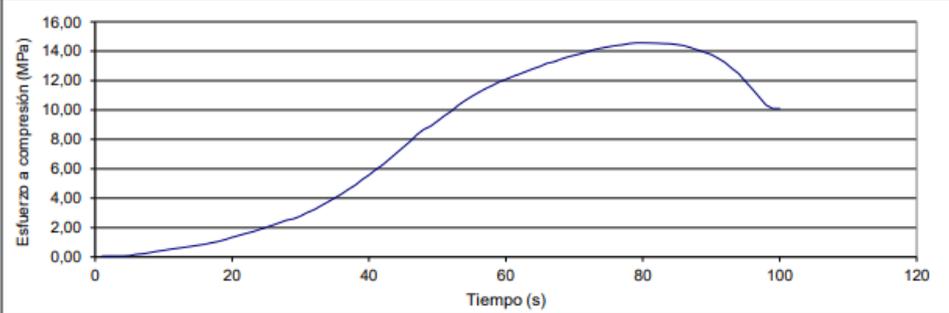
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revisión							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Pág. 1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 1-G								
		Fecha: 02/11/2021								
Ciente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A									
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 19/08/2021									
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo 0.5 kN/s									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,89									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,08									
Área (mm ²)	19989,00									
Carga Máxima (kN)	315,90									
Resistencia a la compresión (MPa)	15,80									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017										
										
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento		Codigo		Fecha		Revision			
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002		10-11-2011		A			
	Dependencia		Aprobado		Pág.					
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)						
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 2-A				
						Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETOS-ARCILLAS-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 19/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL		MPa		Vel de ensayo		0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,14									
Lado B (mm)	100,45									
Lado C (mm)	80,21									
Area (mm ²)	20102,05									
Carga Máxima (kN)	221,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	11,06									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN			No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017		
		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co								

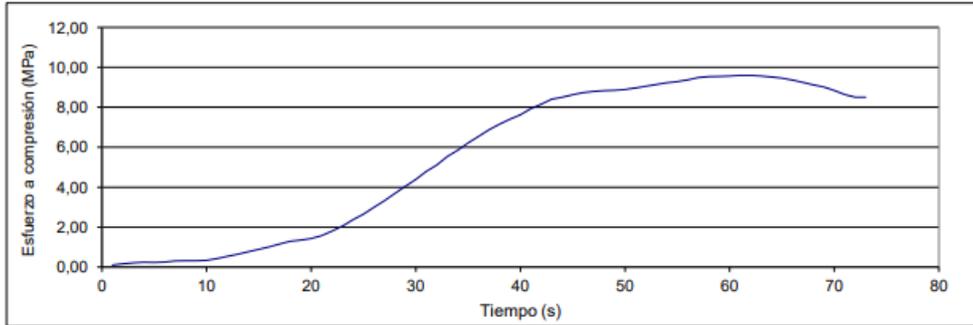
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revisión		
					F-AC-LRE-002	10-11-2011	A			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	Aprobado	Pág.			
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)				
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 2-B				
						Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 19/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,20									
Lado B (mm)	99,47									
Lado C (mm)	80,14									
Area (mm²)	19913,89									
Carga Máxima (kN)	220,30									
Resistencia a la compresión (MPa)	11,02									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García Ph.D.				
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

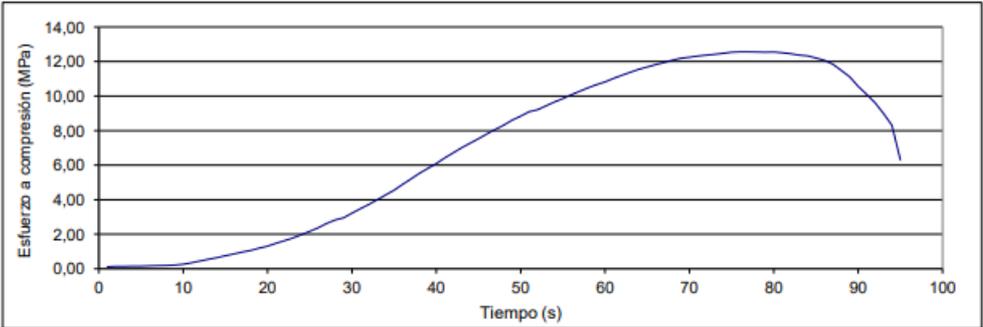
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																																		
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revision																																																																																										
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A																																																																																										
						DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Aprobado	Pág.																																																																																										
				1(1)																																																																																														
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																																		
						Ensayo No.: 2-C																																																																																												
						Fecha: <u>02/11/2021</u>																																																																																												
Cliente: <u>Indeterminado</u> Obra: <u>ADOQUINES</u> Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u> Descripción: _____ Procedencia: _____						Número de la Muestra: <u>N.A.</u> Fecha de muestreo: <u>19/08/2021</u> Fecha recepción: _____																																																																																												
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>98,59</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>19,59</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>19729,83</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>283,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>14,16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,12										Lado B (mm)	98,59										Lado C (mm)	19,59										Area (mm ²)	19729,83										Carga Máxima (kN)	283,10										Resistencia a la compresión (MPa)	14,16									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																								
Dimensiones																																																																																																		
Lado A (mm)	200,12																																																																																																	
Lado B (mm)	98,59																																																																																																	
Lado C (mm)	19,59																																																																																																	
Area (mm ²)	19729,83																																																																																																	
Carga Máxima (kN)	283,10																																																																																																	
Resistencia a la compresión (MPa)	14,16																																																																																																	
																																																																																																		
Observaciones: _____ _____ _____																																																																																																		
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>						Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>																																																																																												
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>																																																																																											
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																																

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA											
	Documento	Código	Fecha								
	Dependencia	Aprobado	Revisión								
RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A Pág. 1(1)								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)											
		Ensayo No.: 2-D									
		Fecha: 02/11/2021									
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:		Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 19/08/2021 Fecha recepción:									
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa		Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Dimensiones											
Lado A (mm)	198,56										
Lado B (mm)	98,98										
Lado C (mm)	78,96										
Area (mm²)	19653,47										
Carga Máxima (kN)	272,00										
Resistencia a la compresión (MPa)	13,60										
											
Observaciones: _____ _____ _____											
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.				Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co									

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA											
	Documento	Código	Fecha								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revisión								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Pág. 1(1)								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)											
		Ensayo No.: 2-E									
		Fecha: 02/11/2021									
Cliente: Indeterminado			Número de la Muestra: N.A.								
Obra: ADOQUINES			Fecha de muestreo: 19/08/2021								
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA			Fecha recepción:								
Descripción:											
Procedencia:											
RESISTENCIA NOMINAL	MPa	Vel de ensayo	0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Dimensiones											
Lado A (mm)	199,78										
Lado B (mm)	100,12										
Lado C (mm)	80,10										
Área (mm ²)	20001,97										
Carga Máxima (kN)	291,40										
Resistencia a la compresión (MPa)	14,57										
											
Observaciones: _____											

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.				Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co							

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revisión							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A							
			Pág. 1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: <u>3-A</u>								
		Fecha: <u>02/11/2021</u>								
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: <u>N.A</u>									
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: <u>20/08/2021</u>									
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No. De la Serie										
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,14									
Lado B (mm)	100,41									
Lado C (mm)	80,01									
Area (mm ²)	200096,06									
Carga Máxima (kN)	191,90									
Resistencia a la compresión (MPa)	9,60									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u> Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>										
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u> Rango: <u>1000 kN</u> No. se serie: <u>109</u> Calibración: <u>09/11/2017</u>										
										
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																																	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			Documento	Código	Fecha	Revision																																																																																										
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A																																																																																										
					DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Aprobado	Pág.																																																																																										
							1(1)																																																																																										
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																																	
					Ensayo No.: 3-B Fecha: <u>02/11/2021</u>																																																																																												
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:					Número de la Muestra: N.A Fecha de muestreo: <u>20/08/2021</u> Fecha recepción:																																																																																												
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa					Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,98</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>99,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Área (mm²)</td> <td>20089,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>251,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>12,57</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,98										Lado B (mm)	99,96										Lado C (mm)	80,00										Área (mm ²)	20089,96										Carga Máxima (kN)	251,40										Resistencia a la compresión (MPa)	12,57									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																							
Dimensiones																																																																																																	
Lado A (mm)	200,98																																																																																																
Lado B (mm)	99,96																																																																																																
Lado C (mm)	80,00																																																																																																
Área (mm ²)	20089,96																																																																																																
Carga Máxima (kN)	251,40																																																																																																
Resistencia a la compresión (MPa)	12,57																																																																																																
																																																																																																	
Observaciones: _____ _____ _____																																																																																																	
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																												
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017																																																																																										
		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																															

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCANA		Documento	Código	Fecha	Revisión
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011	A
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	Dependencia	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Pag. 1(1)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

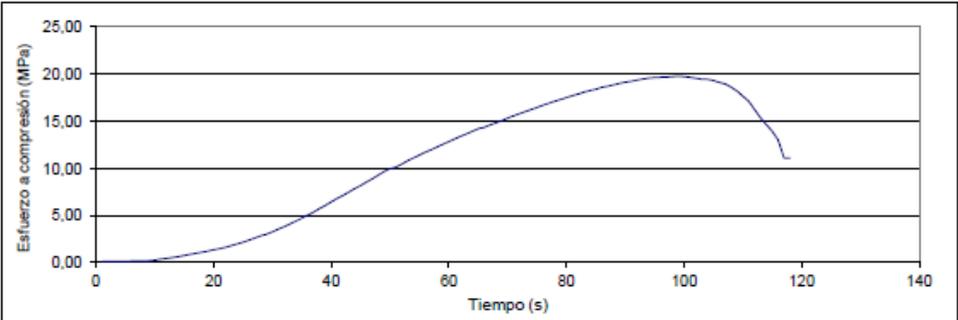
Ensayo No.: 4-A
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

Número de la Muestra: N.A
 Fecha de muestreo: 22/08/2021
 Fecha recepción: _____

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,04									
Lado C (mm)	80,10									
Área (mm ²)	20008,00									
Carga Máxima (kN)	395,70									
Resistencia a la compresión (MPa)	19,79									



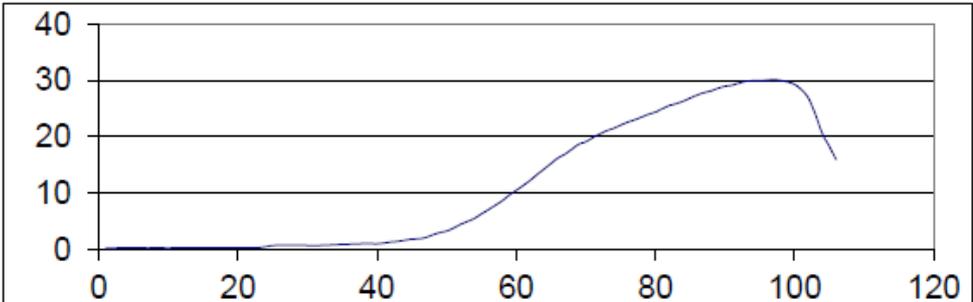
Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpsa.edu.co - www.ufpsa.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento				Codigo		Fecha		Revision	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				F-AC-LRE-002		10-11-2011		A	
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia		Aprobado		Pag	
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 4-B				
						Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL			1.0 kN/s MPa		Vel de ensayo			1.0 kN/s MPa/s		
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,02									
Lado C (mm)	80,08									
Área (mm ²)	20004,00									
Carga Máxima (kN)	603,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	30,16									
										
Gráfico de Esfuerzo Vs Tiempo										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				
	Documento	Código	Fecha	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011
	Dependencia	Aprobado		Revisión
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Pág. 1(1)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

Ensayo No.: 4-C
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

Número de la Muestra: N.A.
 Fecha de muestreo: 22/08/2021
 Fecha recepción: _____

RESISTENCIA NOMINAL 25.0 MPa/s MPa Vel de ensayo 25.0 MPa/s MPa/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,89									
Lado B (mm)	100,12									
Lado C (mm)	79,89									
Área (mm ²)	20012,99									
Carga Máxima (kN)	493,50									
Resistencia a la compresión (MPa)	24,68									

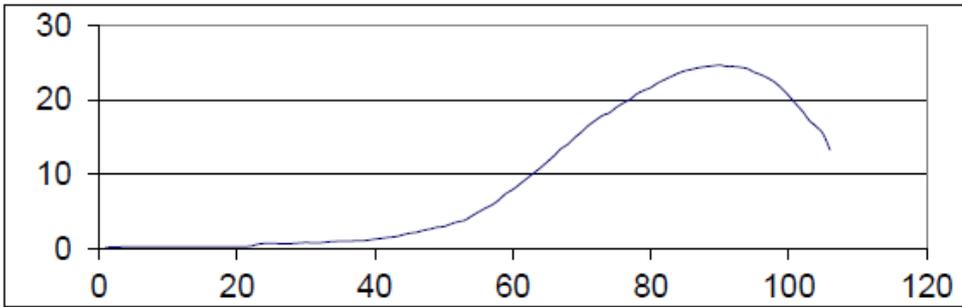


Gráfico de Esfuerzo Vs Tiempo

Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias
 Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

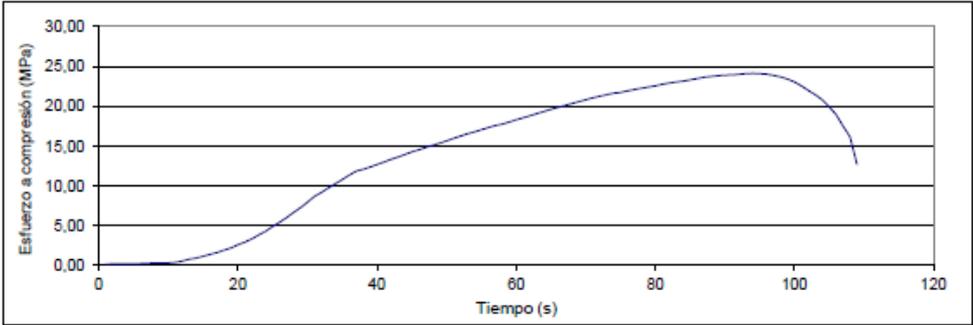


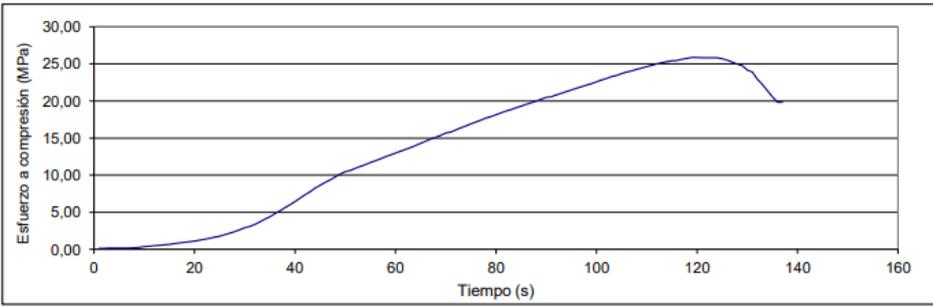
ISO 9001
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD



ICNec
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DE CALIDAD

Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento		Código	Fecha	Revisión					
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011	A					
	Dependencia		Aprobado		Pág.					
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)						
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
					Ensayo No.: 4-D					
					Fecha: 02/11/2021					
Cliente: Indeterminado					Número de la Muestra: N.A					
Obra: ADOQUINES					Fecha de muestreo: 22/08/2021					
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA					Fecha recepción: _____					
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa					Vel de ensayo 0.5 kN/s					
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,04									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,45									
Área (mm ²)	20004,00									
Carga Máxima (kN)	482,90									
Resistencia a la compresión (MPa)	24,15									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
				Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA											
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revision			
						F-AC-LRE-002	10-11-2011	A			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Aprobado	Pág.		
									1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)											
						Ensayo No.: 4-E					
						Fecha: <u>22/11/2021</u>					
Cliente: <u>Indeterminado</u> Obra: <u>ADOQUINES</u> Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u> Descripción: _____ Procedencia: _____						Número de la Muestra: <u>N.A</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción: _____					
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s											
	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Dimensiones										
	Lado A (mm)	199.45									
	Lado B (mm)	99.98									
	Lado C (mm)	78.99									
	Area (mm ²)	19941.01									
	Carga Máxima (kN)	517.30									
	Resistencia a la compresión (MPa)	25.87									
											
Observaciones: _____ _____ _____											
Laboradorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>						Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>					
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>			No. se serie: <u>109</u>			Calibración: <u>09/11/2017</u>		
		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co									

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				
	Documento	Código	Fecha	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	Revision A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)	

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

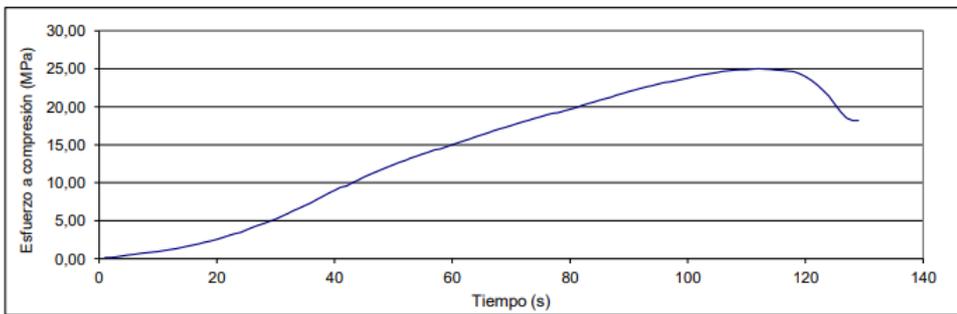
Ensayo No.: 4-F
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-CENIZA-ARCILLA
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

Número de la Muestra: N.A
 Fecha de muestreo: 22/08/2021
 Fecha recepción: _____

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199.50									
Lado B (mm)	100.00									
Lado C (mm)	80.03									
Area (mm ²)	19950.00									
Carga Máxima (kN)	500.30									
Resistencia a la compresión (MPa)	25.02									



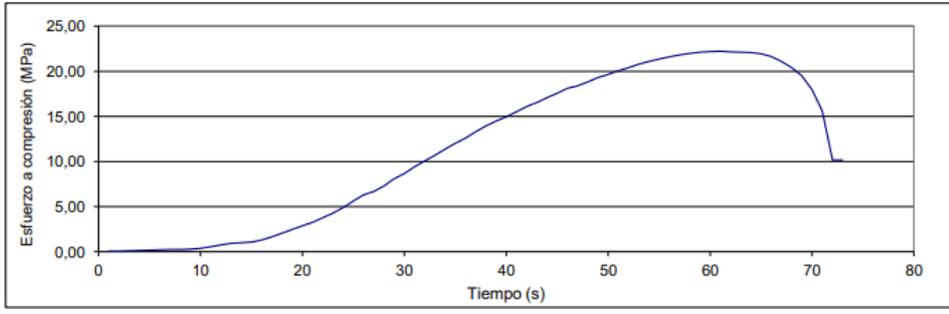
Observaciones: _____

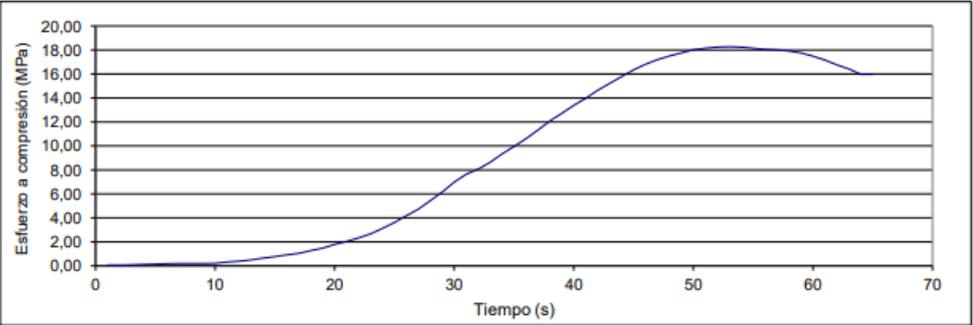
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

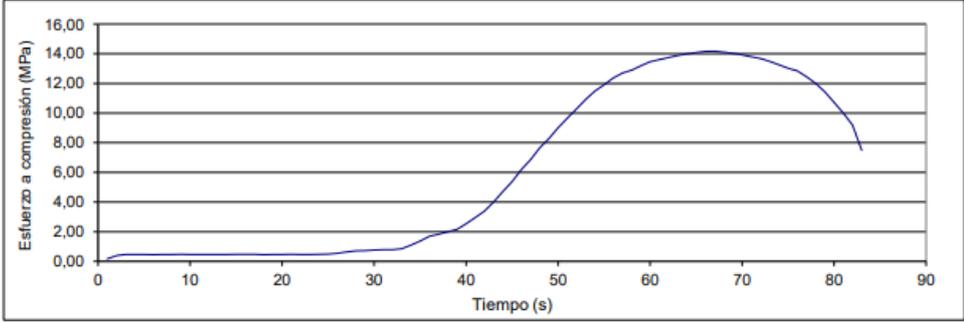
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017



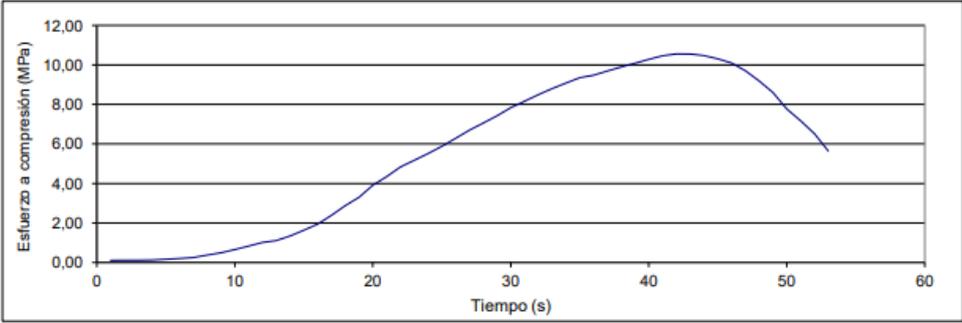
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			Documento	Código	Fecha	Revisión			
					F-AC-LRE-002	10-11-2011	A			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			Dependencia	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Aprobado	Pág.	1(1)	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
					Ensayo No.: 4-G					
					Fecha: 02/11/2021					
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:					Número de la Muestra: ind 13 Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:					
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa					Vel de ensayo _____ 1.0 kN/s					
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	198,90									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,00									
Area (mm²)	19890,00									
Carga Máxima (kN)	444,30									
Resistencia a la compresión (MPa)	22,22									
										
