



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO DRAMIX 3D EN ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

EVALUATION OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE MIXTURE OF CONCRETE REINFORCED WITH DRAMIX 3D STEEL FIBERS IN A RIGID PAVEMENT STRUCTURE

GERMAN ALEJANDRO TORRES RUIZ

Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás de Villavicencio, german.torres@usantotomas.edu.co

Resumen: En la ingeniería la innovación en los procesos constructivos y el uso de nuevos materiales se ha vuelto muy importante, por lo que, en el siguiente trabajo se evaluará las propiedades mecánicas del concreto reforzado con diferentes dosificaciones de acero DRAMIX 3D, aplicado en el campo de los pavimentos rígidos, principalmente mediante ensayos de compresión de cilindros, flexión de vigas y un diseño de pavimento rígido por el método PCA con la finalidad de comparar el concreto con y sin refuerzo de dichas fibras de acero.

En la construcción es importante la optimización de los recursos, tiempo y resultados de los procesos siempre será vital, por lo que, la búsqueda de nuevas alternativas en los procedimientos constructivos se convierte en una necesidad, de aquí surge la idea de implementar las fibras de acero DRAMIX 3D como reforzamiento del concreto, por sus mejoras significativas en edificaciones. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante identificar las ventajas que puede ofrecer en una estructura de pavimento rígido.

Palabras clave: Alternativas, concreto reforzado, Dramix 3D, pavimentos rígidos, procesos constructivos.

Abstract: In engineering, innovation in construction processes and the use of new materials has become very important, therefore, in the following work, the mechanical properties of reinforced concrete with different dosages of DRAMIX 3D steel, applied in the field of steel, will be evaluated. rigid pavements, mainly by means of cylinder compression tests, beam bending and a rigid pavement design by the PCA method in order to compare concrete with and without reinforcement of said steel fibers.

In construction, the optimization of resources, time and process results will always be vital, so the search for new alternatives in construction procedures becomes a necessity, hence the idea of implementing the fibers of DRAMIX 3D steel as a concrete reinforcement, due to its significant improvements in buildings. With the above in mind, it is important to identify the advantages it can offer in a rigid pavement structure.

Keywords: Alternatives, reinforced concrete, Dramix 3D, rigid pavements, construction processes.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

1. INTRODUCCIÓN

En la ingeniería, el uso de diversos materiales resulta en una búsqueda en la reducción de los costos de los materiales, por eso existen varias formas y técnicas para la construcción de pavimentos ya sean flexibles o rígidos, en este caso, se enfocará en el pavimento rígido. Dado que su producción no genera contaminación ambiental, aspecto que resulta muy importante por la creciente en las temperaturas a nivel mundial.

El pavimento rígido es considerado más costoso a comparación del flexible, pero en recientes estudios realizados por la empresa de concreto ARGOS, deja en evidencia que no es más costoso y que mucho menos sus capacidades sean similares a las del pavimento flexible, sin embargo, el uso de este si depende del tipo de suelos existente, un ejemplo de esto es que en suelos de alto volumen de tránsito puede llegar a ser un 5% más barato sus costos iniciales y para suelos relativamente malos para la construcción de pavimento, este tendrá una reducción en los costos directos de 10-33% para tránsitos bajos y altos.

Por otro lado, el uso de las fibras de acero DRAMIX 3D a diferencia de sus otras versiones, aunque por lo general este es usado para concretos con refuerzo de acero, ya que, provee una mejora de las resistencias a la flexión y compresión, por lo que, implementarlo en estructuras de pavimentos rígidos parece una opción viable. Por los resultados que ha mostrado dicha fibra en estructuras como losas de cimentación, Túneles, dovelas, tuberías, estructuras de uso residencial.

Dadas las premisas anteriores, mediante ensayos de laboratorio se pondrá a prueba la capacidad del concreto con las fibras de acero DRAMIX 3D con la finalidad de determinar su viabilidad en los pavimentos rígidos, añadido a eso mediante un diseño de pavimento por el método PCA de manera teórica se demostrará la viabilidad de este ensayo.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

Los ensayos a realizar para conocer las características mecánicas del hormigón son los ensayos de compresión de cilindros según la norma INV E-410-07, tracción por medio de la flexión de vigas según la norma INV E-414-07 y asentamiento del concreto según la INV E-404-07. Estos ensayos tienen como finalidad proveer el módulo de rotura y el f'_c , para diseñar por el método AASHTO o PCA siendo el último el método para comprobar los datos.

Sin embargo, se plantea evaluar el comportamiento del material cuando no se utilizan las fibras de acero DRAMIX 3D y cuando si está reforzado con dichas fibras, por lo que, para la realizar este procedimiento se llevarán a cabo, ensayos de compresión de los cilindros de concreto y la flexión de las viguetas, por lo que las dosificaciones que se usarán son de (0, 5, 10, 20 y 25) kg/m^3 .

