



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
HORMIGÓN DE F’C 210KG/CM2 INCORPORANDO
DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRAS NATURALES DE
ZANAHORIA Y BANANO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES: CHRISTOPHER GEOVANNY NARANJO URGILES

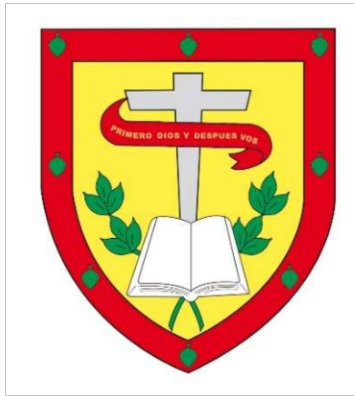
PEDRO ESTEBAN RODAS TORRES

DIRECTOR: ING. MSC. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de $F'c$ 210kg/cm²
incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES: CHRISTOPHER GEOVANNY NARANJO URGILES

PEDRO ESTEBAN RODAS TORRES

DIRECTOR: ING. MSC. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Christopher Geovanny Naranjo Urgiles y Pedro Esteban Rodas Torres portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0107115404 y 0107187866. Declaramos ser autores de la obra: “Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de F'c 210kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 14 de febrero de 2023

F: 

Christopher Geovanny Naranjo Urgiles

C.I.: 010711540-4

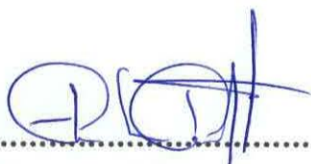
F: 

Pedro Esteban Rodas Torres

C.I.: 010718786-6

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christopher Geovanny Naranjo Urgiles y Pedro Esteban Rodas Torres bajo mi supervisión.

F: 

Ing. Msc. Carlos Julio Cordero Cabrera

DOCENTE - TUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación se lo dedico a mi padre Geovanny Naranjo y a mi madre Greis Urgiles por guiarme cada día para seguir adelante y brindarme siempre su apoyo incondicional.

Christopher

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mis padres Jaime Rodas y Elizabeth Torres que, con amor y sacrificio, supieron motivarme intelectual y espiritualmente para culminar mis estudios universitarios.

Pedro

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres, hermanos y amigos que estuvieron presentes en este tiempo de estudio, en especial al Ing. Msc. Carlos Cordero Cabrera nuestro tutor de trabajo de titulación quien nos ha guiado con mucho profesionalismo; también al Ing. Marcos Gonzales y al Ing. Fabian Campos por brindarnos todo su apoyo y conocimientos durante todo el proceso de investigación

Christopher y Pedro

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo determinar y analizar si las fibras naturales tanto de zanahoria como de banano al adicionarlas al hormigón aumentan su resistencia a la compresión a la vez que mejore su comportamiento, partiendo de diferentes ensayos realizados a los agregados finos y gruesos principalmente, como son el análisis granulométrico, el peso unitario, el porcentaje de humedad y absorción, entre otros que fueron llevados a cabo en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca; además del tratamiento dado a la fibras naturales para limpiarlas de todas las impurezas y que mantengan sus propiedades, todos estos ensayos fueron empleados para determinar un diseño óptimo de la mezcla de hormigón.

Se realizaron en total 117 muestras cilíndricas de hormigón $f'c$ 210kg/cm² de diseño, entre hormigón tipo (sin fibras), con adición de fibras de zanahoria y fibras de banano, para edades de fraguado de 7, 14 y 28 días. Las fibras naturales fueron incorporadas a la mezcla de hormigón en 4 porcentajes diferentes de 0.4%, 1%, 1.6% y 3% en condición saturado superficialmente seco, además los porcentajes del 1 y 3% fueron considerados también en estado seco, con el fin de analizar si existe influencia alguna de la condición de incorporación de las fibras. A estas muestras cilíndricas se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, de donde se obtuvo resultados satisfactorios con la aplicación de fibras naturales en el hormigón convencional, incrementando su resistencia.

Palabras clave: Hormigón, fibras naturales, zanahoria, banano, resistencia.