Observaciones: _____ _____ _____ _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

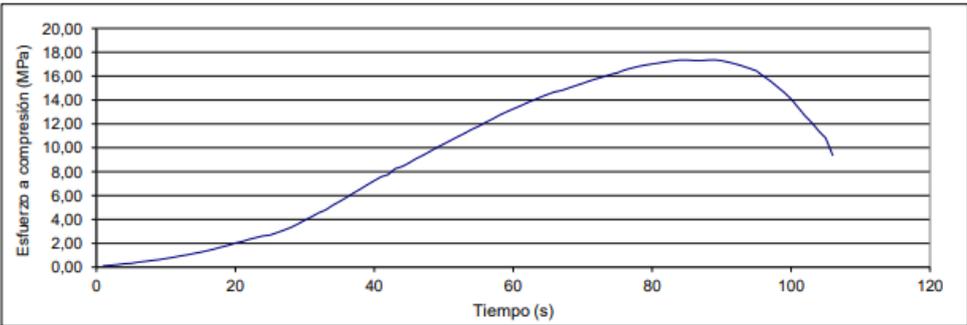
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			Documento	Código	Fecha	Revision			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A			
					DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Aprobado		Pág.	1(1)	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 4-H				
						Fecha: <u>02/11/2021</u>				
Cliente: <u>Indeterminado</u> Obra: <u>ADOQUINES</u> Material: <u>CONCRETO-ARCILLACENIZA</u> Descripción: _____ Procedencia: _____						Número de la Muestra: <u>N.A</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción: _____				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa			Vel de ensayo _____ 1.0 kN/s							
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	198,63									
Lado B (mm)	100,96									
Lado C (mm)	80,12									
Area (mm²)	20053,68									
Carga Máxima (kN)	365,50									
Resistencia a la compresión (MPa)	18,28									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>					Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>					
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revision							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A							
			Pág. 1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 5-A								
		Fecha: 02/11/2021								
Cliente: <u>Indeterminado</u>	Número de la Muestra: <u>N.A.</u>									
Obra: <u>ADOQUINES</u>	Fecha de muestreo: <u>20/08/2021</u>									
Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____	0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,01									
Lado B (mm)	100,08									
Lado C (mm)	80,05									
Área (mm²)	20017,00									
Carga Máxima (kN)	283,40									
Resistencia a la compresión (MPa)	14,17									
										
Observaciones: _____										

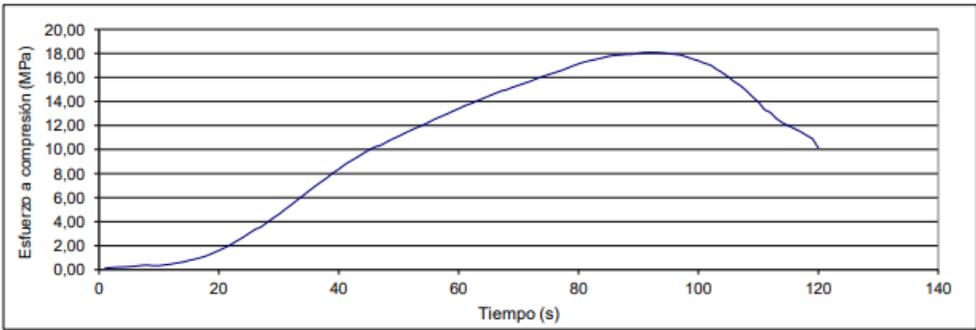
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>					Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>					
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		Documento	Código	Fecha	Revisión				
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		F-AC-LRE-002	10-11-2011	A					
			Dependencia	Aprobado	Pág.					
			DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	1(1)						
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
					Ensayo No.: 5-B					
					Fecha: 02/11/2021					
Cliente: Indeterminado					Número de la Muestra: N.A.					
Obra: ADOQUINES					Fecha de muestreo: 20/08/2021					
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA					Fecha recepción: _____					
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa					Vel de ensayo 1.0 kN/s					
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,05									
Lado B (mm)	100,01									
Lado C (mm)	80,00									
Area (mm²)	20007,00									
Carga Máxima (kN)	211,20									
Resistencia a la compresión (MPa)	10,56									
										
Observaciones: _____										

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	Dependencia	Aprobado	Revisión							
RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A							
Pág. 1(1)										
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 5-C								
		Fecha: 02/11/2021								
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A.									
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 20/11/2021									
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,06									
Lado B (mm)	99,96									
Lado C (mm)	80,69									
Area (mm²)	19898,04									
Carga Máxima (kN)	347,20									
Resistencia a la compresión (MPa)	17,36									
										
Observaciones: _____										

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 5-D																																																																																									
		Fecha: <u>02/11/2021</u>																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: <u>N.A.</u>																																																																																										
Obra: <u>ADOQUINES</u>	Fecha de muestreo: <u>20/08/2021</u>																																																																																										
Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo <u>0.5 kN/s</u>																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>198,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>98,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>19689,08</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>361,70</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>18,09</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	198,96										Lado B (mm)	98,96										Lado C (mm)	80,10										Area (mm ²)	19689,08										Carga Máxima (kN)	361,70										Resistencia a la compresión (MPa)	18,09												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	198,96																																																																																										
Lado B (mm)	98,96																																																																																										
Lado C (mm)	80,10																																																																																										
Area (mm ²)	19689,08																																																																																										
Carga Máxima (kN)	361,70																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	18,09																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											

Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>		Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García Ph.D.</u>																																																																																									
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>		Rango: <u>1000 kN</u>	No. se serie: <u>109</u> Calibración: <u>09/11/2017</u>																																																																																								
																																																																																											
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																											

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011
	Dependencia	Aprobado	Revisión
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A
			Pág. 1(1)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

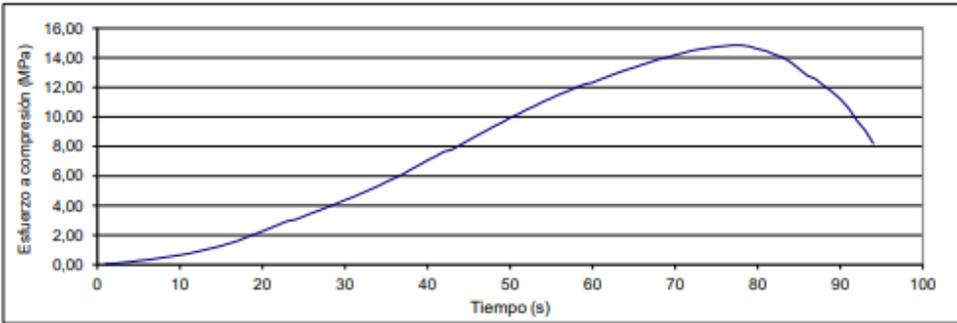
Ensayo No.: 5-E
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
 Descripción:
 Procedencia:

Número de la Muestra: N.A.
 Fecha de muestreo: 20/08/2021
 Fecha recepción:

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,03									
Lado B (mm)	99,96									
Lado C (mm)	80,06									
Área (mm ²)	19995,00									
Carga Máxima (kN)	297,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	14,86									



Esfuerzo a compresión (MPa)

Tiempo (s)

Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				
	Documento	Código	Fecha	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	Revisión A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)	

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

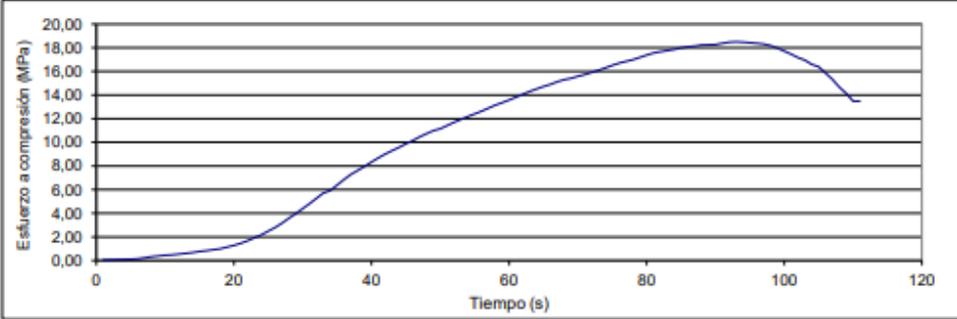
Ensayo No.: 5-F
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

Número de la Muestra: N.A.
 Fecha de muestreo: 20/08/2021
 Fecha recepción: _____

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,02									
Lado C (mm)	80,00									
Área (mm ²)	20004,00									
Carga Máxima (kN)	370,00									
Resistencia a la compresión (MPa)	18,50									



Esfuerzo a compresión (MPa)

Tiempo (s)

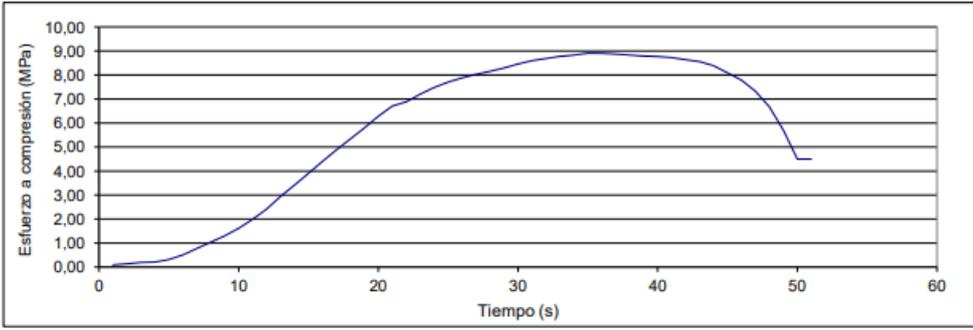
Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias
 Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

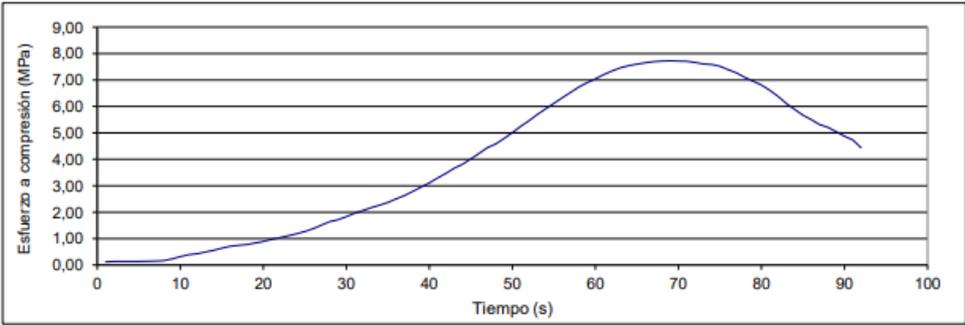
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

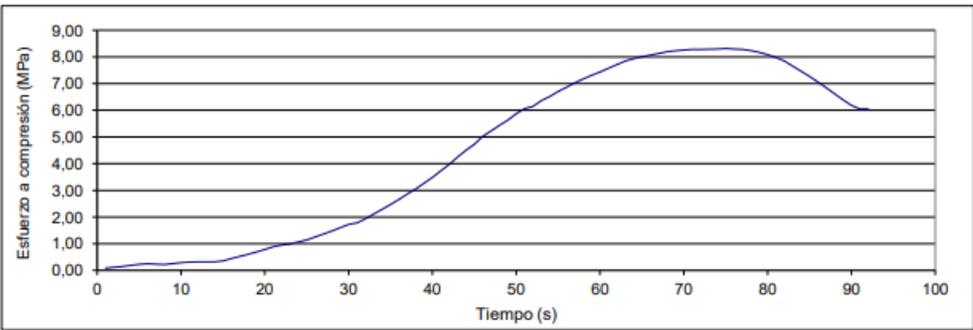


Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

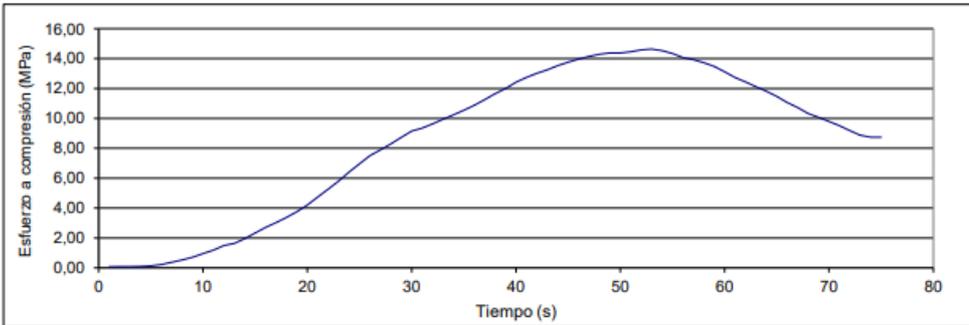
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 5-G																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A.																																																																																										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 20/08/2021																																																																																										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 1.0 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>79,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>20000,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>178,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>8,92</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,00										Lado B (mm)	100,00										Lado C (mm)	79,96										Area (mm ²)	20000,00										Carga Máxima (kN)	178,40										Resistencia a la compresión (MPa)	8,92												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,00																																																																																										
Lado B (mm)	100,00																																																																																										
Lado C (mm)	79,96																																																																																										
Area (mm ²)	20000,00																																																																																										
Carga Máxima (kN)	178,40																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	8,92																																																																																										
																																																																																											
Obsevaciones: _____																																																																																											

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias		Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																									
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.	Rango: 1000 kN	No. se serie: 109	Calibración: 09/11/2017																																																																																								
		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co																																																																																									

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento			Codigo		Fecha		Revision		
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			F-AC-LRE-002		10-11-2011		A		
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			Dependencia		Aprobado		Pág.		
			DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)			
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 6-A				
						Fecha: <u>02/11/2021</u>				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: <u>N.A</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL		MPa		Vel de ensayo		0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,50									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,02									
Area (mm ²)	19950,00									
Carga Máxima (kN)	154,60									
Resistencia a la compresión (MPa)	7,73									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 6-B																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A																																																																																										
Obra: _____	Fecha de muestreo: 22/08/2021																																																																																										
Material: _____	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,01</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Área (mm²)</td> <td>20001,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>166,30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>8,32</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,01										Lado B (mm)	100,00										Lado C (mm)	80,00										Área (mm ²)	20001,00										Carga Máxima (kN)	166,30										Resistencia a la compresión (MPa)	8,32												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,01																																																																																										
Lado B (mm)	100,00																																																																																										
Lado C (mm)	80,00																																																																																										
Área (mm ²)	20001,00																																																																																										
Carga Máxima (kN)	166,30																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	8,32																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias	Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.	Rango: 1000 kN	No. se serie: 109	Calibración: 09/11/2017																																																																																								
																																																																																											
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																											

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revisión		
						F-AC-LRE-002	10-11-2011	A		
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 6-C				
						Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 1.0 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,05									
Lado C (mm)	79,95									
Area (mm²)	20010,00									
Carga Máxima (kN)	292,70									
Resistencia a la compresión (MPa)	14,64									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017										
										
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		Documento	Código	Fecha	Revision
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011	A
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		Dependencia	Aprobado	Pag.
		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)	

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

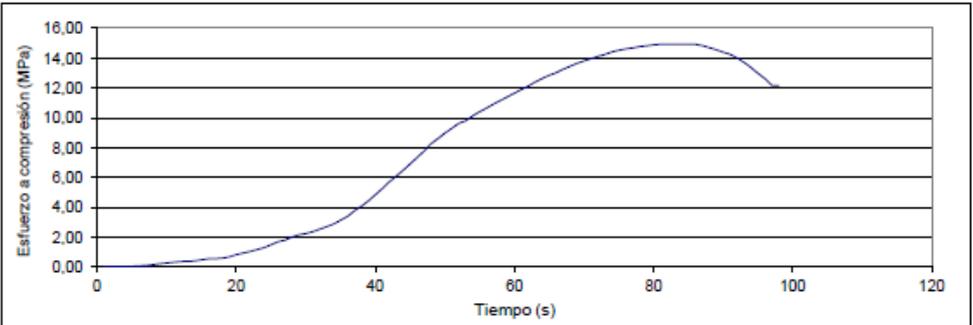
Ensayo No.: 7-A
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
 Obra: ADOQUINES
 Material: CONCRETO - ARCILLA - CENIZA
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

Número de la Muestra: N.A.
 Fecha de muestreo: 21/08/2021
 Fecha recepción: _____

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,10									
Lado B (mm)	90,52									
Lado C (mm)	80,19									
Área (mm ²)	19913,95									
Carga Máxima (kN)	298,80									
Resistencia a la compresión (MPa)	14,94									



Observaciones: _____

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011
	Dependencia	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Revisión
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		Aprobado	Pág.
			1(1)

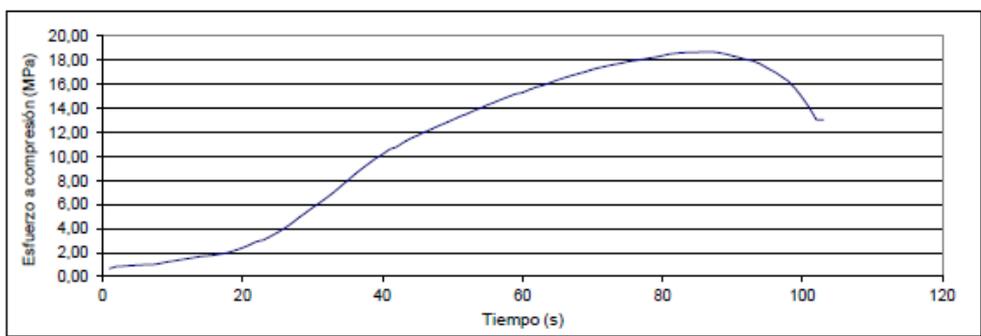
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

Ensayo No.: 7-B
Fecha: 02/11/2021

Ciente: Indeterminado Número de la Muestra: N.A.
 Obra: ADOQUINES Fecha de muestreo: 21/08/2021
 Material: CONCRETO- ARCILLA -CENIZA Fecha recepción: _____
 Descripción: _____
 Procedencia: _____

RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa Vel de ensayo 0.5 kN/s

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,10									
Lado B (mm)	99,52									
Lado C (mm)	80,19									
Área (mm ²)	19913,95									
Carga Máxima (kN)	374,40									
Resistencia a la compresión (MPa)	18,72									



Esfuerzo a compresión (MPa)

Tiempo (s)

Observaciones: _____

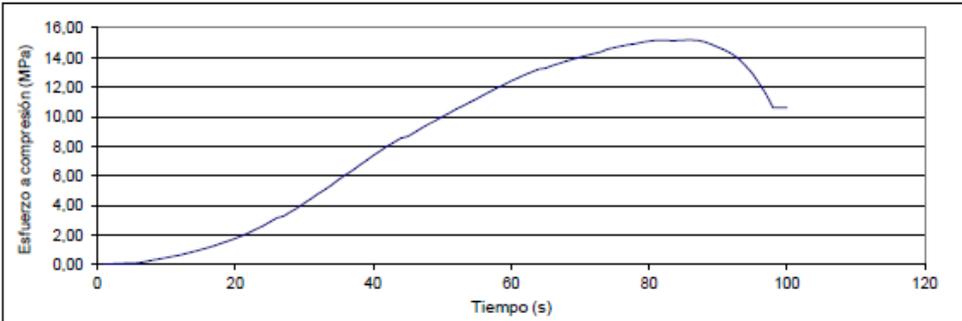
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

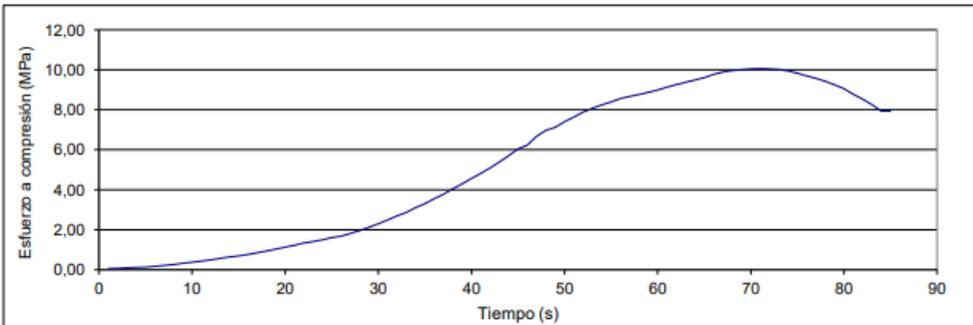

 ISO 9001
 SC-12570265


 INTEC
 INSTITUTO TECNOLÓGICO

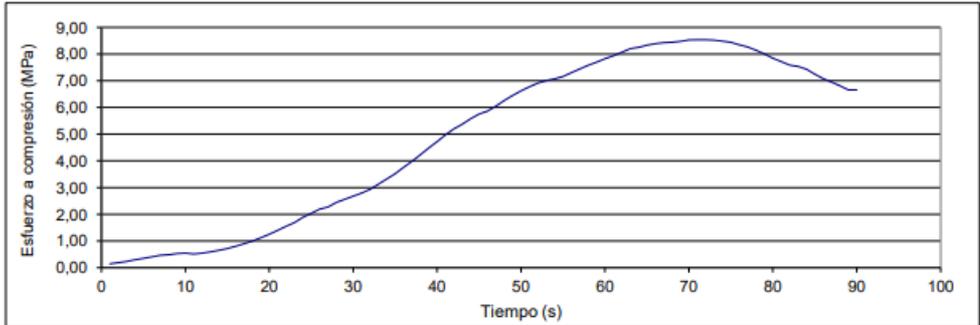
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revisión							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A 1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: <u>7-C</u>								
		Fecha: <u>02/11/2021</u>								
Cliente: <u>Indeterminado</u>	Número de la Muestra: <u>N.A.</u>									
Obra: <u>ADOQUINES</u>	Fecha de muestreo: <u>21/08/2021</u>									
Material: <u>CONCRETO - ARCILLA - CENIZA</u>	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____	0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,90									
Lado C (mm)	80,00									
Área (mm ²)	20180,00									
Carga Máxima (kN)	303,80									
Resistencia a la compresión (MPa)	15,19									
										