En cuanto a los tiempos de espera para la rotura de cilindros y vigas, se realizará 2 cilindros y 2 vigas a los 7, 14 y 28 días respectivamente para cada dosificación.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

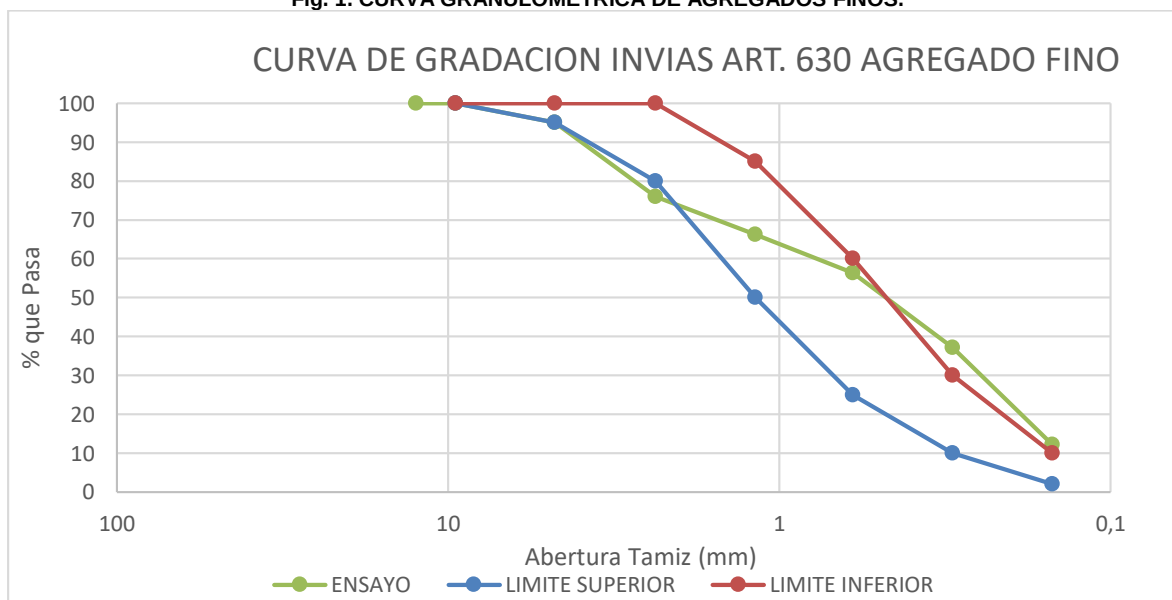
2.1 Granulometría

TABLA I
GRANULOMETRÍA DE MATERIAL FINO.

NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
100	1/2"	0.0	0.0	0.0	100.00
100	3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
95-100	Nº 4	110.0	5.0	5.0	95.0
80-100	Nº 8	423.4	19.1	24.0	76.0
50-85	Nº 16	215.8	9.7	33.8	66.2
25-60	Nº 30	220.1	9.9	43.7	56.3
10-30	Nº 50	425.2	19.2	62.8	37.2
2-10	Nº 100	554.3	25.0	87.8	12.2
	FONDO	270.7	12.2	100.0	0.0
	SUMAS	2219.5	100.0		

Fuente: Autor

Fig. 1. CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS FINOS.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