Obsevaciones: _____										

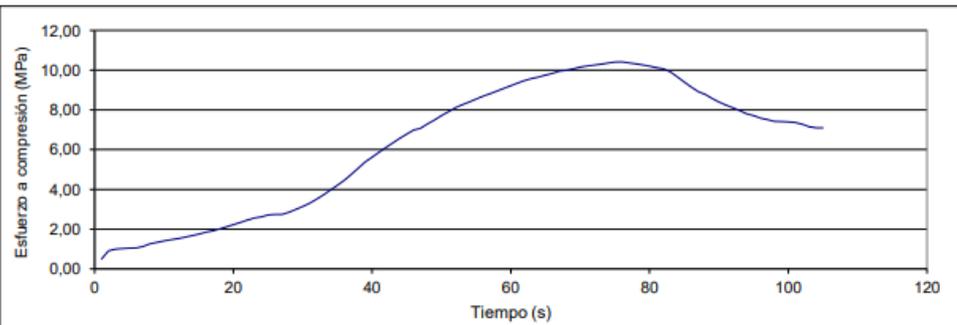
Laboratorista: <u>Iván Dario Bustos Arias</u> Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>										
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u> Rango: <u>1000 kN</u> No. se serie: <u>109</u> Calibración: <u>09/11/2017</u>										
		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpsa.edu.co - www.ufpsa.edu.co								

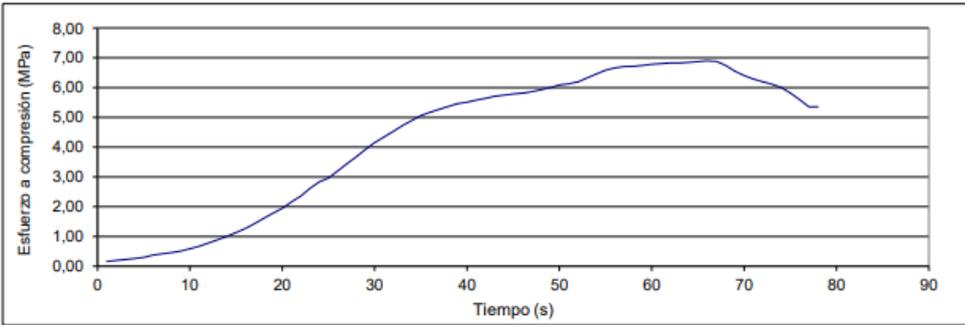
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 8-A								
		Fecha: <u>02/11/2021</u>								
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: <u>N.A.</u>									
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: <u>21/08/2021</u>									
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____									
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____	0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,90									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,02									
Area (mm²)	20090,00									
Carga Máxima (kN)	201,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	10,06									
										
Observaciones: _____										

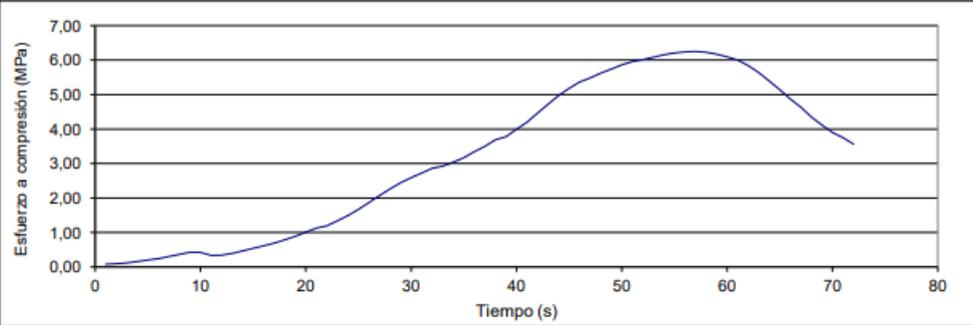
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 8-B																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: <u>Indeterminado</u>	Número de la Muestra: <u>N.A.</u>																																																																																										
Obra: <u>ADOQUINES</u>	Fecha de muestreo: <u>21/08/2021</u>																																																																																										
Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,04</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Área (mm²)</td> <td>20008,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>170,70</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>8,54</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,00										Lado B (mm)	100,04										Lado C (mm)	80,00										Área (mm²)	20008,00										Carga Máxima (kN)	170,70										Resistencia a la compresión (MPa)	8,54												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,00																																																																																										
Lado B (mm)	100,04																																																																																										
Lado C (mm)	80,00																																																																																										
Área (mm²)	20008,00																																																																																										
Carga Máxima (kN)	170,70																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	8,54																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											

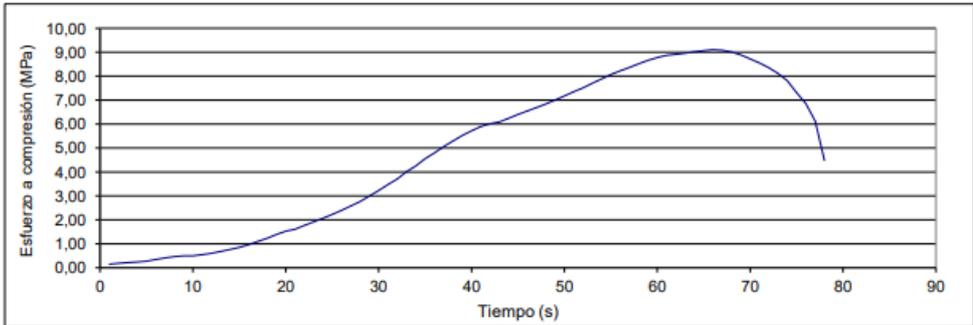
Laboratorista: <u>Iván Dario Bustos Arias</u>		Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>																																																																																									
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>		Rango: <u>1000 kN</u>																																																																																									
		No. se serie: <u>109</u>																																																																																									
		Calibración: <u>09/11/2017</u>																																																																																									
																																																																																											
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																											

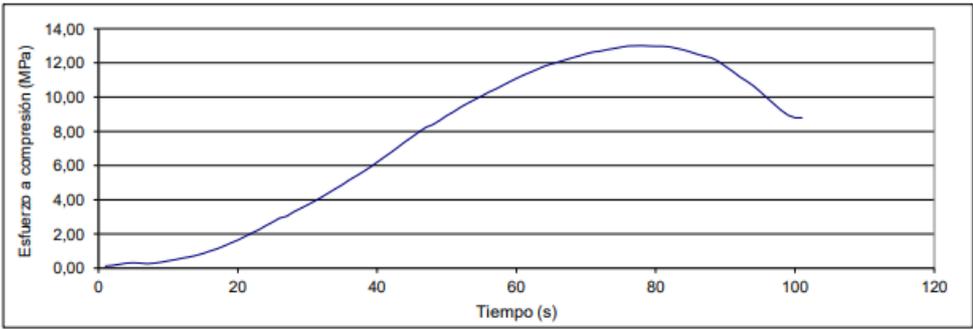
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002							
	Dependencia	10-11-2011								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		Aprobado	Revisión							
		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A							
			Pág. 1(1)							
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
		Ensayo No.: 8-C								
		Fecha: 02/11/2021								
Cliente: Indeterminado			Número de la Muestra: N.A.							
Obra: ADOQUINES			Fecha de muestreo: 21/08/2021							
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA			Fecha recepción: _____							
Descripción: _____										
Procedencia: _____										
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s									
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,93									
Área (mm²)	20000,00									
Carga Máxima (kN)	208,40									
Resistencia a la compresión (MPa)	10,42									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017										
										
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

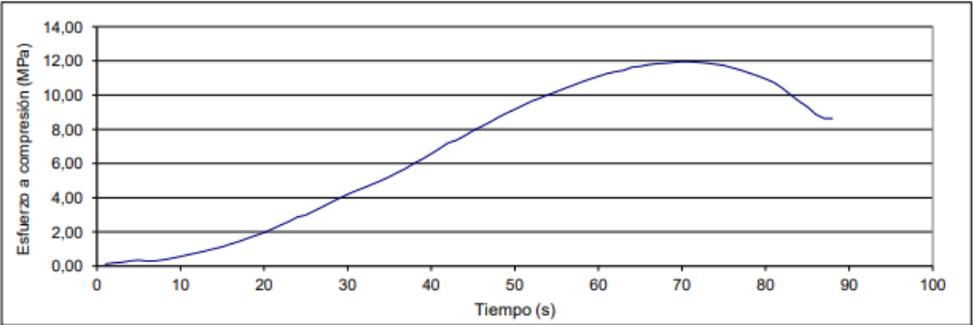
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento		Codigo		Fecha		Revision			
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002		10-11-2011		A			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DEPENDENCIA		Aprobado		Pág.			
		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)				
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
					Ensayo No.: 9-A					
					Fecha: <u>02/11/2021</u>					
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:					Número de la Muestra: <u>N.A.</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción:					
RESISTENCIA NOMINAL		MPa		Vel de ensayo		0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	199,80									
Lado B (mm)	100,02									
Lado C (mm)	80,02									
Area (mm ²)	19984,00									
Carga Máxima (kN)	138,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	6,91									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: <u>Iván Dario Bustos Arias</u> Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

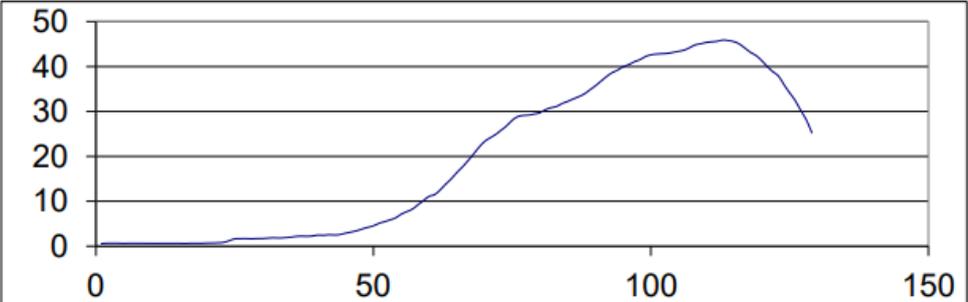
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
Dependencia	Aprobado	Revisión	Pág.																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A	1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 9-B																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A.																																																																																										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 22/08/2021																																																																																										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>199,78</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>80,56</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>19978,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>125,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>6,25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	199,78										Lado B (mm)	100,00										Lado C (mm)	80,56										Area (mm ²)	19978,00										Carga Máxima (kN)	125,00										Resistencia a la compresión (MPa)	6,25												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	199,78																																																																																										
Lado B (mm)	100,00																																																																																										
Lado C (mm)	80,56																																																																																										
Area (mm ²)	19978,00																																																																																										
Carga Máxima (kN)	125,00																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	6,25																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											

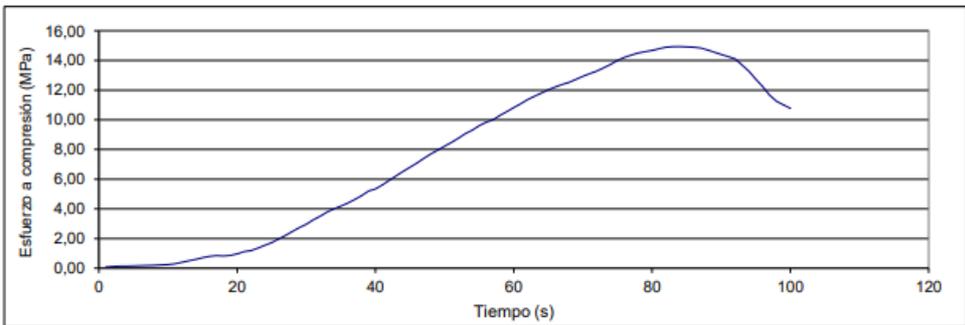
Laboralista: Iván Darío Bustos Arias		Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																									
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.	Rango: 1000 kN	No. se serie: 109	Calibración: 09/11/2017																																																																																								
																																																																																											
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co																																																																																											

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revisión		
						F-AC-LRE-002	10-11-2011	A		
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	Aprobado			Pág.	
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			1(1)			
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 9-C				
						Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,04									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	79,89									
Area (mm²)	20004,00									
Carga Máxima (kN)	182,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	9,11									
										
Observaciones: _____										
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García Ph.D.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN			No. se serie: 109			Calibración: 09/11/2017	
 				Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revision		
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A		
						DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	Aprobado		Pág.	1(1)
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 9-D				
						Fecha: <u>02/11/2021</u>				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,30									
Lado B (mm)	99,86									
Lado C (mm)	81,02									
Área (mm²)	20001,86									
Carga Máxima (kN)	260,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	13,01									
										
Obsevaciones: _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017										
										
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co										

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revisión		
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A		
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			Aprobado	Pág.		
							1(1)			
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 9-E				
						Fecha: <u>02/11/2021</u>				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: <u>N.A</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa						Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,06									
Area (mm²)	20000,00									
Carga Máxima (kN)	239,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	11,96									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>						Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>				
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>			
 		Vía Acosure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 0088 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento				Codigo		Fecha		Revision	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				F-AC-LRE-002		10-11-2011		A	
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia		Aprobado		Pág.	
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
						Ensayo No.: 10-A Fecha: 02/11/2021				
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:						Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:				
RESISTENCIA NOMINAL <u>1.0 kN/s</u> MPa Vel de ensayo <u>1.0 kN/s</u> MPa/s										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,12									
Area (mm ²)	20000,00									
Carga Máxima (kN)	367,10									
Resistencia a la compresión (MPa)	45,89									
										
Gráfico de Esfuerzo Vs Tiempo										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias						Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.				
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		Documento	Código	Fecha	Revisión					
		RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A					
		Dependencia	Aprobado	Pág.						
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			1(1)					
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
				Ensayo No.: 10-B						
				Fecha: 02/11/2021						
Cliente: Indeterminado Obra: ADOQUINES Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA Descripción: Procedencia:			Número de la Muestra: N.A. Fecha de muestreo: 22/08/2021 Fecha recepción:							
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa		Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,00									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	80,13									
Area (mm²)	20000,00									
Carga Máxima (kN)	298,70									
Resistencia a la compresión (MPa)	14,94									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 09/11/2017			
 				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 0088 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		Documento	Código	Fecha	Revisión
RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		F-AC-LRE-002	10-11-2011	A	
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		Dependencia	Aprobado	Pág.	
		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)	

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)

Ensayo No.: 10-C
Fecha: 02/11/2021

Cliente: Indeterminado
Obra: ADOQUINES
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA
Descripción:
Procedencia:

Número de la Muestra: N.A.
Fecha de muestreo: 22/08/2021
Fecha recepción:

RESISTENCIA NOMINAL _____ **MPa** **Vel de ensayo** _____ **0.5 kN/s**

No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,13									
Lado B (mm)	100,02									
Lado C (mm)	80,03									
Área (mm ²)	20017,00									
Carga Máxima (kN)	340,40									
Resistencia a la compresión (MPa)	17,02									

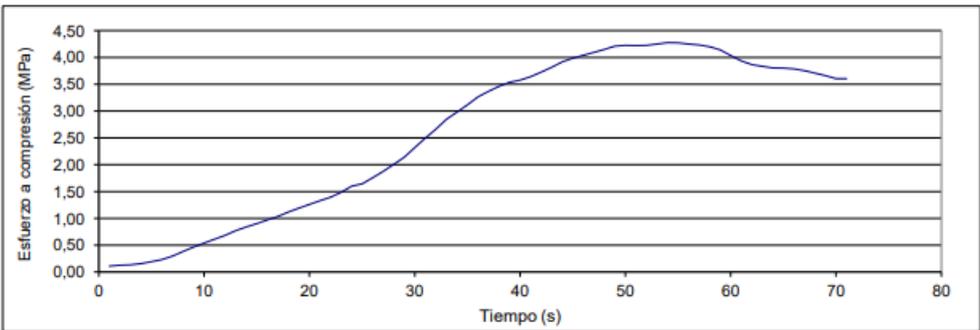
El gráfico muestra la relación entre el tiempo de aplicación de la carga y el esfuerzo a compresión. El eje vertical representa el esfuerzo en MPa, desde 0,00 hasta 18,00. El eje horizontal representa el tiempo en segundos, desde 0 hasta 120. La curva comienza en (0,0), sube hasta un pico de ~17,02 MPa a los 90 segundos, y luego desciende.

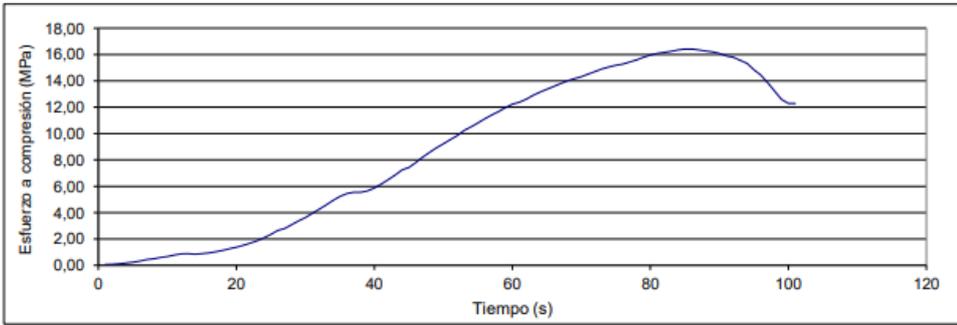
Observaciones: _____

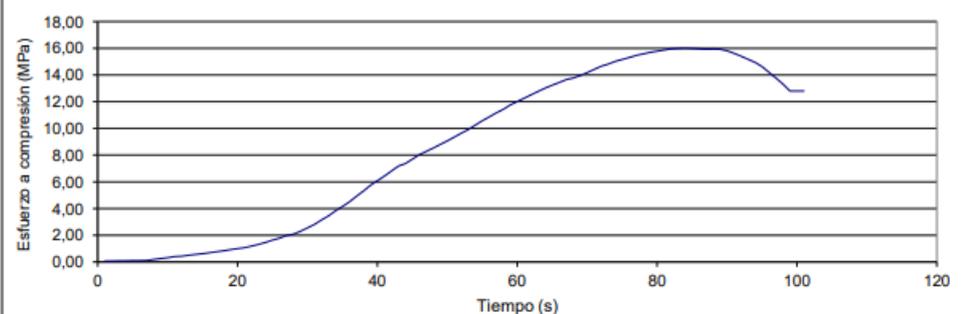
Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

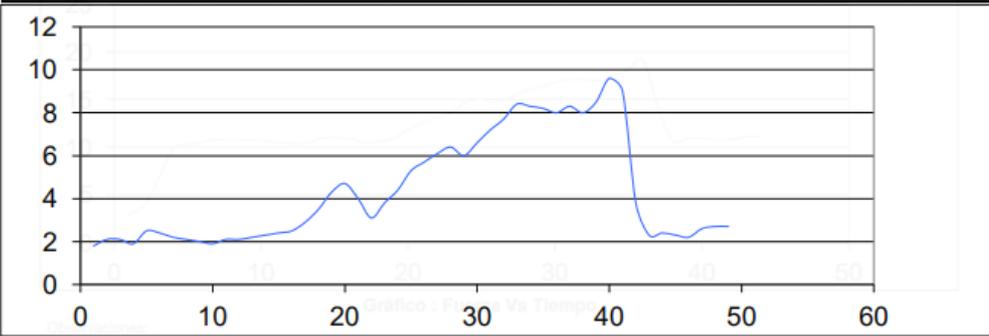
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA																																																																																											
	Documento	Código	Fecha																																																																																								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011																																																																																								
	Dependencia	Aprobado	Revisión																																																																																								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A 1(1)																																																																																								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)																																																																																											
		Ensayo No.: 10-D																																																																																									
		Fecha: 02/11/2021																																																																																									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A																																																																																										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 22/08/2021																																																																																										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____																																																																																										
Descripción: _____																																																																																											
Procedencia: _____																																																																																											
RESISTENCIA NOMINAL _____ MPa	Vel de ensayo _____ 0.5 kN/s																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De la Serie</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado A (mm)</td> <td>200,05</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado B (mm)</td> <td>100,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lado C (mm)</td> <td>79,96</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>20085,02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima (kN)</td> <td>85,50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (MPa)</td> <td>4,28</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dimensiones											Lado A (mm)	200,05										Lado B (mm)	100,40										Lado C (mm)	79,96										Area (mm²)	20085,02										Carga Máxima (kN)	85,50										Resistencia a la compresión (MPa)	4,28												
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
Dimensiones																																																																																											
Lado A (mm)	200,05																																																																																										
Lado B (mm)	100,40																																																																																										
Lado C (mm)	79,96																																																																																										
Area (mm²)	20085,02																																																																																										
Carga Máxima (kN)	85,50																																																																																										
Resistencia a la compresión (MPa)	4,28																																																																																										
																																																																																											
Observaciones: _____																																																																																											
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias																																																																																											
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.																																																																																											
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017																																																																																											
																																																																																											
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co																																																																																											

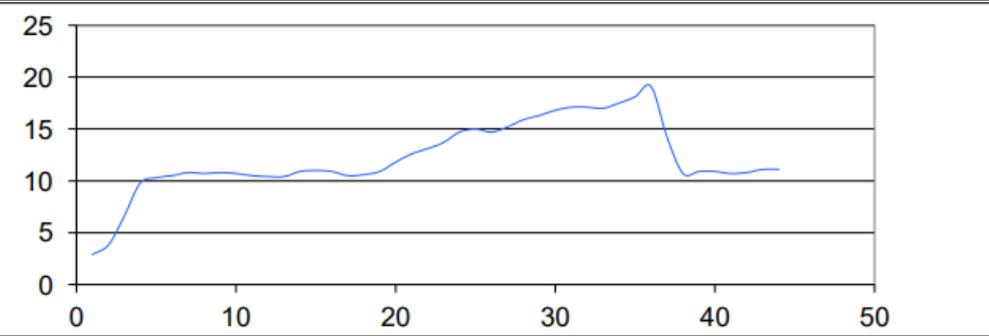
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO									
	Dependencia		Aprobado			Pág.				
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA					F-AC-LRE-002			10-11-2011		A
					DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			1(1)		
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)										
					Ensayo No.: 10-E					
					Fecha: 02/11/2021					
Cliente: <u>Indeterminado</u> Obra: <u>ADOQUINES</u> Material: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u> Descripción: _____ Procedencia: _____					Número de la Muestra: <u>N.A</u> Fecha de muestreo: <u>22/08/2021</u> Fecha recepción: _____					
RESISTENCIA NOMINAL		MPa		Vel de ensayo		0.5 kN/s				
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Lado A (mm)	200,04									
Lado B (mm)	100,00									
Lado C (mm)	78,99									
Area (mm ²)	20004,00									
Carga Máxima (kN)	328,50									
Resistencia a la compresión (MPa)	16,43									
										
Observaciones: _____ _____ _____										
Laboratorista: <u>Iván Darío Bustos Arias</u>					Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>					
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>09/11/2017</u>			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co								

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA											
	Documento	Código	Fecha								
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011								
	Dependencia	Aprobado	Revisión								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		Pág. 1(1)								
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LADRILLOS / BLOQUES (NTC 4017)											
		Ensayo No.: 10-F									
		Fecha: 02/11/2021									
Cliente: Indeterminado	Número de la Muestra: N.A										
Obra: ADOQUINES	Fecha de muestreo: 22/08/2021										
Material: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	Fecha recepción: _____										
Descripción: _____											
Procedencia: _____											
RESISTENCIA NOMINAL	MPa	Vel de ensayo	0.5 kN/s								
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Dimensiones											
Lado A (mm)	199.80										
Lado B (mm)	99.86										
Lado C (mm)	80.12										
Área (mm ²)	19952.03										
Carga Máxima (kN)	320.10										
Resistencia a la compresión (MPa)	16.01										
											
Observaciones: _____											

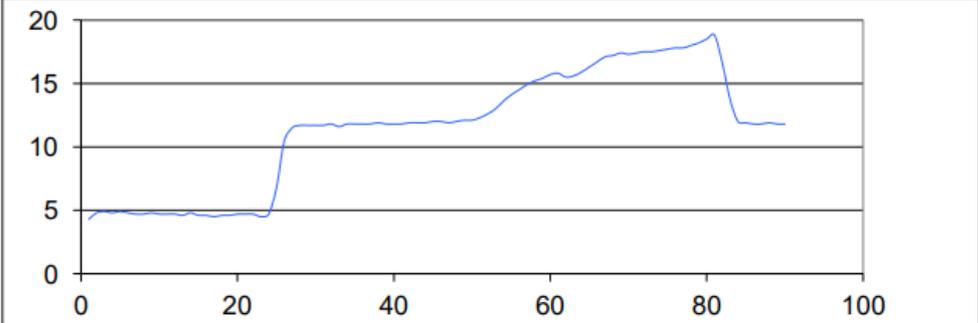
Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias											
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.											
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017											
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co									

Anexo 7. Formatos de ensayos de Flexo Tracción en adoquines de concreto proporcionados por el laboratorio de concretos de la Universidad Francisco de Paula Santander

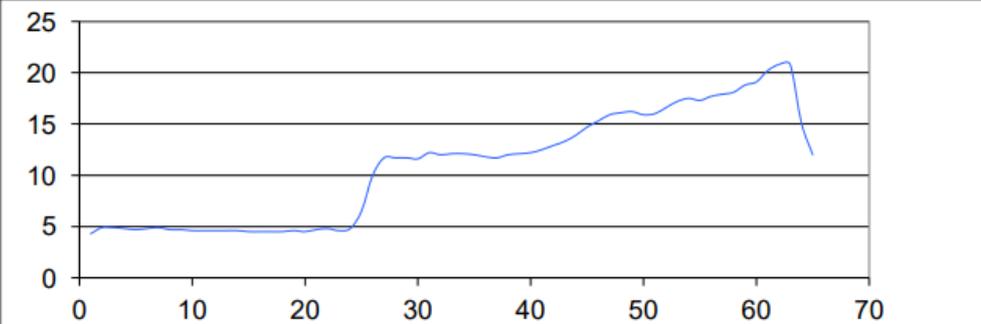
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
Dependencia	Aprobado	Revisión								
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	A								
Pág. 1(1)										
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
		Ensayo No.: 1-A								
		Fecha de ensayo: 18/10/2021								
CLIENTE: Indeterminado	Número de la Muestra: _____									
DIRECCIÓN: _____	Fecha de producción: 25/08/2021									
MATERIAL: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA	F. Recepción: _____									
DESCRIPCIÓN: ADOQUINES	Slump (cm): _____									
	RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa									
	Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s									
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	79.40									
Ancho 'b' (mm)	100.10									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200.12									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20032.01									
Carga Máxima (kN)	10.10									
Módulo de rotura (MPa)	4.73									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										
Laboratorio: _____										
Laboratorista: _____										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador Garcia PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 10/08/2017										
										
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
	Dependencia	Aprobado	Pág.							
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	1(1)							
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
						Ensayo No.: 1-B				
						Fecha de ensayo: <u>18/10/2021</u>				
CLIENTE: <u>Indeterminado</u>						Número de la Muestra: _____				
DIRECCIÓN: _____						Fecha de producción: <u>25/08/2021</u>				
MATERIAL: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>						F. Recepción: _____				
DESCRIPCIÓN: <u>ADOQUINES</u>						Slump (cm): _____				
						RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa				
						Vel de ensayo : <u>0.5 MPa/s</u> MPa/s				
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80,00									
Ancho 'b' (mm)	100,15									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	199,89									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20018,98									
Carga Máxima (kN)	19,10									
Módulo de rotura (MPa)	2,24									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

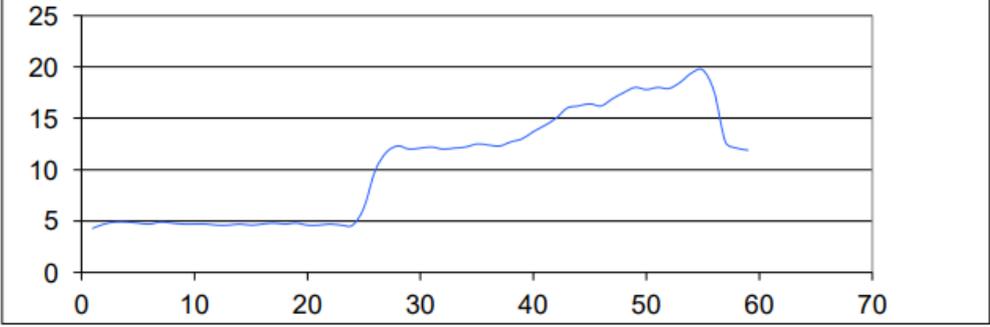
Laboratorista						Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>				
Máquina de ensayos: <u>Pinzuar Ltda.</u>			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>10/08/2017</u>			
				Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha							
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011							
	Dependencia	Aprobado	Revisión							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		A							
			Pág. 1(1)							
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
		Ensayo No.: 1-C								
		Fecha de ensayo: 18/10/2021								
CLIENTE: Indeterminado			Número de la Muestra: _____							
DIRECCIÓN: _____			Fecha de producción: 25/08/2021							
MATERIAL: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA			F. Recepción: _____							
DESCRIPCIÓN: ADOQUINES			Slump (cm): _____							
		RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa								
		Vel de ensayo : 0.1 MPa/s MPa/s								
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	81.20									
Ancho 'b' (mm)	100.04									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	198.96									
Area Transv. Efect.(mm ²)	19903.96									
Carga Máxima (kN)	18.80									
Módulo de rotura (MPa)	8.81									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

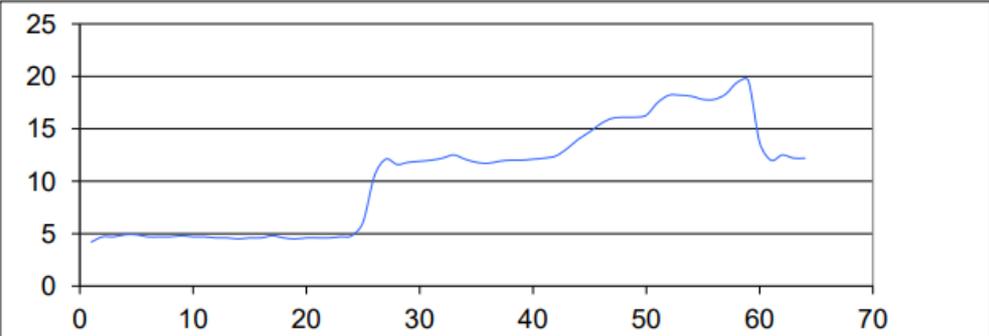
Laboratorista					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.				Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 10/08/2017		
				Vía Acorsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
	Dependencia	Aprobado		Pág.						
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)							
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
			Ensayo No.: 1-D							
			Fecha de ensayo: <u>18/10/2021</u>							
CLIENTE: <u>Indeterminado</u>			Número de la Muestra: _____							
DIRECCIÓN: _____			Fecha de producción: <u>25/08/2021</u>							
MATERIAL: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>			F. Recepción: _____							
DESCRIPCIÓN: <u>ADOQUINES</u>			Slump (cm): _____							
			RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa							
			Vel de ensayo : <u>0.5 MPa/s</u> MPa/s							
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	78,93									
Ancho 'b' (mm)	99,80									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200,45									
Area Transv. Efect.(mm²)	20004,91									
Carga Máxima (kN)	21,40									
Módulo de rotura (MPa)	10,03									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

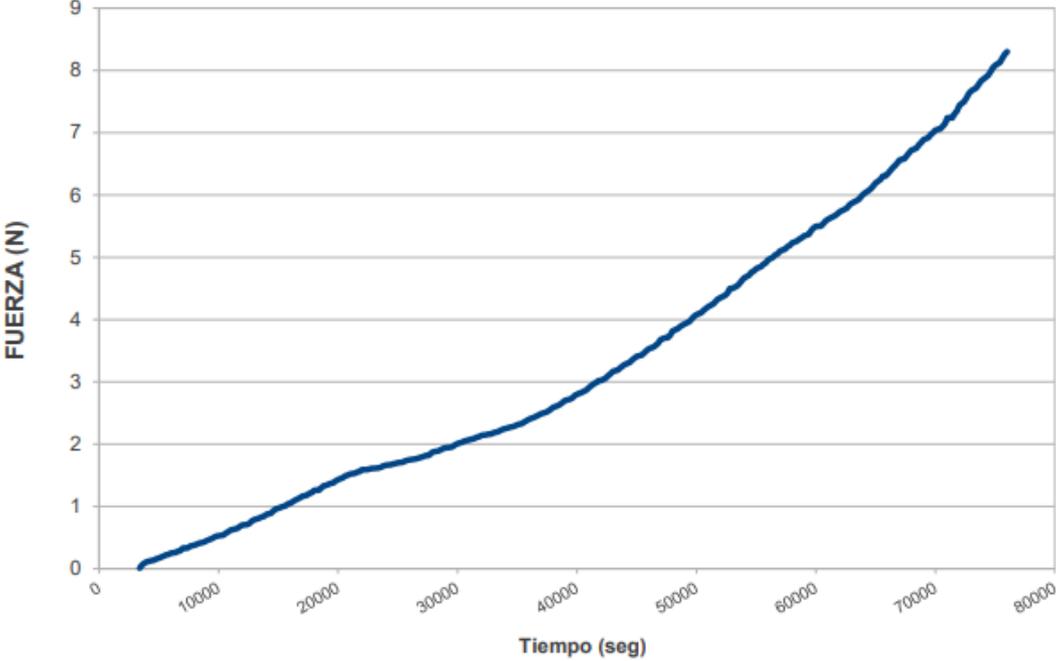
Laboratorista _____ Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: <u>1000 kN</u> No. se serie: <u>109</u> Calibración: <u>10/08/2017</u>										
										
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

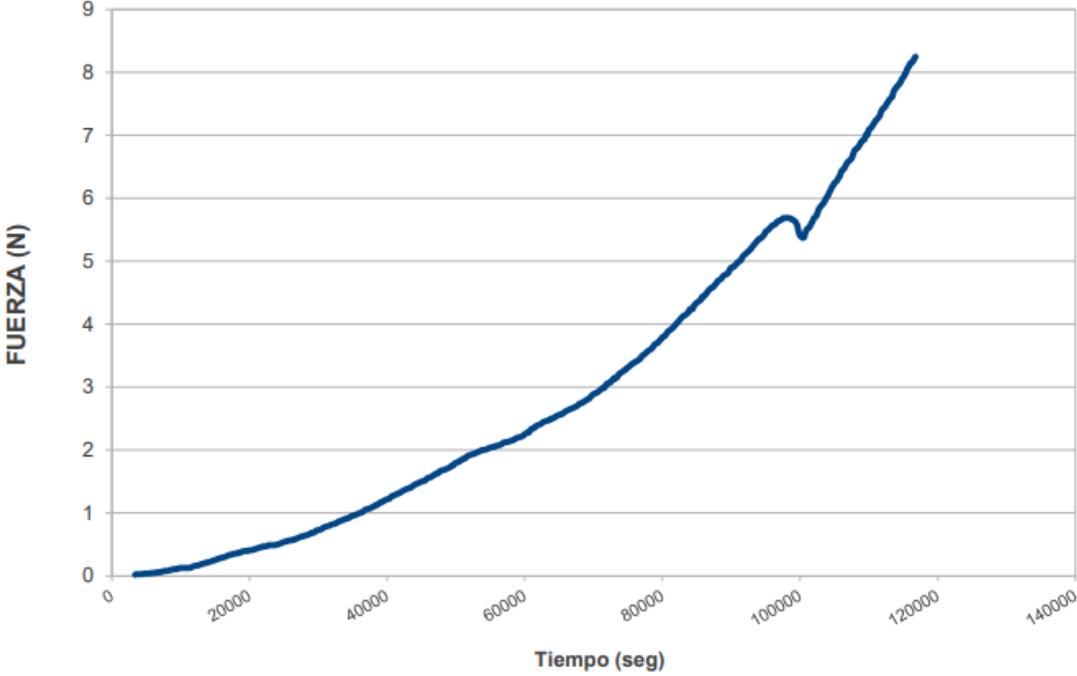
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
	Dependencia	Aprobado	Pág.							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO	1(1)								
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
			Ensayo No.: 1-E							
			Fecha de ensayo: <u>18/10/2021</u>							
CLIENTE: <u>Indeterminado</u>			Número de la Muestra: _____							
DIRECCIÓN: _____			Fecha de producción: <u>25/08/2021</u>							
MATERIAL: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>			F. Recepción: _____							
DESCRIPCIÓN: <u>ADOQUINES</u>			Slump (cm): _____							
			RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa							
			Vel de ensayo : <u>0.5 MPa/s</u> MPa/s							
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80.15									
Ancho 'b' (mm)	100.17									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200.13									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20047.02									
Carga Máxima (kN)	20.00									
Módulo de rotura (MPa)	9.38									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

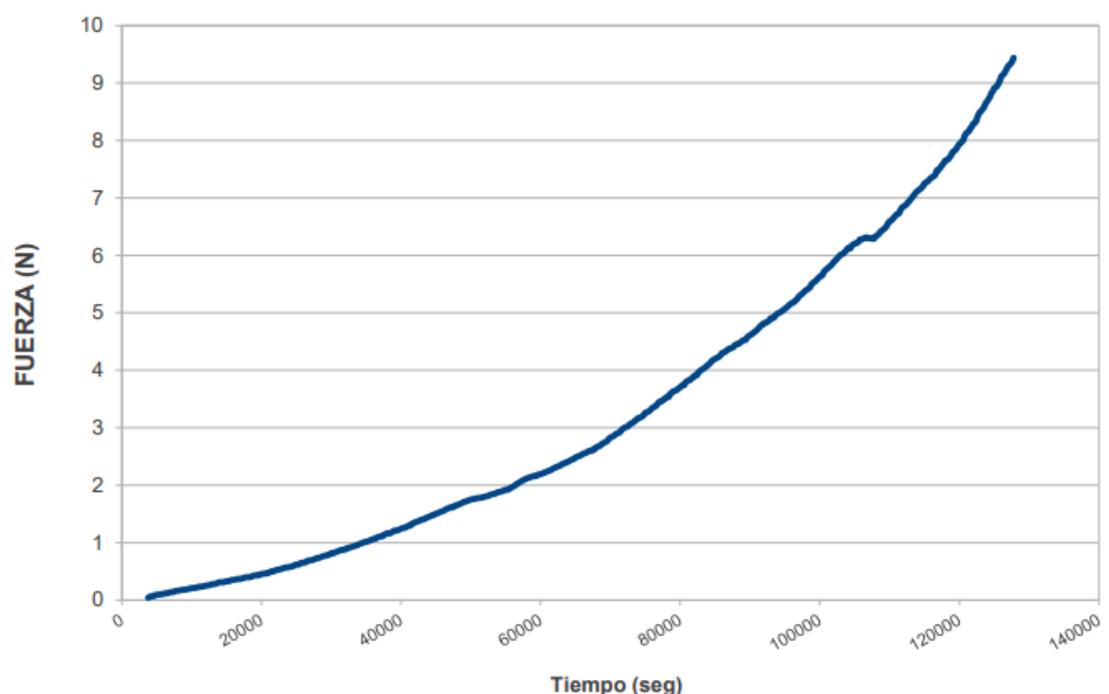
Laboratorista					Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: <u>1000 kN</u>		No. se serie: <u>109</u>		Calibración: <u>10/08/2017</u>			
 		Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

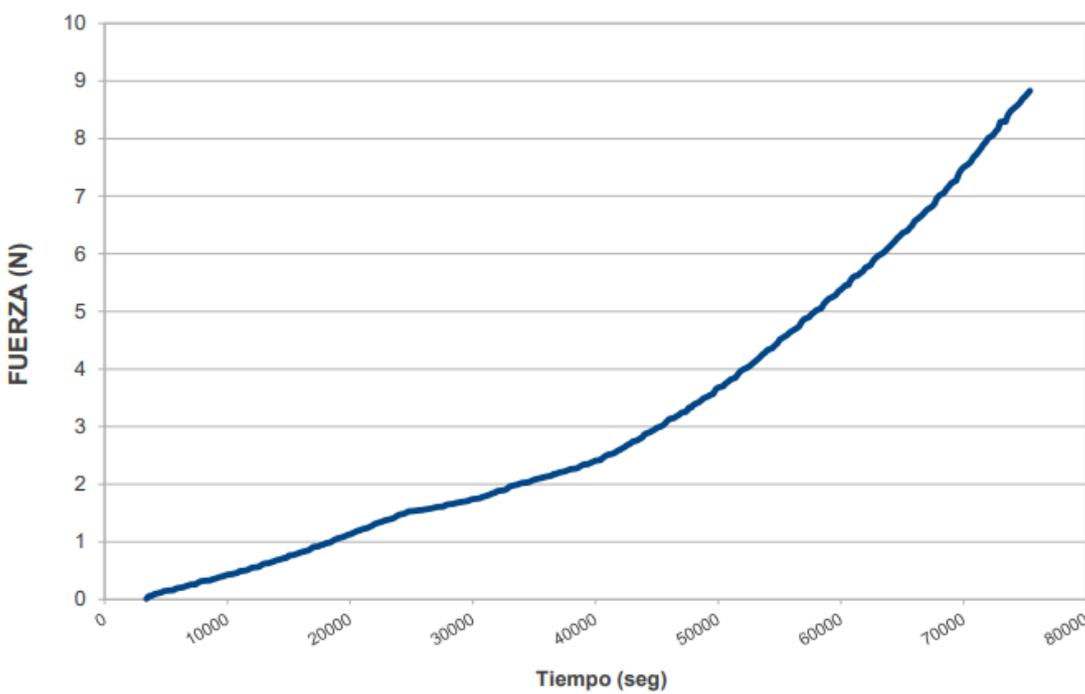
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				Documento	Código	Fecha	Revisión		
					F-AC-LRE-002	10-11-2011	A			
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				Dependencia	Aprobado			Pág.		
				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)		
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
						Ensayo No.: 1-F				
						Fecha de ensayo: 18/10/2021				
CLIENTE: Indeterminado						Número de la Muestra: _____				
DIRECCIÓN: _____						Fecha de producción: 25/08/2021				
MATERIAL: ADOQUINES						F. Recepción: _____				
DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENZA						Slump (cm): _____				
						RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa				
						Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s				
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80,00									
Ancho 'b' (mm)	100,00									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200,05									
Área Transv. Efect.(mm ²)	20005,00									
Carga Máxima (kN)	19,80									
Módulo de rotura (MPa)	9,28									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

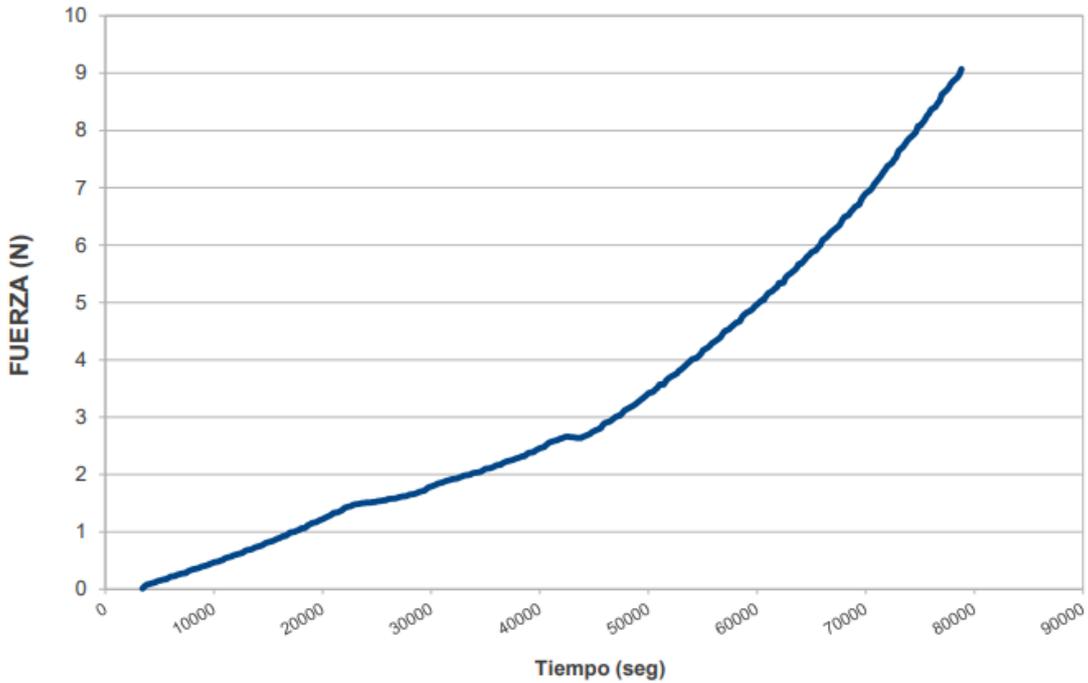
Laboratorista _____ Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 10/08/2017										
			Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co							