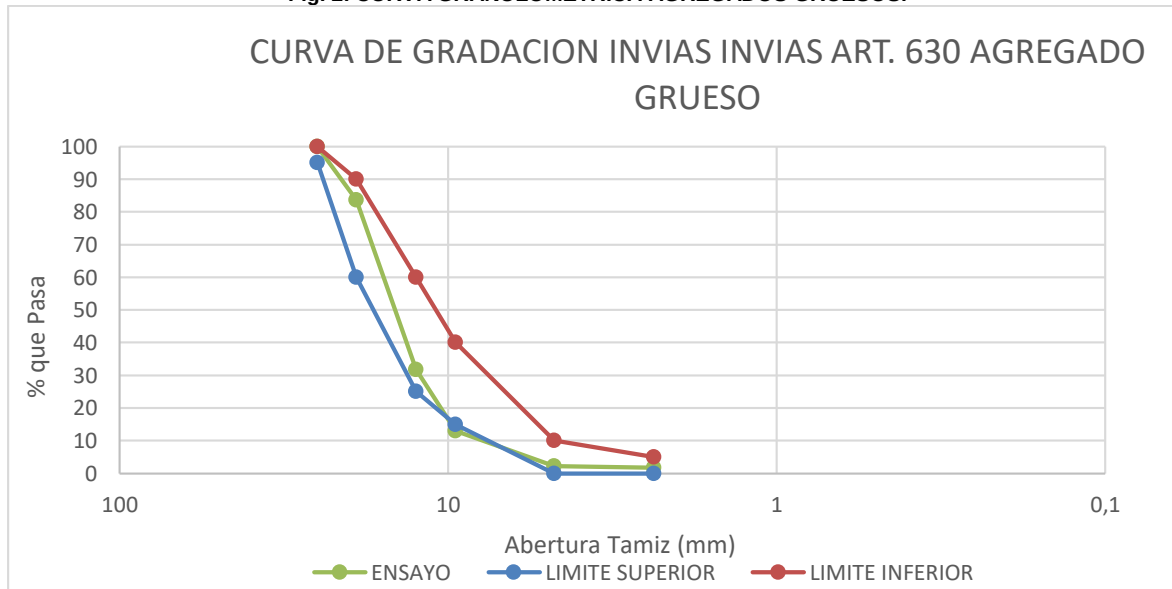
Fuente: Autor

TABLA II
GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS.

NORMA ART 360	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
	1"				100.0
100	3/4"	1016.1	16.3	16.3	83.7
90-100	1/2"	3233.6	51.9	68.3	31.7
40-70	3/8"	1163.1	18.7	87.0	13.0
0-15	Nº 4	677.8	10.9	97.8	2.2
0-5	Nº 8	27.1	0.4	98.3	1.7
	FONDO	106.9	1.7	100.0	0.0
	SUMAS	6224.6	100.0		

Fuente: Autor

Fig. 2. CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADOS GRUESOS.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

TABLA III
DOSIFICACIÓN

TAMIZ	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200
Grava	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.7	31.7	13.0	2.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arena	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	76.0	66.2	56.3	10.9	6.3	0.0
%Grava	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	46.9	31.7	7.3	1.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%Arena	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	41.8	33.4	29.1	24.8	4.8	2.8	0.0
%Mezcla	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.9	75.7	51.3	43.0	34.4	29.1	24.8	4.8	2.8	0.0
ESPECIFIC.	100	100	100	100	100-95	90-85	78-68	71-58	56-40	44-27	34-19	27-13	21-9	10-0	

Fuente: Autor

TABLA IV
RANGOS DE ESPECIFICACIONES.

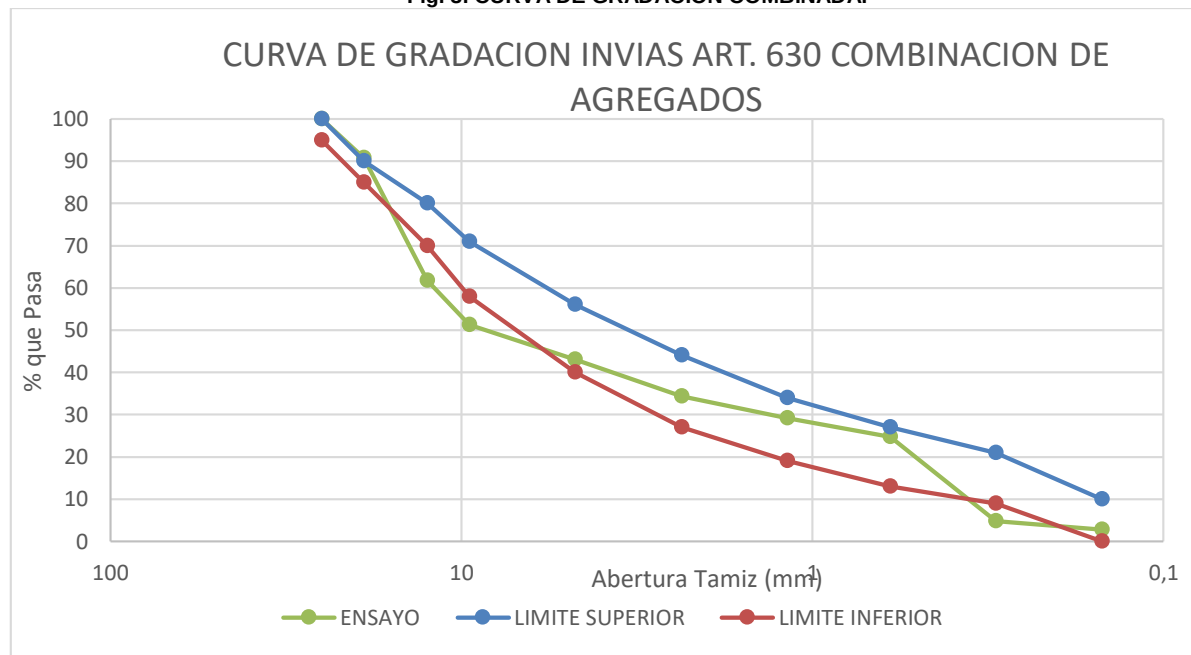
40	60	100.0	100.0	100.0	100.0	93.5	72.7	65.2	57.9	46.3	39.7	33.8	6.6	3.8	0.0
41	59	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	72.0	64.3	57.0	45.5	39.1	33.2	6.5	3.7	0.0
42	58	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	71.3	63.5	56.0	44.8	38.4	32.7	6.3	3.6	0.0
43	57	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	70.6	62.6	55.1	44.0	37.8	32.1	6.2	3.6	0.0
44	56	100.0	100.0	100.0	100.0	92.8	70.0	61.7	54.2	43.3	37.1	31.5	6.1	3.5	0.0
45	55	100.0	100.0	100.0	100.0	92.7	69.3	60.9	53.2	42.6	36.4	31.0	6.0	3.4	0.0
46	54	100.0	100.0	100.0	100.0	92.5	68.6	60.0	52.3	41.8	35.8	30.4	5.9	3.4	0.0