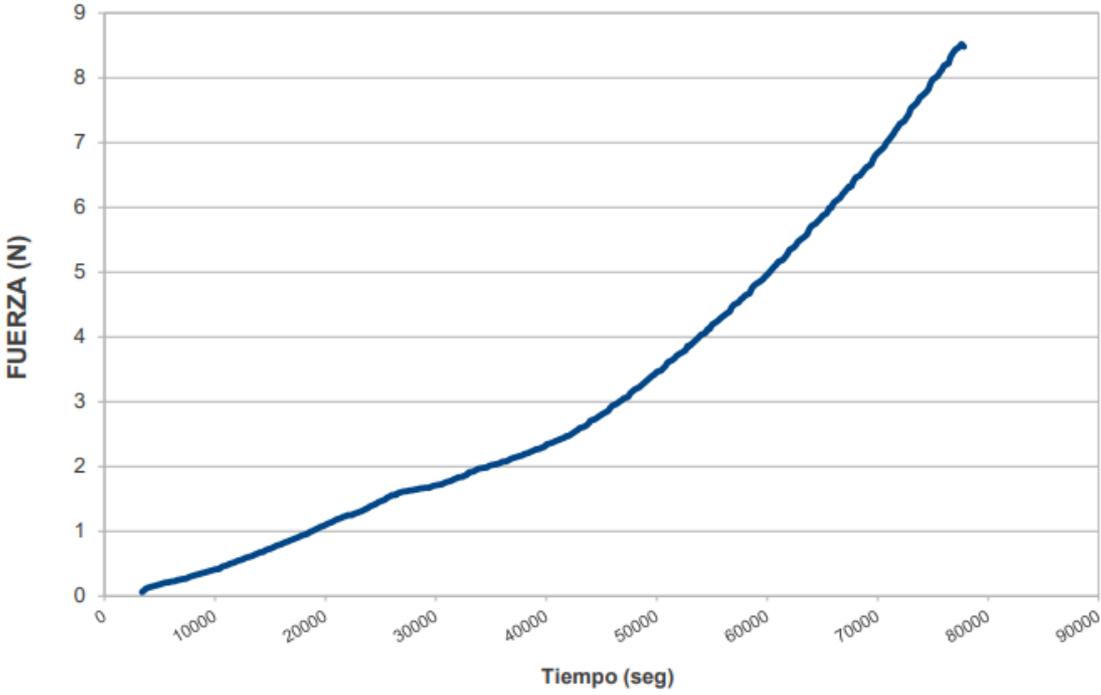
 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia 1958-2021	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#2-A	No. MUESTRA	#2-A	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		8,300	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,891	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

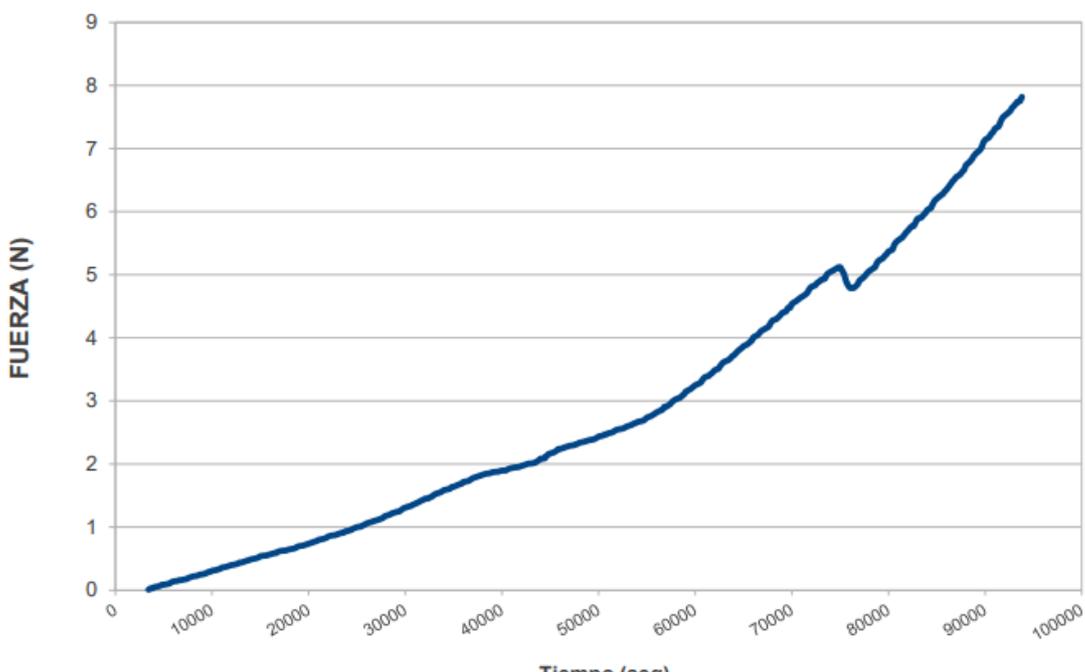
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Cúcuta - Colombia</small> <small>Facultad de Ingeniería</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#2-B	No. MUESTRA	#2-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89	FUERZA MÁXIMA (kN)		8,300	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,867	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

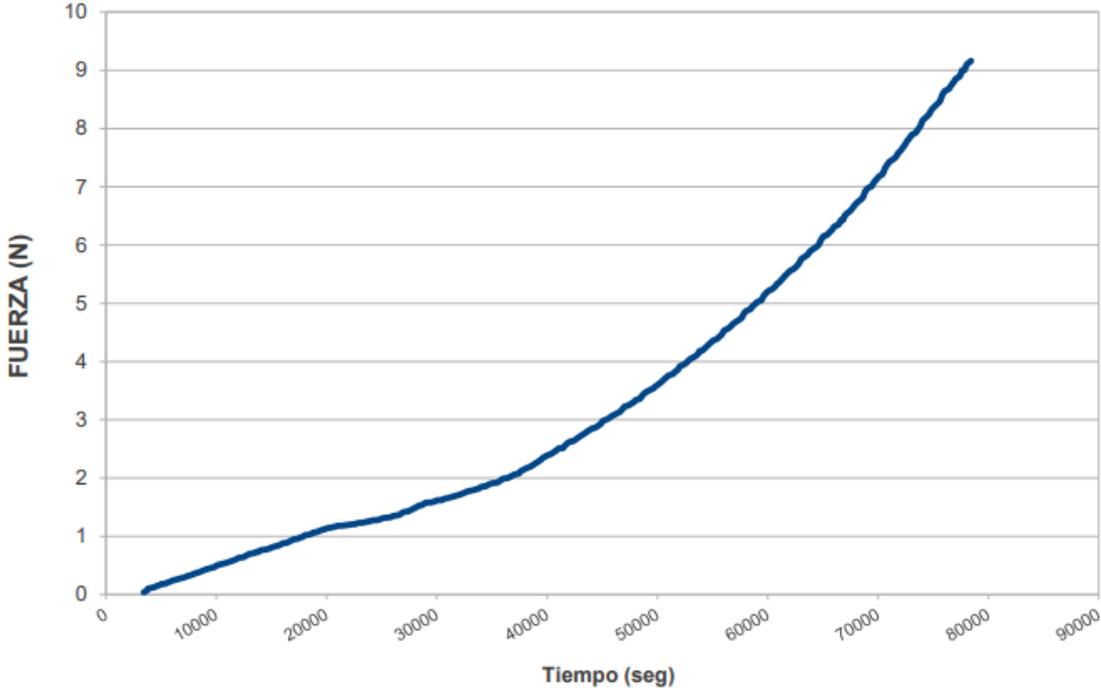
 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia: 1955	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#2-C	No. MUESTRA	#2-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96	FUERZA MÁXIMA (kN)		9,440	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,411	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

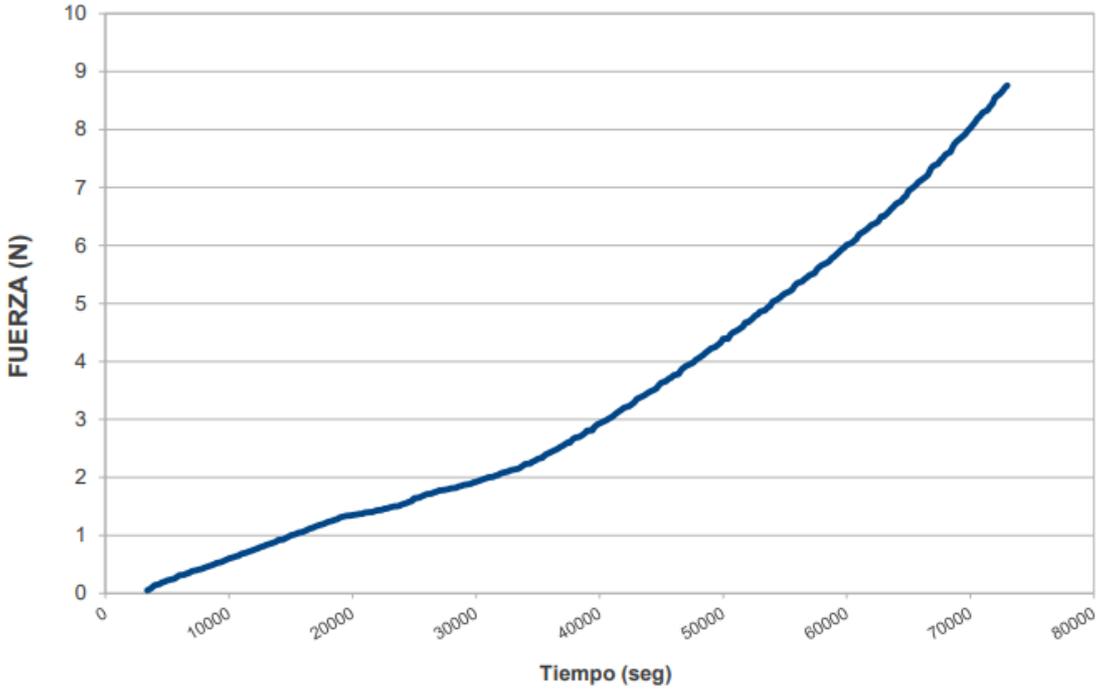
 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia Matriculación	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#2-D	No. MUESTRA	#2-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45	FUERZA MÁXIMA (kN)		8,830	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,139	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. La fuerza comienza a aumentar desde los 10000 segundos y continúa creciendo a un ritmo acelerado hasta los 75000 segundos, donde alcanza su valor máximo de 8,830 N.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

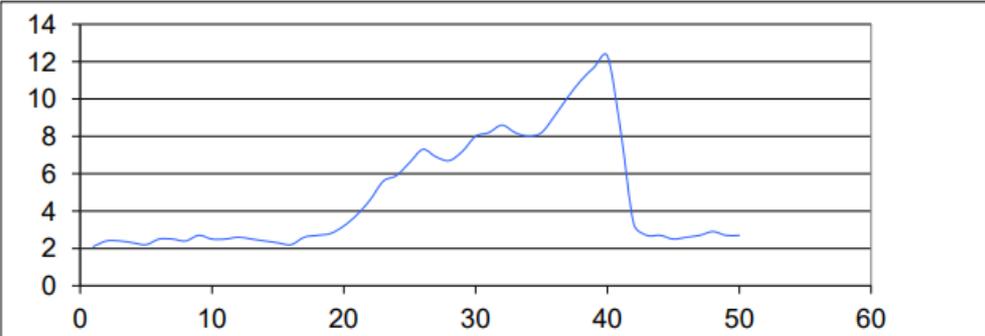
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#2-E	No. MUESTRA	#2-E	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,17	ALTO (mm)	80,15	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,13		FUERZA MÁXIMA (kN)	9,070	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,233		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 45,000 segundos, donde la fuerza alcanza unos 2,5 N. Después de este punto, la curva se vuelve no lineal y se curva hacia arriba, indicando un comportamiento plástico o de rotación, hasta que alcanza su punto máximo de 9,070 N a los 80,000 segundos.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

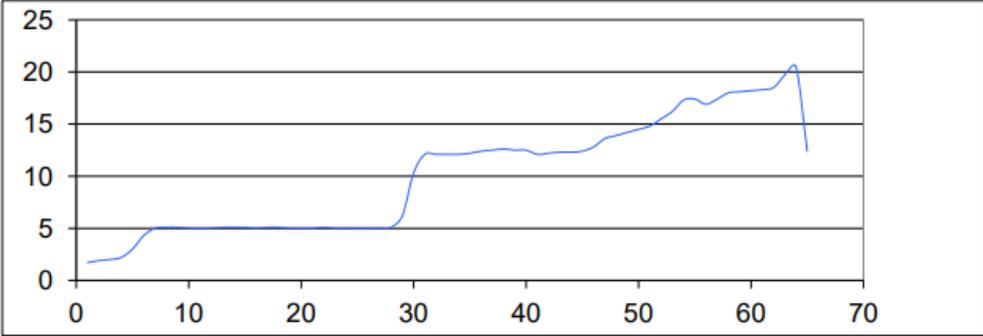
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Cúcuta - Colombia</small> <small>Vigilada Mineducación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#3-A	No. MUESTRA	#3-A	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12		FUERZA MÁXIMA (kN)		8,520
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,994		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

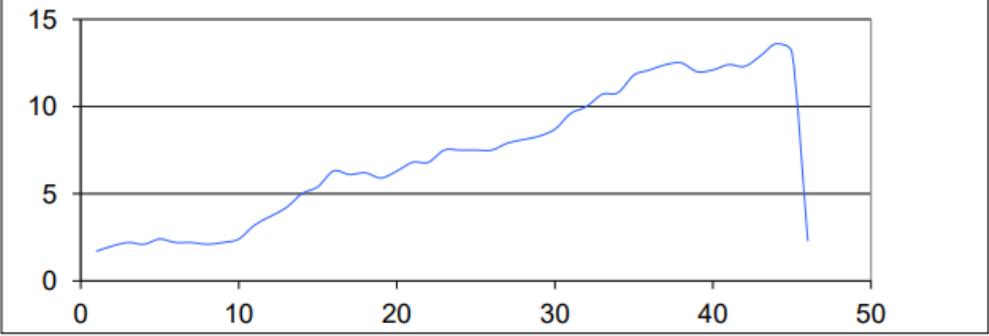
 Universidad Francisco de Paula Santander Coello - Colombia Vigencia: Mineducación	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#3-B	No. MUESTRA	#3-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89	FUERZA MÁXIMA (kN)		7,820	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,652	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#3-C	No. MUESTRA	#3-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96		FUERZA MÁXIMA (kN)		9,160
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,294		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

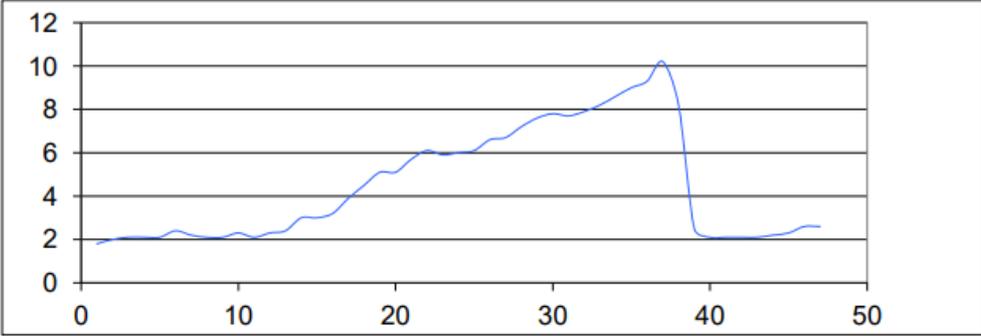
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Ocaña - Colombia</small> <small>Vigilada MinEducación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#3-D	No. MUESTRA	#3-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45		FUERZA MÁXIMA (kN)		8,760
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,106		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCANA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO		Documento	Código	Fecha	Revisión				
				F-AC-LRE-002	10-11-2011	A				
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		Dependencia	Aprobado	Pág.						
		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)						
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
						Ensayo No.: 4-A				
						Fecha de ensayo: 18/10/2021				
CLIENTE: Indeterminado DIRECCIÓN: MATERIAL: ADOQUINES DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA						Número de la Muestra: 24/08/2021 Fecha de producción: F. Recepción: Slump (cm):				
						RESISTENCIA NOMINAL: MPa Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s				
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	79,40									
Ancho 'b' (mm)	100,10									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200,13									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20032,01									
Carga Máxima (kN)	12,30									
Módulo de rotura (MPa)	5,77									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones:										
Laboratorista _____ Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 10/08/2017			
 			Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co							

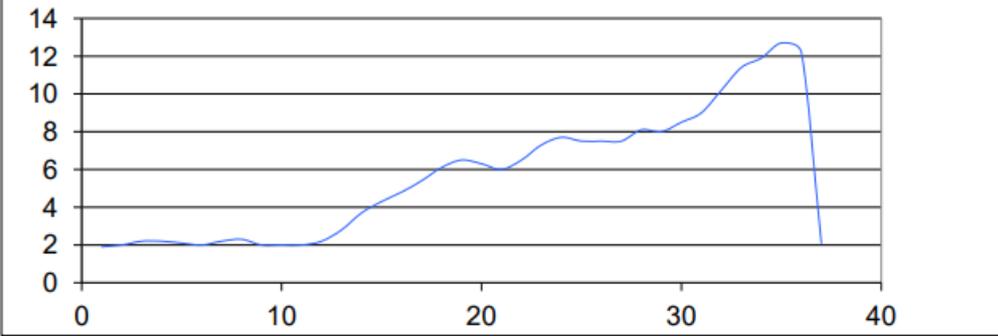
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO			Documento	Código	Fecha	Revisión			
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA			F-AC-LRE-002	10-11-2011	A				
Dependencia				Aprobado			Pág.			
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			1(1)			
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
CLIENTE: Indeterminado DIRECCIÓN: MATERIAL: ADOQUINES DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA					Ensayo No.: 4-B Fecha de ensayo: 18/10/2021 Número de la Muestra: 24/08/2021 Fecha de producción: F. Recepción: Slump (cm): RESISTENCIA NOMINAL: MPa Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s					
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80,00									
Ancho 'b' (mm)	100,15									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	199,89									
Área Transv. Efect.(mm ²)	20018,93									
Carga Máxima (kN)	20,50									
Módulo de rotura (MPa)	9,47									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones:										
Laboratorista										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 10/08/2017			
				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

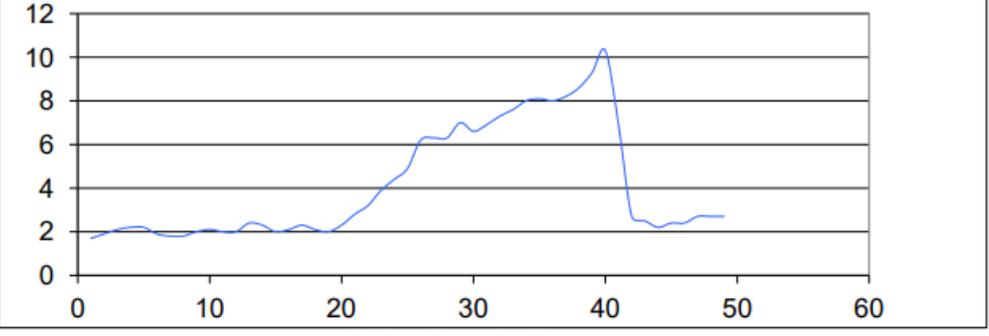
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
	Dependencia	Aprobado		Pág.						
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)						
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
			Ensayo No.: 4-C							
			Fecha de ensayo: 18/10/2021							
CLIENTE: Indeterminado			Número de la Muestra: 24/08/2021							
DIRECCIÓN: _____			Fecha de producción: _____							
MATERIAL: ADOQUINES			F. Recepción: _____							
DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA			Slump (cm): _____							
			RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa							
			Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s							
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	81,20									
Ancho 'b' (mm)	100,04									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	198,96									
Área Transv. Efect.(mm ²)	19903,96									
Carga Máxima (kN)	13,70									
Módulo de rotura (MPa)	6,42									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

Laboratorista _____ Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 10/08/2017										
										
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

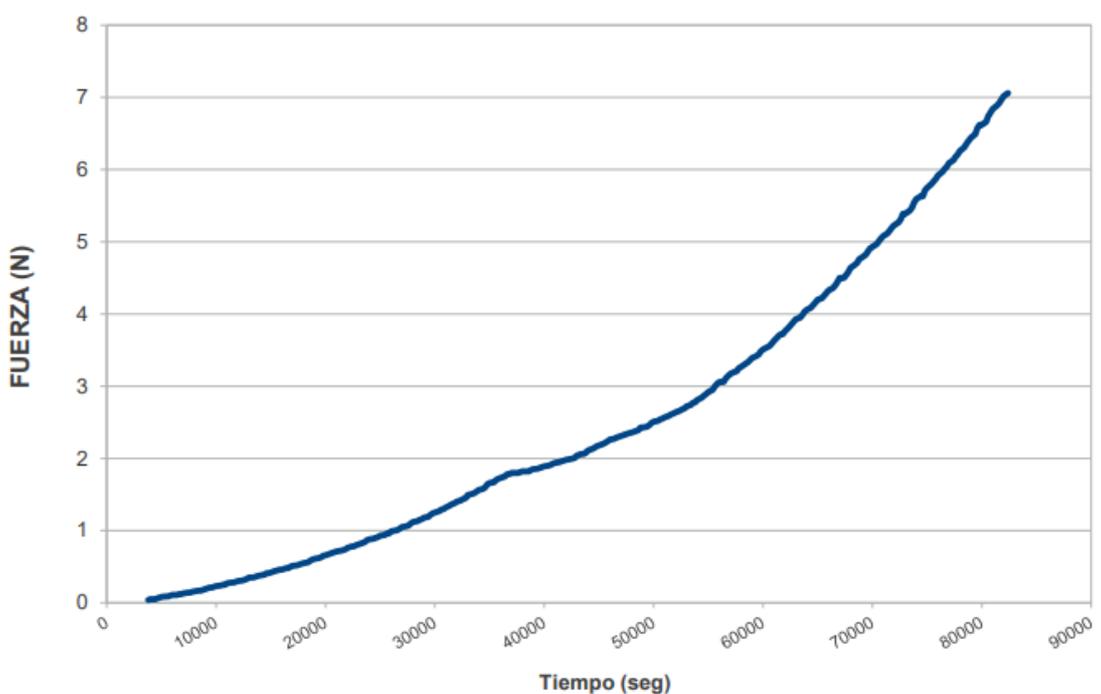
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
Dependencia	Aprobado			Pág.						
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO			1(1)						
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
					Ensayo No.: 4-D					
					Fecha de ensayo: 18/10/2021					
CLIENTE: Indeterminado DIRECCIÓN: MATERIAL: ADOQUINES DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA					Número de la Muestra: Fecha de producción: 12:00:00 AM F. Recepción: Slump (cm):					
					RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa					
					Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s					
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	78.93									
Ancho 'b' (mm)	100.04									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	198.96									
Área Transv. Efect.(mm ²)	19903.96									
Carga Máxima (kN)	10.40									
Módulo de rotura (MPa)	4.88									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

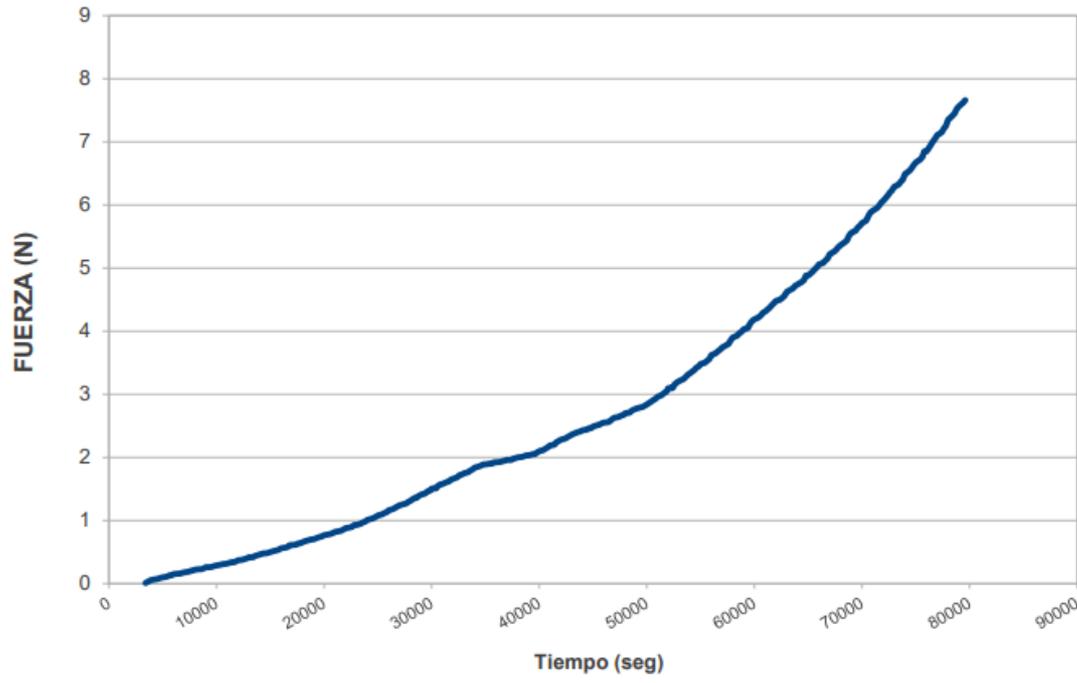
Laboratorista					Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.					
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN		No. se serie: 109		Calibración: 10/08/2017			
 		Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co								

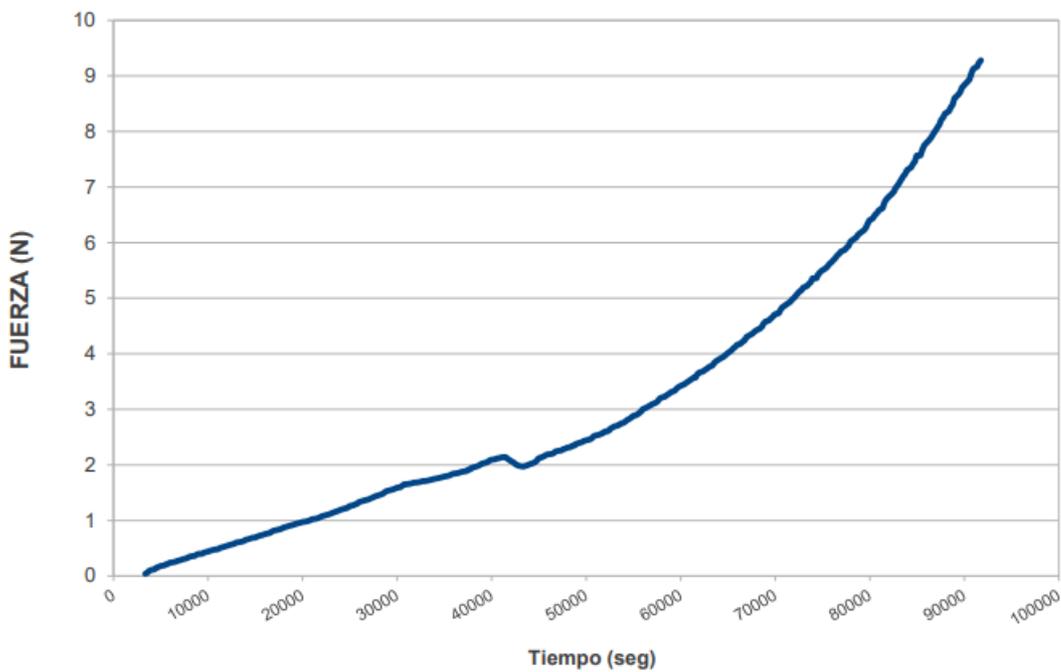
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento				Codigo		Fecha		Revision	
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO				F-AC-LRE-002		10-11-2011		A	
	Dependencia				Aprobado		Pág.			
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA				DIRECTOR DE DEPARTAMENTO				1(1)		
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
						Ensayo No.: 4-E				
						Fecha de ensayo: 18/10/2021				
CLIENTE: Indeterminado DIRECCIÓN: _____ MATERIAL: ADOQUINES DESCRIPCIÓN: CONCRETO-ARCILLA-CENIZA						Número de la Muestra: _____ Fecha de producción: 24/08/2021 F. Recepción: _____ Slump (cm): _____				
						RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa Vel de ensayo : 0.5 MPa/s MPa/s				
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80,15									
Ancho 'b' (mm)	100,17									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200,13									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20047,02									
Carga Máxima (kN)	13,30									
Módulo de rotura (MPa)	6,23									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										
Laboratorista _____										
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda.			Rango: 1000 kN			No. se serie: 109			Calibración: 10/08/2017	
				Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co						

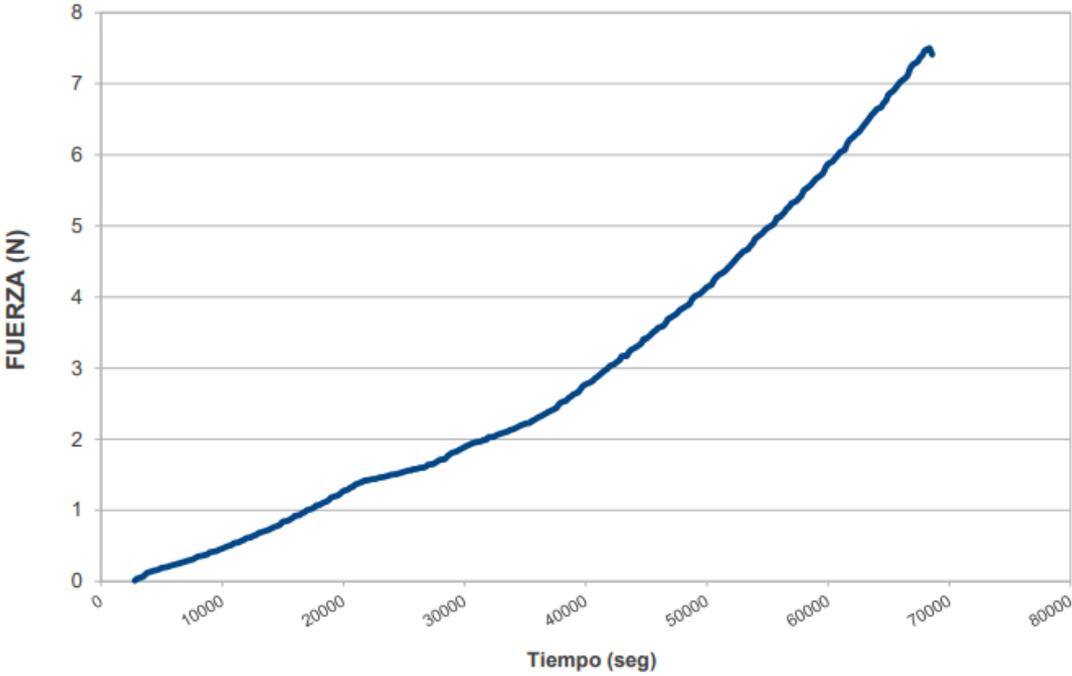
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA										
	Documento	Código	Fecha	Revision						
	RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO	F-AC-LRE-002	10-11-2011	A						
Dependencia	Aprobado		Pág.							
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)							
FLEXIÓN CON TRES APOYOS (NTC 663)										
Ensayo No.: 4-F										
Fecha de ensayo: <u>18/10/2021</u>										
CLIENTE: <u>Indeterminado</u>	Número de la Muestra: _____									
DIRECCIÓN: _____	Fecha de producción: <u>12:00:00 AM</u>									
MATERIAL: <u>ADOQUINES</u>	F. Recepción: _____									
DESCRIPCIÓN: <u>CONCRETO-ARCILLA-CENIZA</u>	Slump (cm): _____									
	RESISTENCIA NOMINAL: _____ MPa									
	Vel de ensayo : <u>0.5 MPa/s</u> MPa/s									
Resultados de ensayo										
No. De la Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensiones										
Altura 'd' (mm)	80,15									
Ancho 'b' (mm)	100,17									
Dist. Apoyos 'l' (mm)	200,13									
Area Transv. Efect.(mm ²)	20047,02									
Carga Máxima (kN)	10,30									
Módulo de rotura (MPa)	4,83									
										
Gráfico : Fuerza Vs Tiempo										
Observaciones: _____										

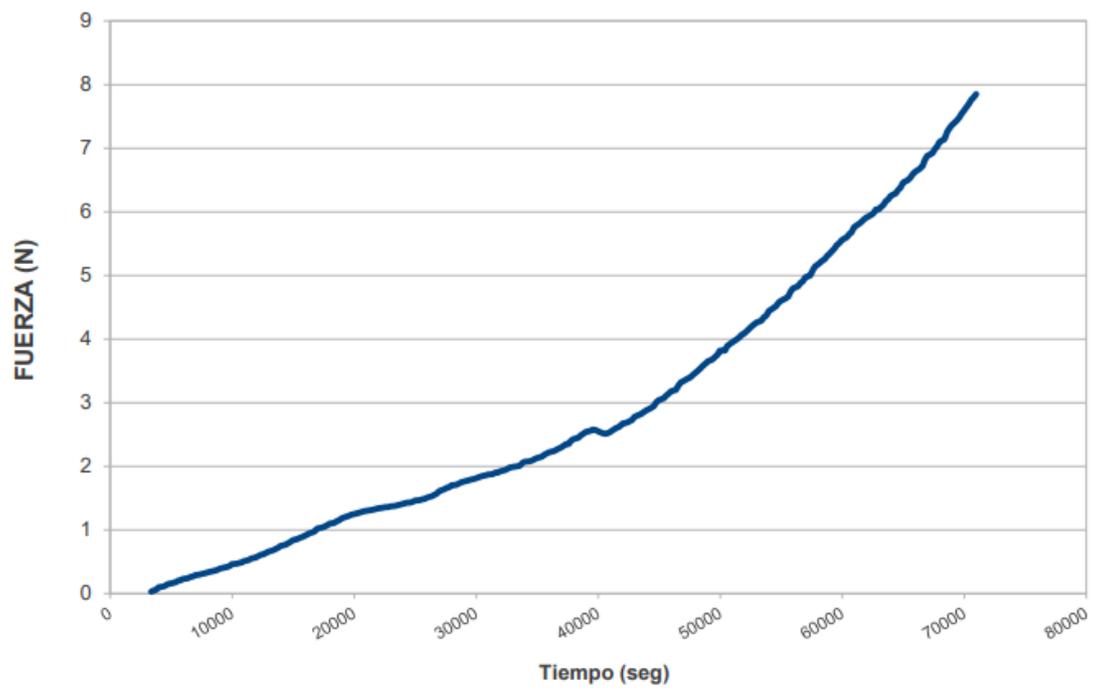
Laboratorista _____ Jefe de Laboratorio: <u>Nelson Afanador García PhD.</u>										
Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: <u>1000 kN</u> No. se serie: <u>109</u> Calibración: <u>10/08/2017</u>										
										
Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co										

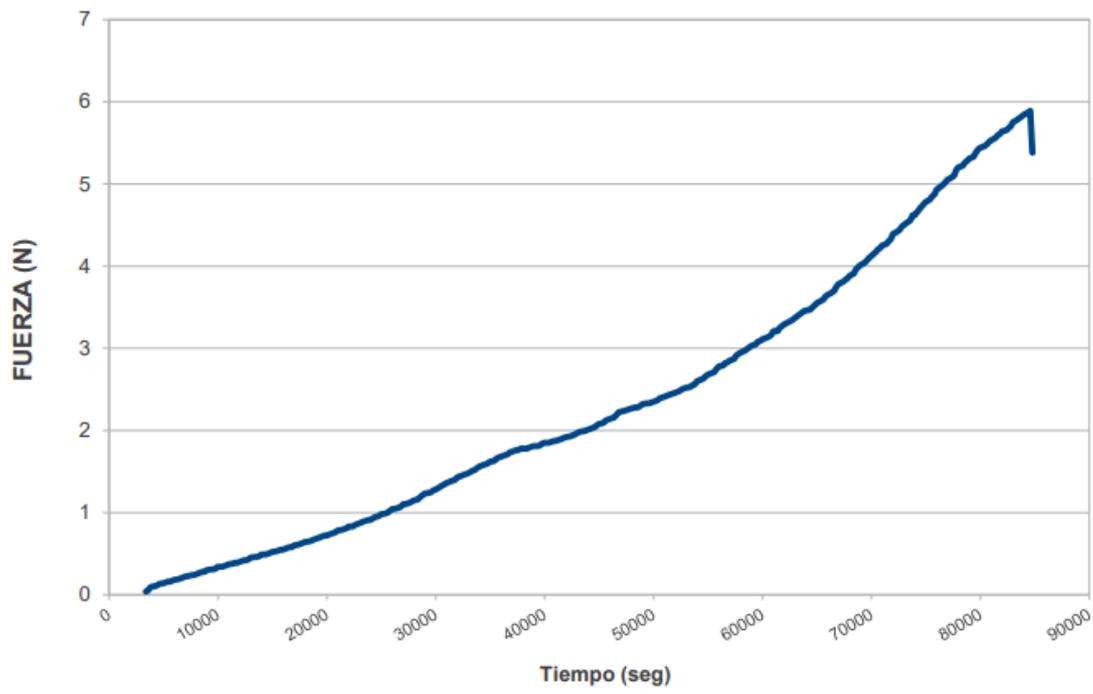
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Cocle - Colombia</small> <small>Vigilada MinEducación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA																								
					Rev 1																				
					2014-08-22																				
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA																									
ENSAYO No.	#5-A	No. MUESTRA	#5-A	FECHA	18/10/2021																				
CLIENTE	Pinzuar LTDA																								
PROYECTO	Proyecto de pruebas																								
MATERIAL	Indeterminado																								
DESCRIPCIÓN																									
INFORMACIÓN DE LA PROBETA																									
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200																				
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		7,060																					
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,309	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000																					
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO																									
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 3,309 N, después de lo cual la fuerza continúa aumentando a una tasa mayor, hasta alcanzar un valor de 7,060 N a los 80,000 segundos.</p> <table border="1"> <caption>Datos estimados del gráfico Fuerza vs. Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (seg)</th> <th>Fuerza (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>20000</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>30000</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>40000</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>50000</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>60000</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>70000</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>80000</td><td>7.060</td></tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Fuerza (N)	0	0	10000	0.5	20000	1.0	30000	1.5	40000	2.0	50000	2.5	60000	3.5	70000	4.5	80000	7.060
Tiempo (seg)	Fuerza (N)																								
0	0																								
10000	0.5																								
20000	1.0																								
30000	1.5																								
40000	2.0																								
50000	2.5																								
60000	3.5																								
70000	4.5																								
80000	7.060																								
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO																					

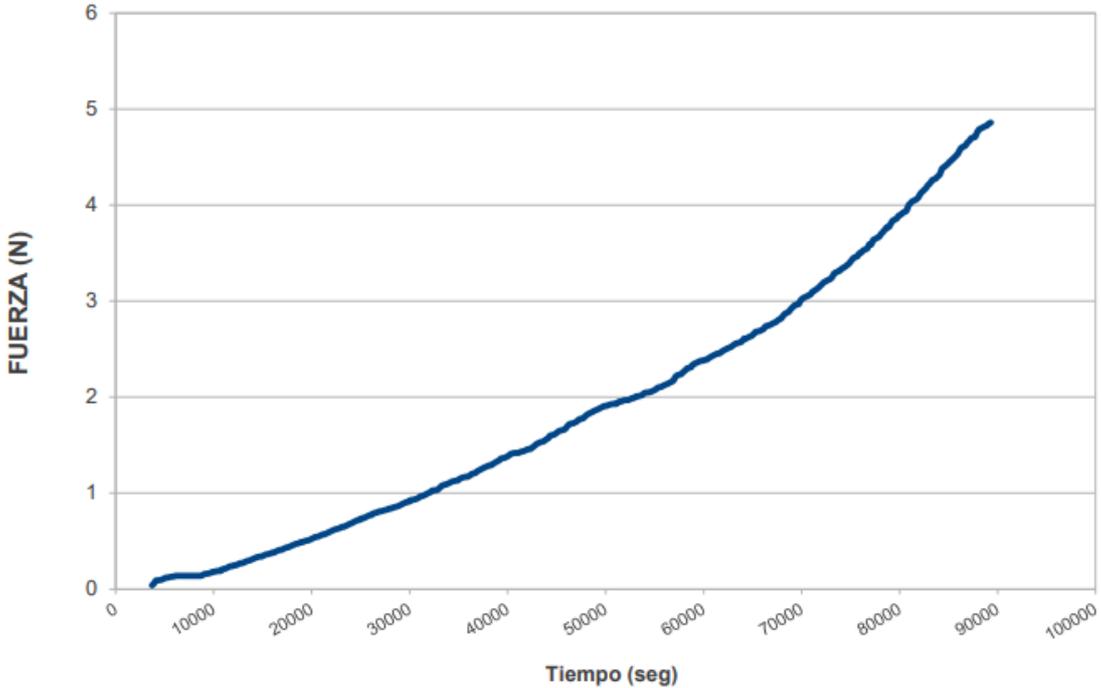
 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigencia: 1992	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#5-B	No. MUESTRA	#5-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89		FUERZA MÁXIMA (kN)	7,710	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,591		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

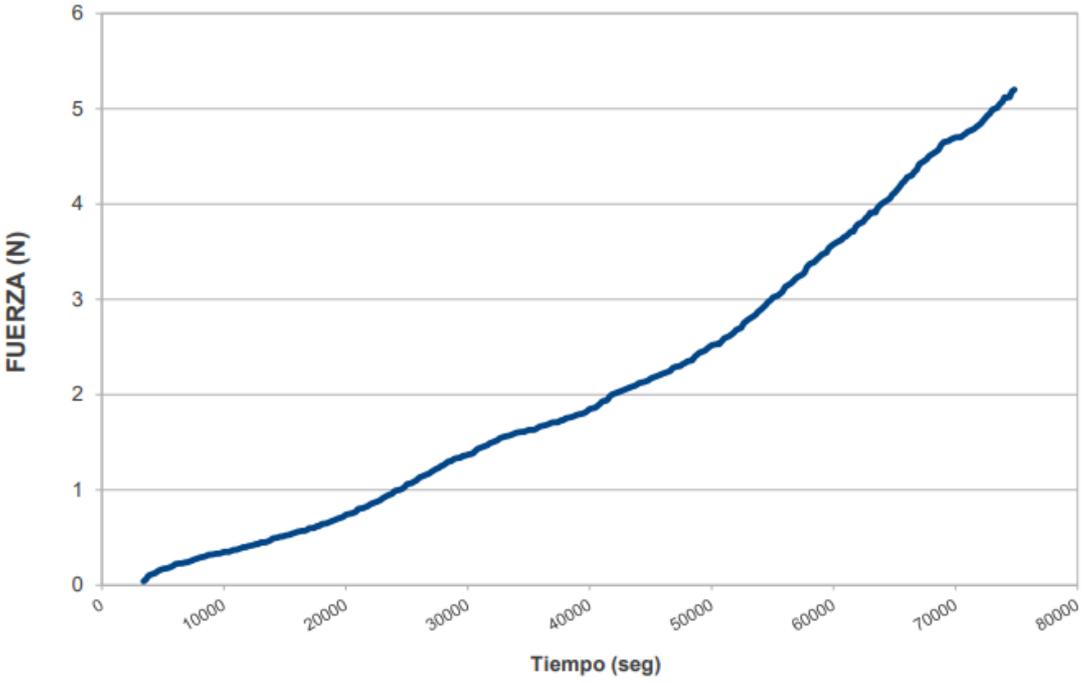
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Coele - Colombia</small> <small>Vigilada por el Ministerio de Educación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#5-C	No. MUESTRA	#5-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96	FUERZA MÁXIMA (kN)		9,280	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,350	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical representa la fuerza en Newtons (N), con una escala de 0 a 10. El eje horizontal representa el tiempo en segundos (seg), con una escala de 0 a 100,000. La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 40,000 segundos, donde se observa un pequeño punto de inflexión. Después de esto, la curva se vuelve más pronunciada, indicando un comportamiento plástico o de rotura, hasta alcanzar un valor máximo de fuerza de 9,280 N a los 92,000 segundos.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