Fuente: INGEKAR

Obtenida la especificación para la combinación de los agregados gruesos con los finos, procede a combinar la curva de gradación, con el fin de establecer si dicha combinación está entre los rangos permitidos para su uso como material de obra.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Fig. 3. CURVA DE GRADACIÓN COMBINADA.



Fuente: Autor

2.1.1 Diseño de mezcla

Acorde a los parámetros de diseño y de la caracterización de los agregados, que se detallaron anteriormente, se obtienen los siguientes resultados:

Asentamiento: 3 in (Pavimentos)

$f'c$ (requerida) = 210 kg/cm²

El diseño de mezcla mostrado a continuación fue obtenido con ayuda de un contacto en la empresa INGEKAR, al poseer varios diseños que se modifican dependiendo del material granular y fino, sólo es cuestión de obtener volúmenes o pesos y con tablas guía seleccionar cada ítem para obtener las proporciones.

TABLA V
DISEÑO DE MEZCLA 3000 PSI.

f'c (p.s.i)	ASENT. (plg)	T.M (plg)	T.N (plg)	AIRE (%)	AGUA (Lt/m ³)	f'c DIS. (p.s.i)	RELAC. A/C	CEMENTO (Kg/m ³)	PROPORC. AGREG.(%)	
									GRAVA	ARENA
3000	3"	1	3/4	2.0	185	3000	0.55	350	56	44

Fuente: Autor

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

TABLA VI
PROPORCIONES DE MEZCLA.

PROPORCIONES EN PESO			PROPORCIONES EN VOLUMEN			ALTURA CAJON EN CMS 33X33 (2 CAJON/BTO)		PROPORCIONES EN BALDES DE 10 LTS PARA 1 BULTO DE CEMENTO (50Kg)		
CEMENTO	ARENA	GRAVA	CEMENTO	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	AGUA
1	2.27	2.91	1	1.80	2.39	33.0	43.9	7.2	9.6	2.6

Fuente: Autor

TABLA VII
PROPORCIONES DE MATERIAL SECO POR M³.

f'c (p.s.i)	CEMENTO (Kg/m ³)	ARENA (Kg/m ³)	GRAVA (Kg/m ³)	AGUA (Kg/m ³)	f'c (p.s.i)	CEMENTO (Btos/m ³)	ARENA (m ³ /m ³)	GRAVA (m ³ /m ³)	AGUA (Lt/m ³)
3000	350	796	1018	185	3000	7.0	0.503	0.669	185

Fuente: Autor

Obtenido el diseño de mezcla se puede establecer la proporción de los materiales para la elaboración de los cilindros de concreto.

TABLA VIII
Cantidad de mezcla por cilindro.

DATOS DEL MOLDE		DESCRIPCION	CANTIDADES DE MEZCLA POR MOLDE gr
ALTURA (CM)	30	CEMENTO	1855.51
DIAMETRO (CM)	15	ARENA	4219.82
AREA (CM2)	176.72	GRAVA	5396.47
VOLUMEN EN CM3	5301.45	AGUA	980.77
VOLUMEN EN MM3	0.00530145	TOTAL	12452.57

Fuente: Autor.

2.2 Determinación de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos.

Para los ensayos de compresión de los cilindros, se tuvo en cuenta los requerimientos de la norma INV E 410-07. Por temas, de aislamiento preventivo, estos ensayos fueron realizados con ayuda externa.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Fig. 4. PREPARACIÓN DE LOS CILINDROS PARA FALLARLOS.



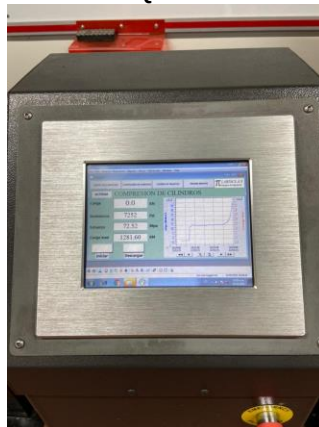
Fuente: Autor

Fig. 5. FALLA DEL CILINDRO 25-6 (28 DÍAS).



Fuente: Autor

Fig. 6. DATOS ARROJADOS POR LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN DEL CILINDRO 25-6.