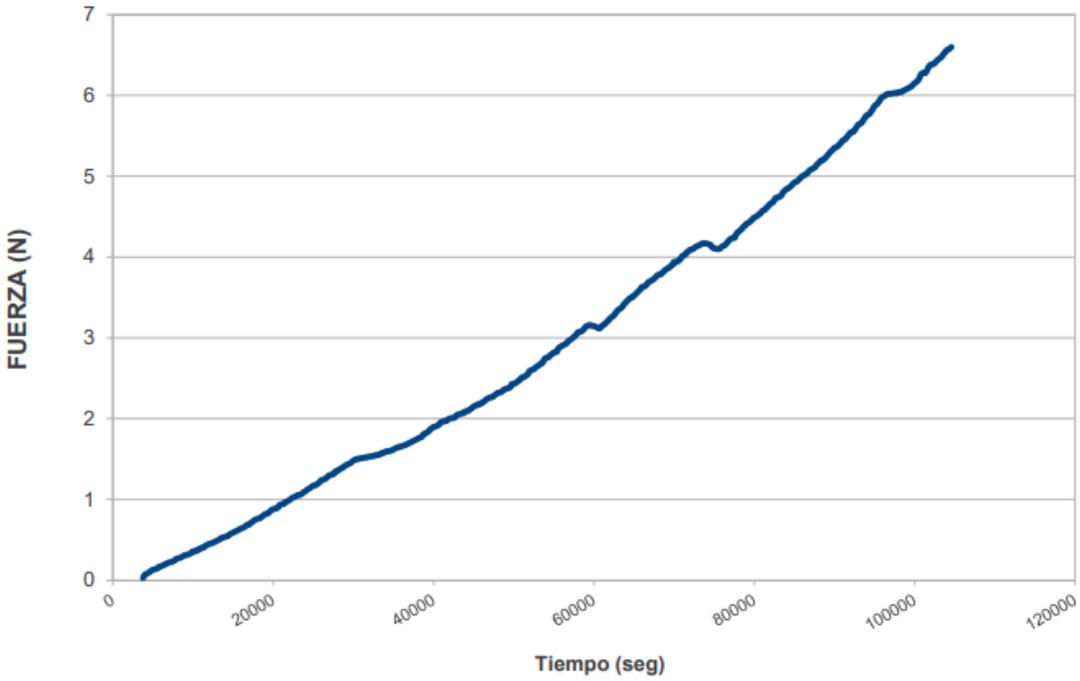
 Universidad Francisco de Paula Santander Coaña - Colombia Vigencia Educación	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#5-D	No. MUESTRA	#5-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45		FUERZA MÁXIMA (kN)	7,550	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,539		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA			JEFE LABORATORIO		

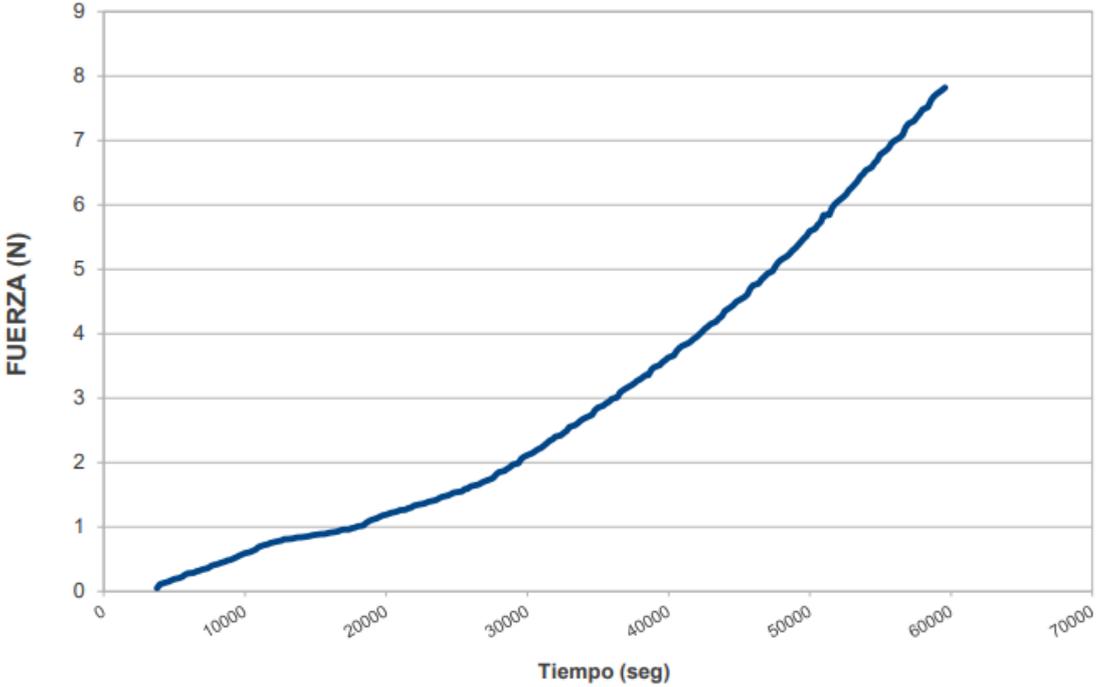
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#5-E	No. MUESTRA	#5-E	FECHA	2021-10-20
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45	FUERZA MÁXIMA (kN)		7,850	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,680	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

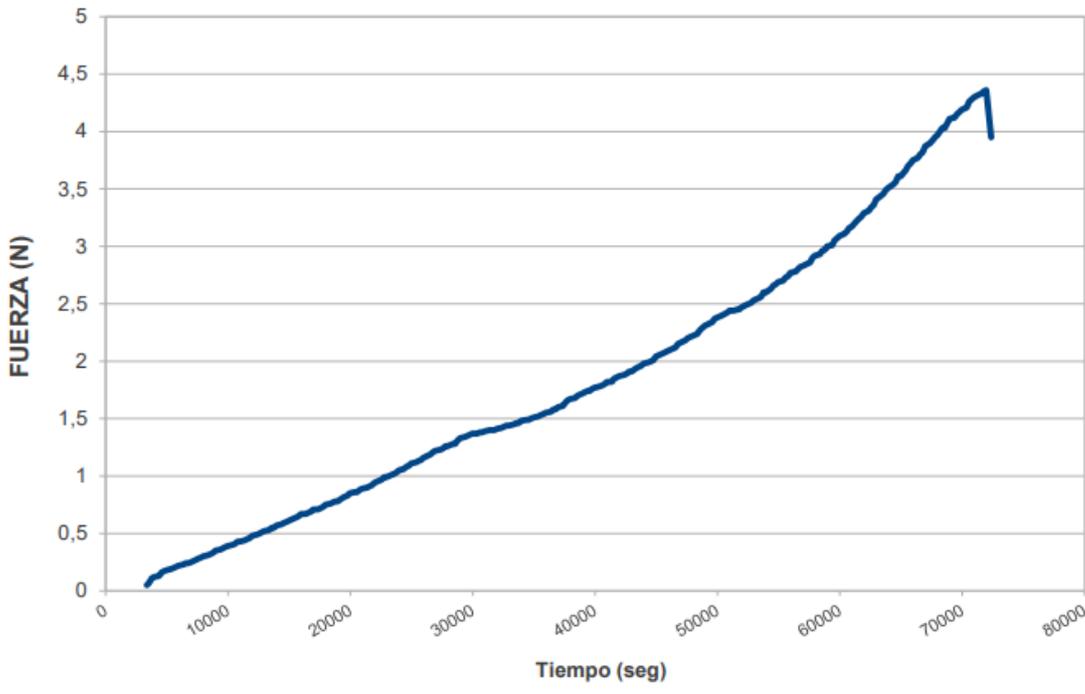
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#6-A	No. MUESTRA	#6-A	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		5,890	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	2,761	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

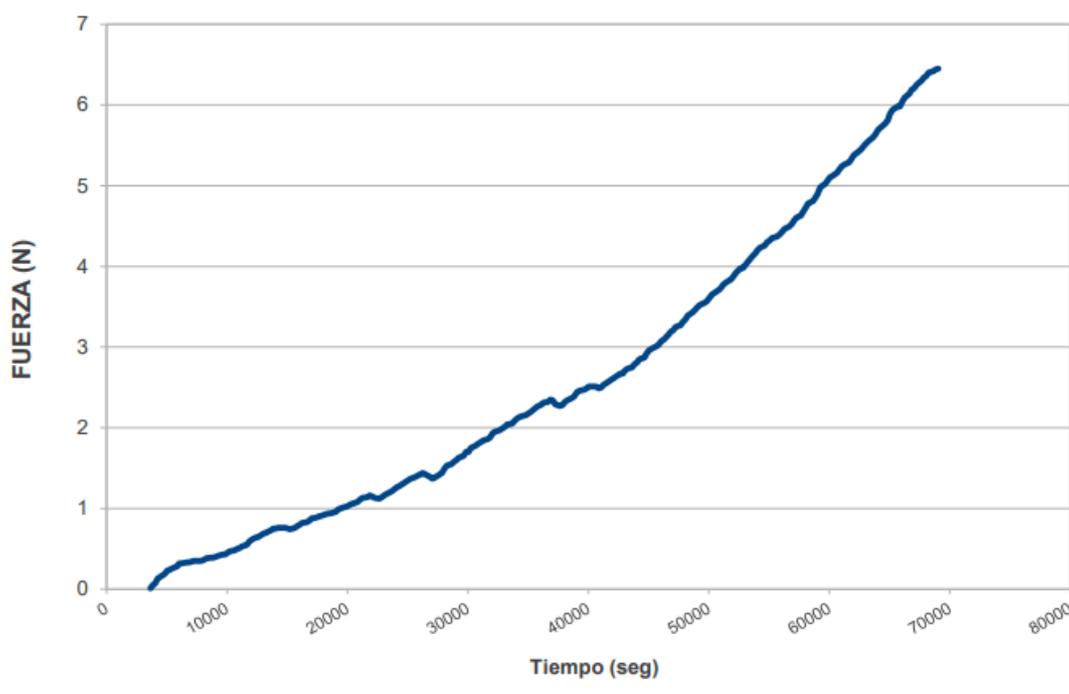
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
				2014-08-22	
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#6-B	No. MUESTRA	#6-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89		FUERZA MÁXIMA (kN)		4,860
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	2,278		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

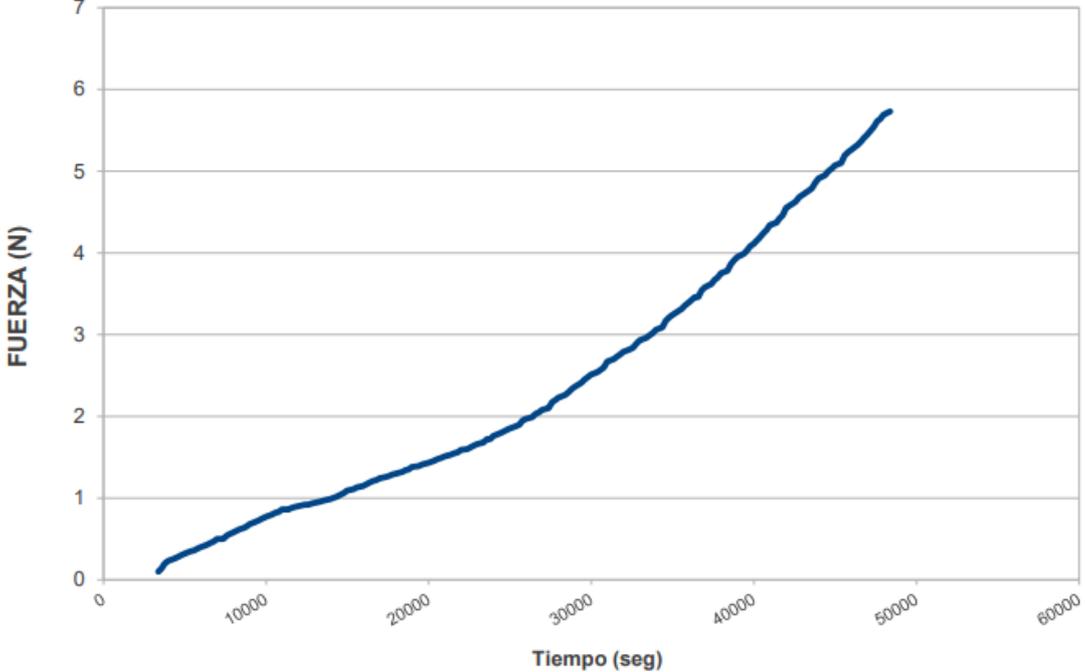
 Universidad Francisco de Paula Santander Coahuila - Colombia <small>Facultad de Ingeniería</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#6-C	No. MUESTRA	#6-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96		FUERZA MÁXIMA (kN)	5,200	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	2,428		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

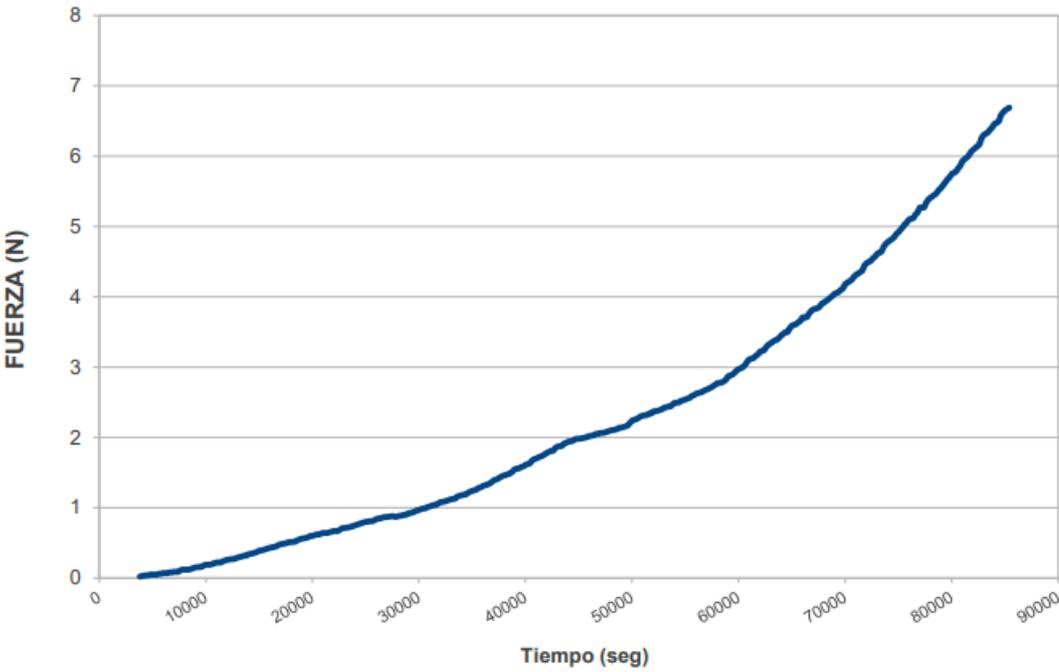
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#6-D	No. MUESTRA	#6-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45	FUERZA MÁXIMA (kN)		6,600	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,094	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

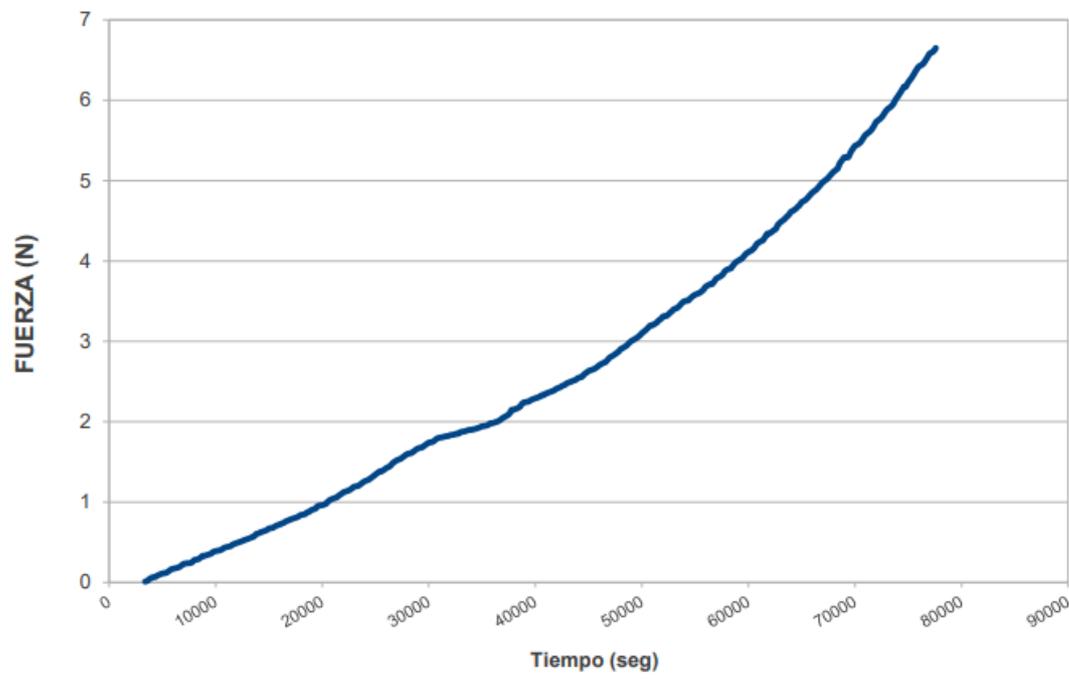
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#7-A	No. MUESTRA	#7-A	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	100,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		7,820	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,666	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

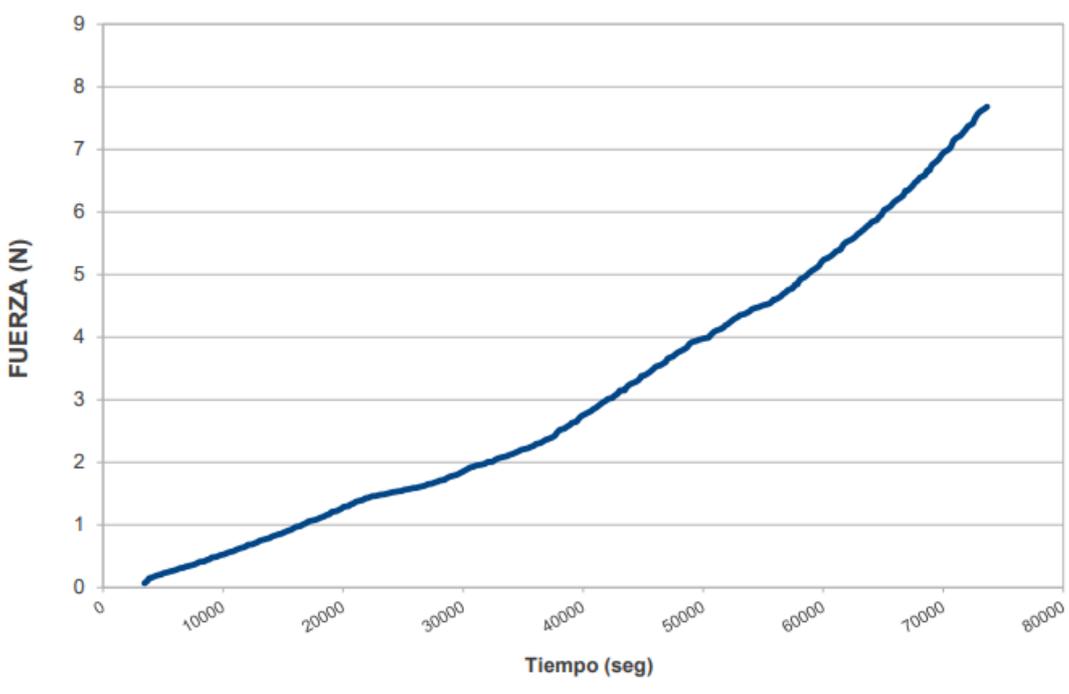
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#7-B	No. MUESTRA	#7-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89	FUERZA MÁXIMA (kN)		4,360	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	2,044	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

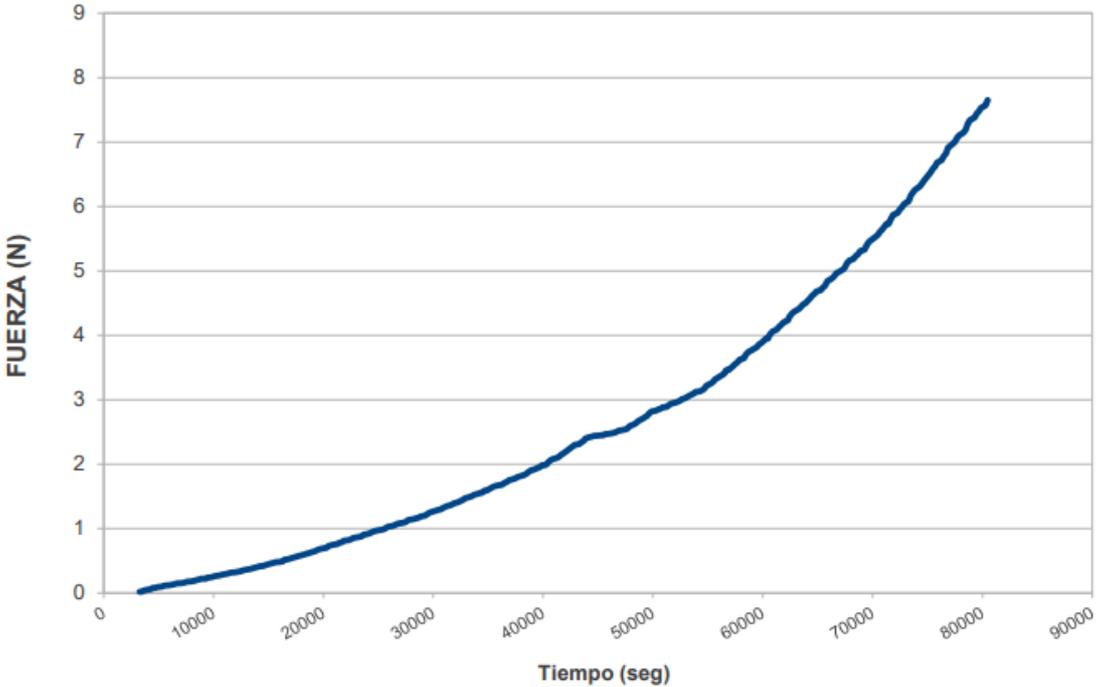
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1 2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#7-C	No. MUESTRA	#7-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96		FUERZA MÁXIMA (kN)	6,450	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,023		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 40,000 segundos, donde la fuerza alcanza unos 3,000 N. Después de este punto, la curva se vuelve más pronunciada, indicando un comportamiento plástico, hasta que se alcanza la fuerza máxima de 6,450 N a los 70,000 segundos.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