Fuente: Autor



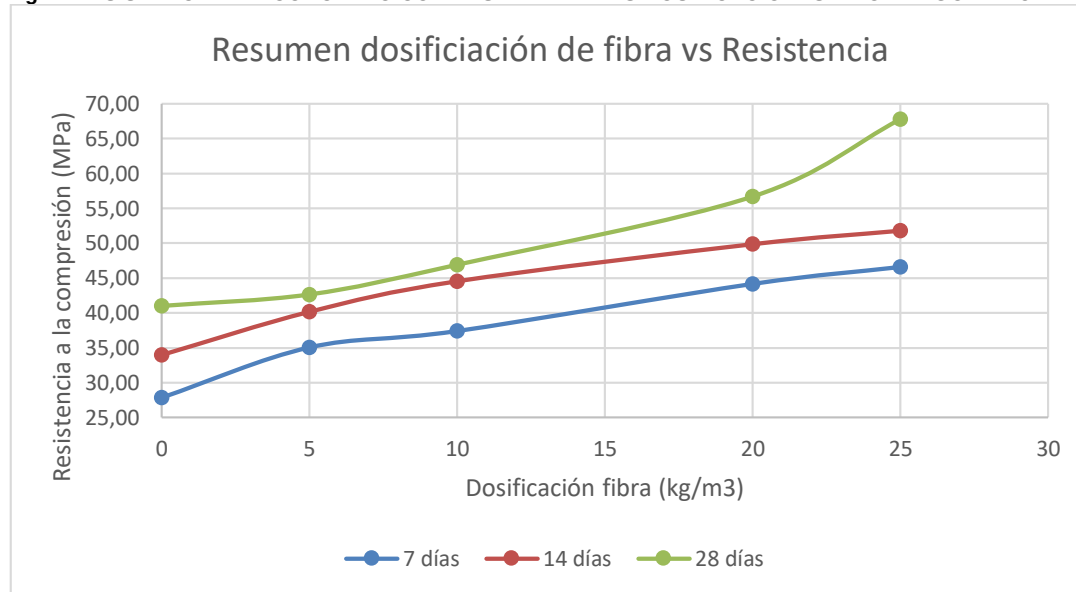
CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

TABLA IX
RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS (CILINDROS).

Dosificación Kg/m ³	Resistencia a la compresión (Mpa)		
	7 días	14 días	28 días
0	27.83	33.98	41.00
5	35.03	40.16	42.64
10	37.38	44.55	46.90
20	44.13	49.86	56.68
25	46.56	51.80	67.77

Fuente: Autor

Fig. 7. RESISTENCIA DEL CONCRETO CON LAS DIFERENTES DOSIFICACIONES A LO LARGO DE 28 DÍAS.



Fuente: Autor

Se puede notar un aumento considerable de la resistencia al pasar los tiempos siendo en la última dosificación un incremento del casi el doble a la resistencia a la compresión. Cabe aclarar que el concreto es muy bueno en este tipo de escenarios.

2.3 Ensayo de fatiga por flexión en cuatro puntos

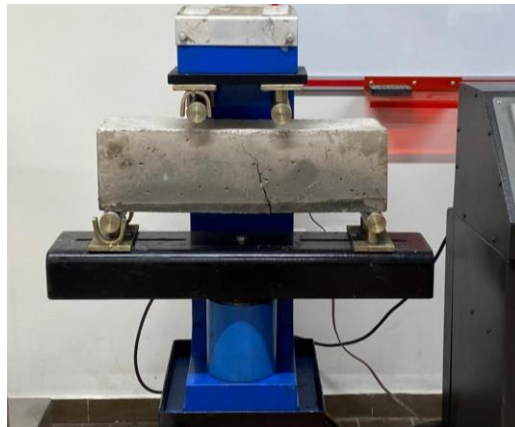
CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Fig. 8. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN.



Fuente: Autor

Fig. 9. FALLA DE VIGUETA CON DOSIFICACIÓN DE 10 KG/M3, 10-4V.



Fuente: Autor

TABLA X
RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES DE DRAMIX 3D A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS (VIGUETAS).

Dosificación de acero DRAMIX 3D Kg/m ³	Resistencia a la tracción por flexión (MPa)		
	7 días	14 días	28 días
0	2.22	2.84	3.15
5	2.98	4.42	5.36
10	4.23	4.80	5.41
20	4.67	5.09	5.50
25	5.27	5.93	6.90

Fuente: Autor

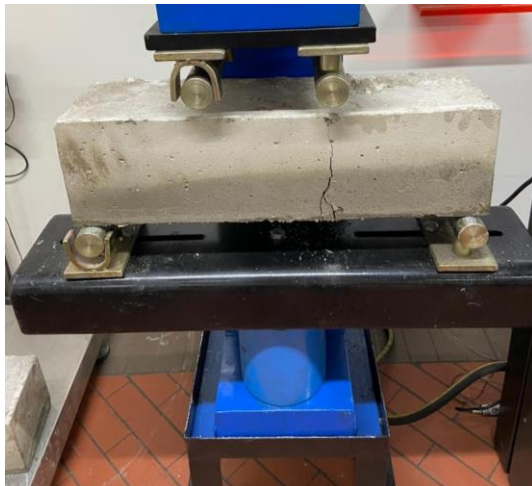
CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Resultados visuales

En los ensayos de falla de las vigas se pudo observar que el material sin la fibra de acero Dramix 3D, presenta fisuras bastante grandes a comparación de cuando se aplica una dosificación de 20 y 25 kg/m³. Por otro lado, en las viguetas con mayor dosificación de acero y tiempo de curado, es notable un incremento considerable de la resistencia a la tracción, esto puede ser interesante en campos de concreto reforzado.

Dosificación de 20 y 25 kg/m³

Fig. 10. VIGA DE CONCRETO CON DOSIFICACIÓN DE 20 KG/M3, 20-5V.



Fuente: Autor.

Fig. 11. VIGA DE CONCRETO CON DOSIFICACIÓN DE 25 KG/M3, 25-6V.



Fuente: Autor

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Como se puede observar hay una reducción considerable a las fisuras y mejora considerablemente comparado con la figura 11.

2.4 Diseño por el método PCA

El siguiente ejercicio está basado en un caso de la vida real, con sus respectivas modificaciones (para su uso académico) se mostrará la influencia de las pruebas de forma teórica.

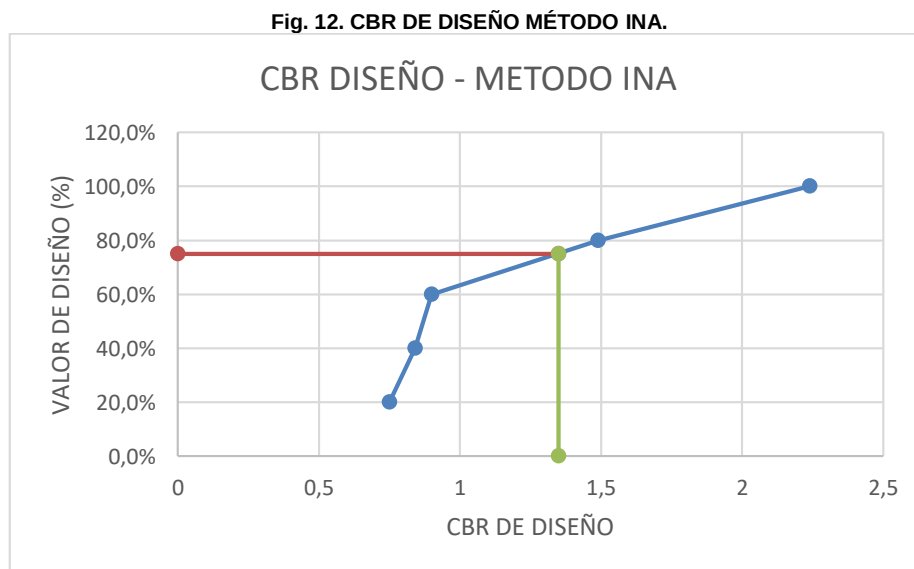
Para empezar, se procede a calcular el CBR de diseño por el método INA:

TABLA XI
DATOS INICIALES MÉTODO INA.
TRAMO 1

CBR	Frecuencia	%
2.24	5	100.0%
1.49	4	80.0%
0.9	3	60.0%
0.84	2	40.0%
0.75	1	20.0%

Fuente: Autor

Obteniendo los datos de CBR, se procede a graficar para obtener el CBR de diseño.



Fuente: Autor

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

TABLA XII
INTERPOLACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL CBR DE DISEÑO.
TRAMO 1

AFINADOR 1		AFINADOR 2	
x	y	x	y
0	0.75	1.35	0.75
1.35	0.75	1.35	0

Fuente: Autor

Realizando la interpolación se puede obtener el CBR de diseño y así mismo se define que este es de 1,35%. Por lo que este debe ser mejorado al 5,0% como lo exige la norma.

TABLA XIII
DATOS INICIALES MEJORAMIENTO DE CBR MÉTODO IVANOV.