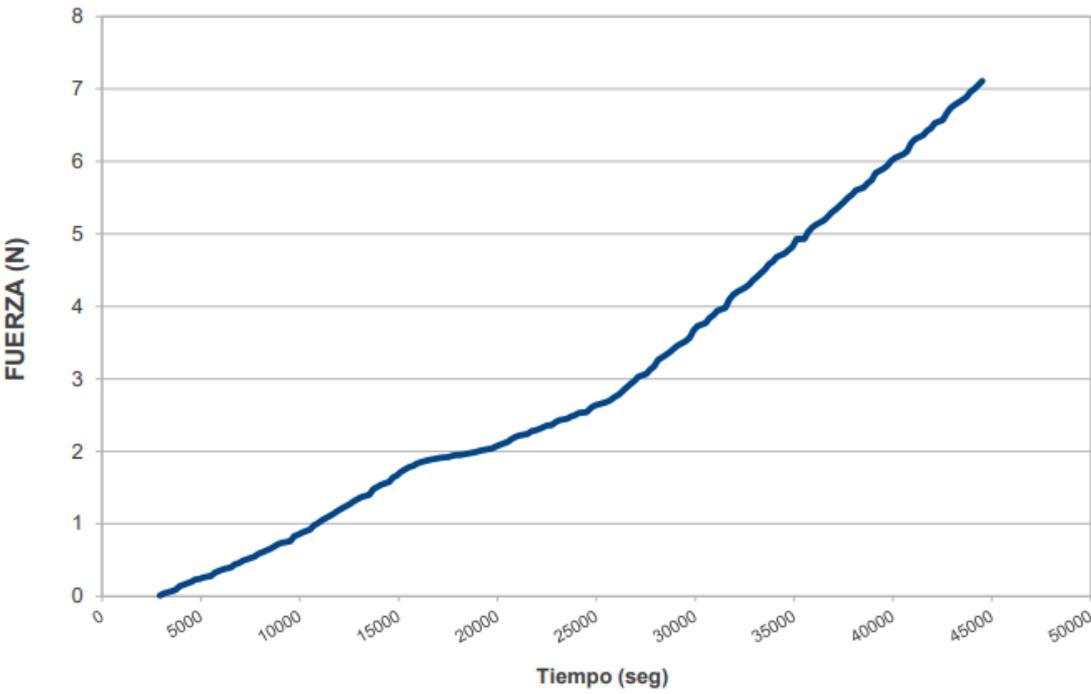
 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia 1968-2018	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#8-A	No. MUESTRA	#8-A	FECHA	18/19/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		5,730	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	2,686	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

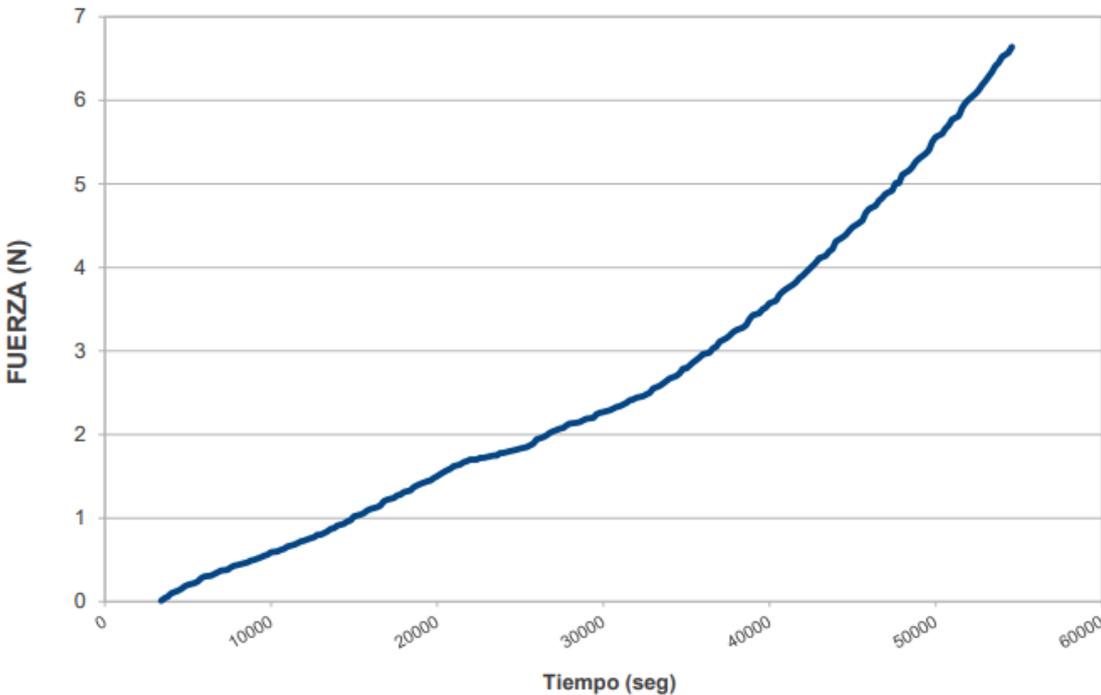
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#8-B	No. MUESTRA	#8-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89	FUERZA MÁXIMA (kN)		6,690	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,136	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia: 1992-2022	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#8-C	No. MUESTRA	#8-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96	FUERZA MÁXIMA (kN)		6,690	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,117	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical representa la fuerza en Newtons (N), con una escala de 0 a 7. El eje horizontal representa el tiempo en segundos (seg), con una escala de 0 a 90,000. La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 30,000 segundos, donde la fuerza es de unos 1,8 N. Después de este punto, la curva se vuelve más pronunciada, indicando un comportamiento plástico, hasta que alcanza su punto máximo de aproximadamente 6,7 N a los 80,000 segundos.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

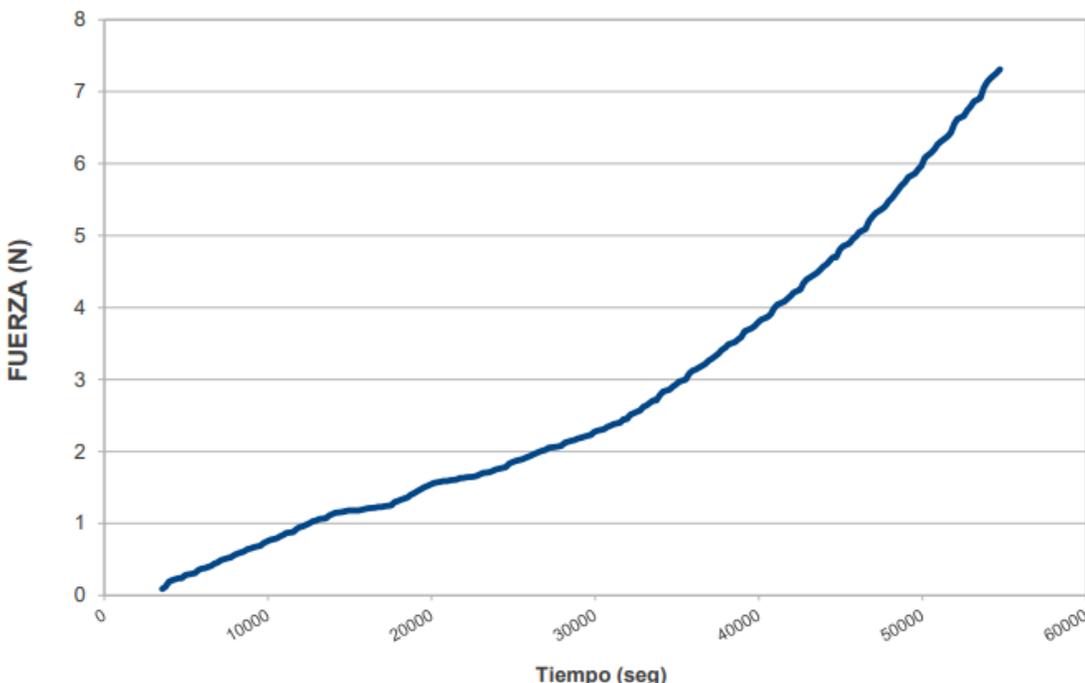
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA																								
					Rev 1																				
					2014-08-22																				
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA																									
ENSAYO No.	#8-D	No. MUESTRA	#8-D	FECHA	18/10/2021																				
CLIENTE	Pinzuar LTDA																								
PROYECTO	Proyecto de pruebas																								
MATERIAL	Indeterminado																								
DESCRIPCIÓN																									
INFORMACIÓN DE LA PROBETA																									
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200																				
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45		FUERZA MÁXIMA (kN)	7,680																					
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,600		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000																					
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO																									
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico hasta aproximadamente 3,600 N, donde se produce la rotura. Después de este punto, la fuerza continúa aumentando hasta alcanzar un valor máximo de 7,680 N a los 75,000 segundos.</p> <table border="1"> <caption>Datos estimados del gráfico Fuerza vs. Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (seg)</th> <th>Fuerza (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>20000</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>30000</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>40000</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>50000</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>60000</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>70000</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>75000</td><td>7.680</td></tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Fuerza (N)	0	0	10000	0.5	20000	1.0	30000	1.5	40000	2.5	50000	4.0	60000	5.5	70000	7.0	75000	7.680
Tiempo (seg)	Fuerza (N)																								
0	0																								
10000	0.5																								
20000	1.0																								
30000	1.5																								
40000	2.5																								
50000	4.0																								
60000	5.5																								
70000	7.0																								
75000	7.680																								
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO																					

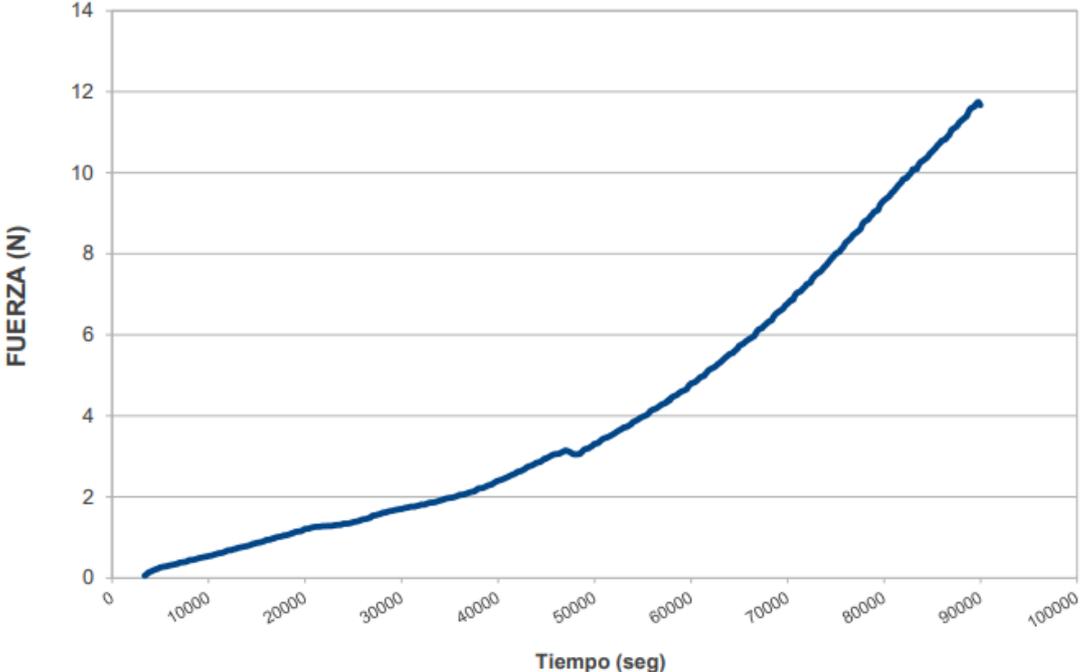
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#9-a	No. MUESTRA	#9-a	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12		FUERZA MÁXIMA (kN)	7,650	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,572		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico lineal hasta aproximadamente 45,000 segundos, donde la fuerza alcanza unos 2,500 N. Después de este punto, la curva se vuelve no lineal y se curva hacia arriba, indicando un comportamiento plástico hasta el punto de rotura a los 80,000 segundos, donde la fuerza máxima registrada es de 7,650 N.</p>					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

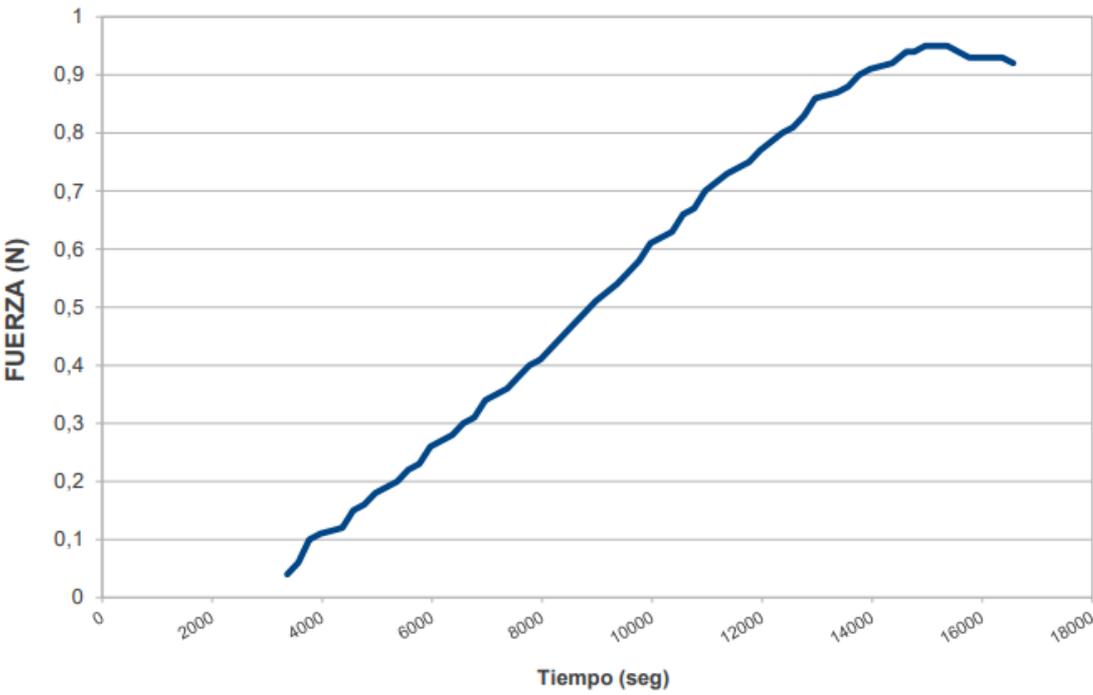
	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#9-C	No. MUESTRA	#9-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96		FUERZA MÁXIMA (kN)	7,110	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,333		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

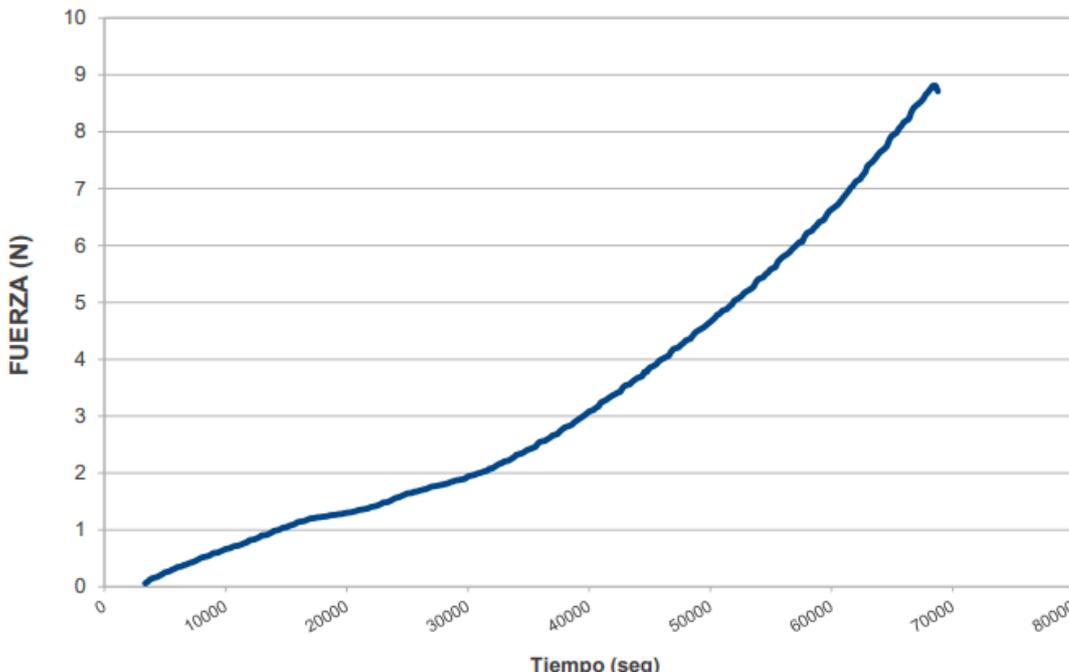
 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Cúcuta - Colombia</small> <small>Vigilada por el Ministerio de Educación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
2014-08-22					
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#9-D	No. MUESTRA	#9-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45		FUERZA MÁXIMA (kN)		6,660
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,112		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

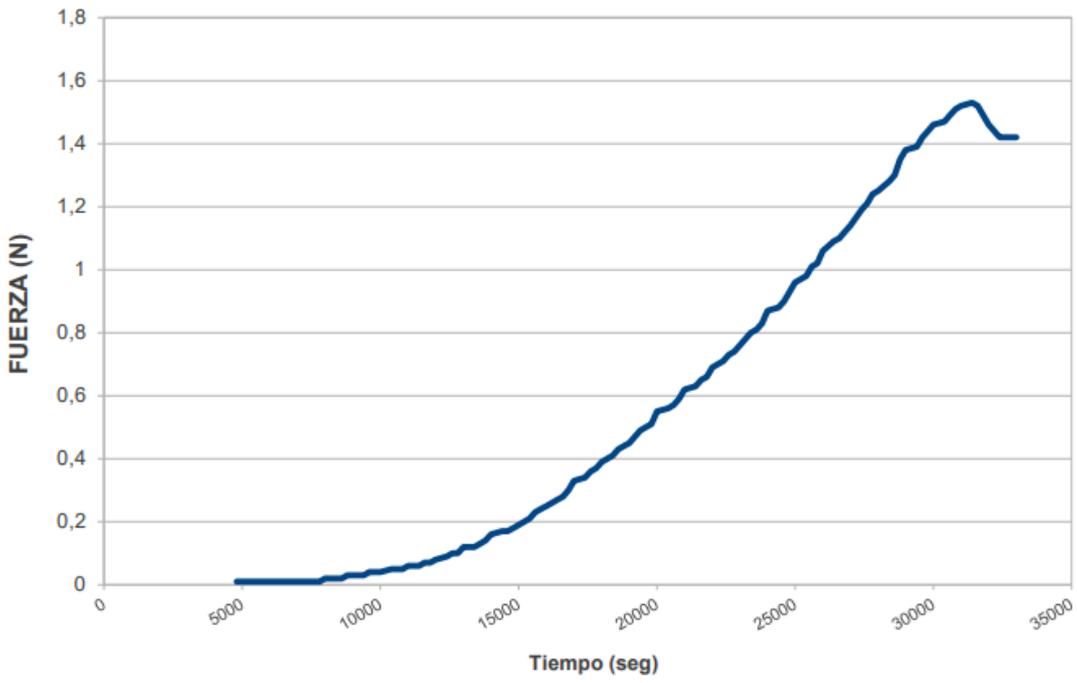
+

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Cómbita - Colombia</small> <small>Vigilada MinEducación</small>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA																				
					Rev 1																
					2014-08-22																
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA																					
ENSAYO No.	#9-E	No. MUESTRA	#9-E	FECHA	18/10/2021																
CLIENTE	Pinzuar LTDA																				
PROYECTO	Proyecto de pruebas																				
MATERIAL	Indeterminado																				
DESCRIPCIÓN																					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA																					
ANCHO (mm)	100,17	ALTO (mm)	80,15	LONGITUD (mm)	200																
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,13	FUERZA MÁXIMA (kN)		7,310																	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	3,427	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000																	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO																					
 <p>El gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo durante el ensayo. El eje vertical (Fuerza) está en Newtons (N) y el eje horizontal (Tiempo) está en segundos (seg). La curva comienza en el origen (0,0) y muestra un comportamiento elástico hasta aproximadamente 40,000 segundos, donde la fuerza alcanza unos 4,000 N. Después de este punto, la curva se vuelve más pronunciada, indicando un comportamiento plástico, hasta que se alcanza la fuerza máxima de 7,310 N a los 55,000 segundos.</p> <table border="1"> <caption>Datos estimados del gráfico Fuerza vs. Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (seg)</th> <th>Fuerza (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>20000</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>30000</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>40000</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>50000</td><td>6.0</td></tr> <tr><td>55000</td><td>7.310</td></tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Fuerza (N)	0	0	10000	0.8	20000	1.5	30000	2.2	40000	3.8	50000	6.0	55000	7.310
Tiempo (seg)	Fuerza (N)																				
0	0																				
10000	0.8																				
20000	1.5																				
30000	2.2																				
40000	3.8																				
50000	6.0																				
55000	7.310																				
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO																	

 Universidad Francisco de Paula Santander Coahuila - Colombia Vigencia: 1994-2014	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#10-A	No. MUESTRA	#10-A	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,1	ALTO (mm)	79,4	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,12	FUERZA MÁXIMA (kN)		11,750	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	5,508	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA			
					Rev 1
			2014-08-22		
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#10-B	No. MUESTRA	#10-B	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,15	ALTO (mm)	80	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	199,89		FUERZA MÁXIMA (kN)	0,950	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	0,445		DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia Vigencia: 1969-2019	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1
					2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#10-C	No. MUESTRA	#10-C	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	100,04	ALTO (mm)	81,2	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	198,96	FUERZA MÁXIMA (kN)		8,870	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	4,158	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	

	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SÍSMICA				
					Rev 1 2014-08-22
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA					
ENSAYO No.	#10-D	No. MUESTRA	#10-D	FECHA	18/10/2021
CLIENTE	Pinzuar LTDA				
PROYECTO	Proyecto de pruebas				
MATERIAL	Indeterminado				
DESCRIPCIÓN					
INFORMACIÓN DE LA PROBETA					
ANCHO (mm)	99,8	ALTO (mm)	78,93	LONGITUD (mm)	200
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	200,45	FUERZA MÁXIMA (kN)		1,530	
ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	0,717	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)		0,000	
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO					
					
LABORATORISTA				JEFE LABORATORIO	