DATOS	
CBR Inferior	1.35
CBR Superior	10
ESR	135
Erajón	673
Hrajón (cms)	54
a	15
n	1.90
Eeq	504.90

Fuente: Autor

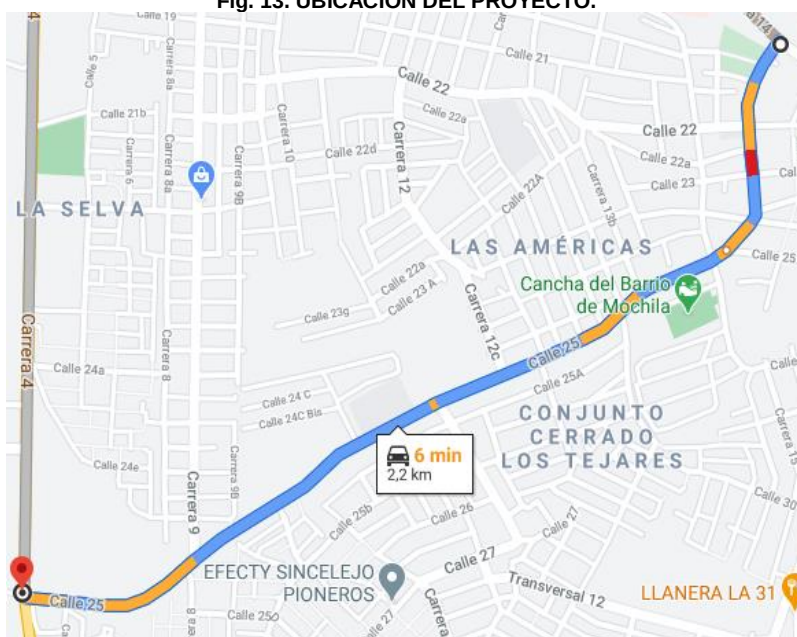
En este caso se escoge el espesor hasta llegar al 5,0%, que para el ejercicio es de 5,05%. Dejando la siguiente estructura del pavimento.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

h_{CA}	CARPETA ASFÁLTICA	
h_{BG}	BASE GRANULAR (BG)	
h_{SBG}	SUB-BASE GRANULAR (SBG)	CBR _{Req} 5.05
h_{SRM}	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	CBR _{Min} = 10
	SUBRASANTE (SR)	CBR 1.35

Es importante resaltar que antes de esto se considera el tráfico de la zona, la cual está ubicada en el municipio de Sincelejo.

Fig. 13. UBICACIÓN DEL PROYECTO.



Fuente: Autor

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

El tránsito de la zona es el siguiente:

TABLA XIV
TPDS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

TPDS	3780
FSC	1.1
CBR	5.05
KSR (Mpa/m)	39.47

Fuente: Autor

TABLA XV
DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO.

Buseta	167	4.42%
C2P	48	1.27%
C2G	46	1.22%
C3	26	0.69%
C3-S2	6	0.16%
Total		7.75%

Fuente: Autor

TABLA XVI
CÁLCULO DE LOS EJES.

1	2
EJE	#EJES/DIA
SIMPLE	
50	48
60	245
TANDEM	
110	261
220	38

Fuente: Autor

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Obtenido esto, por norma se pueden establecer que los espesores mínimos para la base y losa de concreto son de 15 y 18 centímetros.

Como resultado final con ayuda del programa BS-PCAA se diseña el pavimento rígido, obteniendo lo siguiente:

Fig. 14. Diseño PCA.



BS-PCAA. Diseño de Pavimentos Rígidos

Opciones Fórmulas Espectro Sensibilidad Terminar

Descripción:

TRÁNSITO **Parámetros de Diseño PCA** **Parámetros de Diseño AASHTO** **Espectro de Cargas**

Resistencia K del Apoyo: 47.32 Mpa/m K Combinado

Espesor Losa [h1]: 18 cm

Longitud Losa [L]: 4.5 m

Ancho Losa [W]: 3.6 m

Módulo de Elasticidad [E1]: 28000 Mpa

Densidad [s1]: 2.4 Tn/m3

Relación de Poisson [u1]: 0.15

Módulo de Rotura [Sc]: 4.5 Mpa

Coefficiente de Variación [CV] (%): 15

Ancho de Berma [D0]: 0 m

Factor de Trabazón de Agregados [AGG]: 0 Mpa

☒ Con Pasadores

% Camiones al Borde: 0

Capas: Una Capa

Guardar Abrir

Imprimir

Salir

Datos Ambientales

Diferencial Temperaturas [dT]: 10 oF

Coefficiente Térmico [alfa]: 5.500E-06 1/oF

% Tránsito para Alabeo: 0

Consumo Erosión (%): 0.054

Consumo Esfuerzo (%): 5.2784

Fuente: Autor

El diseño cumple satisfactoriamente en un caso similar las dos capas de base y losa se verían más grandes, ya que el concreto por si solo necesitaría un mayor espesor para soportar las cargas del tránsito.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

3. RESULTADOS

**TABLA X
RESULTADOS**

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Mejora significativa de la losa de concreto de pavimento rígido, al disminuir el espesor de esta.	Diseño por el método PCA	Objetivo específico 1
Aumento significativo de la resistencia del concreto.	Gráficas de comparación de los especímenes con diferentes dosificaciones de acero Dramix 3D con un tiempo de fraguado de 28 días.	Objetivo específico 2
Reducción significativa de las fisuras al usar fibras de acero Dramix 3D	Resultados visuales de las fallas de las viguetas.	Objetivo específico 3

Fuente: Autor

**TABLA XI
IMPACTOS.**

Aspecto	Impacto	Plazo
Social	El uso de fibras de acero dramix 3D en pavimentos rígidos puede llegar a reducir considerablemente el espesor de la capa de losa de concreto, favoreciendo a un menor consumo de este y asimismo a reducir los escombros.	Largo
Económico	La reducción de la cantidad de concreto puede reducir los costos de las obras generando más beneficios tanto estructurales como económicos.	Largo
Académico	En términos de estudio esto puede ser usado como ejemplo de comparación con otras obras, para dar una perspectiva de los costos ante decisiones inteligentes.	Mediano
Técnico o científico	Ampliación del conocimiento de la importancia del uso de las fibras de acero Dramix.	Corto

Fuente: Autor

4. CONCLUSIONES

El uso de acero dramix 3D en la mezcla de concreto, esto se puede ver a medida que se va aumentando la cantidad de fibras en el concreto. Un ejemplo claro es en la reducción considerable de las fisuras al fallarlas, además en que teóricamente se puede reducir el espesor de la losa de concreto al diseñar un pavimento rígido. También es importante que, al usar esta fibra en exceso, es posible que el concreto tenga fallas de tipo III.

Se puede observar que al usar una dosificación de 25 kg/m³, el concreto alcanza casi el triple de resistencia máxima a la tracción por flexión a comparación del concreto sin esta dosificación; y una mejora notable en las fisuras generadas por la aplicación de la fuerza.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

Posiblemente alcance esta resistencia por inconsistencias al momento del curado del concreto ya que estas se fallaron de uno a dos días después de los 28 días. Por cuestiones de disponibilidad del autor.

Se puede evidenciar que, dado que los cilindros y vigas fueron hecho en diferentes días, un cambio mínimo en el proceso de realización de estas puede llegar a afectar los resultados finales, sin embargo, con el debido cuidado puede evitarse algunos inconvenientes.

El acero Dramix jugó un papel importante en estos ensayos, sin embargo, aquí en Colombia, aunque representa una cantidad de dinero considerable, mejora considerablemente las capacidades del concreto en cuestión de problemas aplicados a los pavimentos rígidos, sobre todo en los incrementos a la resistencia a la tracción y compresión. Cabe resaltar que en un futuro se haga una equivalencia entre pavimentos rígidos con y sin acero dramix en relación a los costos.

Recomendaciones

Se recomienda que, al utilizar las fibras de acero en el concreto, estas no queden expuestas, ya que pueden oxidarse con facilidad y reducir considerablemente las capacidades de estas, por lo que al realizar las viguetas y cilindros hay que tener un cuidado especial.

Aunque las fibras de acero presentan un gran beneficio, también es necesario tener un especial cuidado con estas debido a su tendencia a oxidarse al estar expuestas a condiciones de aire libre.

Para investigaciones futuras se recomienda realizar una comparación de los diferentes diseños de PCA con diferentes dosificaciones, además de probar aumentando la dosificación de esta hasta un máximo de 35 kg/m³, con el único fin de aumentar el conocimiento sobre el uso de este material en pavimentos rígidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por permitirme culminar con éxito mi proceso académico, a mi familia que fue la encargada de sembrar la semilla que hoy da su fruto, a mi mamá que con grandes sacrificios logro estar siempre a mi lado apoyándome en cada decisión y alentándome cuando quise desfallecer.

Agradezco también al Ing. Emiro Andrés Lozano Pérez director del proyecto, quien voluntariamente decidió ser una guía y ser un acompañante constante en todo este proceso. Por último y no menos importante a mis compañeros de estudio quienes con esfuerzo y dedicación se mantuvieron firmes y me motivaron a cumplir este sueño de convertirnos en ingenieros civiles.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
D-FIC-CG-1	CONTENIDO MÍNIMO DOCUMENTO FINAL	01	22-05-2020

REFERENCIAS

- [1] Carrillo, J., González, G., & Aperador, W. (2013). Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(3), 435-450.
- [2] Carrillo, J., Silva, D., & Sánchez, M. (2016). Desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con malla electrosoldada o fibras de acero. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(4), 499-510.
- [3] Lateef Assi, K. C. (2018). Sustainable concrete: Building a greener future. *Journal of Cleaner Production*, 32.
- [4] Singh, K. C. (2018). A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete. *Journal of building engineering*, 13(1), 87-95.
- [5] Tung T. Tran, T. M. (2019). Experimental and analytical investigation on flexural behaviour of ambient cured geopolymer concrete beams reinforced with steel fibers. *Engineering Structures*, 200, 18.
- [6] Wasim Abbass, M. I. (2018). Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. *Construction and building materials*, 168, 556-569.