ABSTRACT

This research works aims to determine and analyze whether adding natural carrot and banana fibers to concrete increases its resistance to compression, while improving its behavior, based on different tests carried out mainly on fine and coarse aggregates, such as granulometric analysis, unit weight, moisture percentage, and absorption, among others, that were carried out in the laboratory of the Catholic University of Cuenca. All these tests were used to determine an optimal design for the concrete mix, together with the treatment given to the natural fibers to clean them of all impurities and to maintain their properties. A total of 117 cylindrical samples of concrete f_c 210kg/cm² of design were made, between standard concrete (without fibers), with the addition of carrot fibers and banana fibers, for setting ages of 7, 14, and 28 days. The natural fibers were incorporated into the concrete mix in 4 different percentages of 0.4%, 1%, 1.6%, and 3% in a superficially dry saturated condition. The percentages of 1 and 3% were also considered in a dry state to analyze if there is any influence of the condition of incorporation of the fibers. Compression resistance tests were carried out on these cylindrical samples, from which satisfactory results were obtained with the application of natural fibers in conventional concrete, increasing its resistance.

Keywords: concrete, natural fibers, carrot, banana, resistance

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	I
CERTIFICACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
CAPITULO I.....	18
1.1 INTRODUCCIÓN	18
1.2 ANTECEDENTES	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	22
1.4 OBJETIVOS	22
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
CAPITULO II	24
2 Marco teórico	24
2.1 Hormigón.....	24
2.2 Agregados pétreos.	25

2.2.1	Clasificación de los agregados.....	27
2.3	Construcción sostenible ambientalmente.....	29
2.3.1	Tipos de materiales de construcción sostenibles.....	32
2.4	Fibras naturales.....	36
2.4.1	Fibras naturales vegetales como refuerzo en el Hormigón.	39
2.5	Base Teórica – Normativa	55
2.5.1	Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015	55
2.5.2	ACI (Report on Fiber Reinforced Concrete).....	57
2.5.3	INEN 1 573:210	60
2.5.4	Resistencia a la compresión	64
CAPITULO III.....		66
3	MATERIALES Y MÉTODOS	66
3.1	Nivel o tipo de investigación	66
3.1.1	Tipo de investigación.....	66
3.1.2	Nivel de la investigación.....	66
3.2	Plan de recolección de información.....	66
3.3	Variables	66
3.4	Población y muestra.....	69
3.4.1	Población.....	69
3.4.2	Muestra.....	70

3.4.3 Muestreo.....	71
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de materiales.....	72
3.6 Agregados	72
3.6.1 Agregado grueso	73
3.6.2 Agregado fino	81
3.6.3 Contenido de humedad.....	87
3.6.4 Cemento	88
3.7 Fibras de zanahoria y banano.....	89
3.7.1 Fibras de zanahoria.	89
3.7.2 Fibras de banano.	91
3.7.3 Tratamiento de las fibras.....	91
3.7.4 Caracterización de las propiedades mecánicas para las fibras naturales.....	94
3.8 Diseño del hormigón f'c 210 kg/cm ² incorporando fibras naturales de zanahoria y banano.	
96	
3.8.1 Diseño de la mezcla del hormigón patrón.....	97
3.8.2 Diseño de la mezcla del hormigón incorporando fibras naturales de banano y zanahoria.	108
3.9 Elaboración y curado de especímenes de hormigón f'c 210 kg/cm ² con fibras de zanahoria y banano.....	112
3.10 Ensayos a compresión de probetas cilíndricas de hormigón f'c 210 kg/cm ² con fibras de zanahoria y banano.	118
3.11 Determinación del módulo de elasticidad según la normativa	120

3.11.1 Módulo de elasticidad (ASTM C- 469)	121
3.11.2 Módulo de elasticidad (ACI, NEC-SE-DS)	122
CAPITULO IV	123
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.	123
4.1 Resultados de la resistencia a la compresión.	123
4.2 Mecanismo de falla.	135
4.3 Módulo de elasticidad y deformación unitaria:	135
4.3.1 Comparación del módulo de elasticidad	135
4.3.2 Comparación de deformaciones unitarias	137
4.4 Analisis de precios y presupuesto del hormigón con fibras naturales de zanahoria y banano.	138
CAPITULO V	143
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
5.1 CONCLUSIONES	143
5.2 RECOMENDACIONES.	144
BIBLIOGRAFÍA:	146
ANEXOS 152	
ANEXO 1: Resistencia a los 7 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales..	152
ANEXO 2: Resistencia a los 14 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales.	153
ANEXO 3: Resistencia a los 28 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales.	154
ANEXO 4: Resistencias máximas alcanzadas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de fraguado.	

ANEXO 5: Graficas Esfuerzo-Deformación de muestras a los 28 días de curado.....	158
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas (granulometría).	27
Tabla 2. Clasificación de los agregados según su masa.	28
Tabla 3. Clasificación de los agregados según su forma.	29
Tabla 4. Tipos de textura de los agregados.	29
Tabla 5. Características y propiedades generales del banano.	50
Tabla 6. Componentes físico-químicas de la zanahoria.	53
Tabla 7. Características físico-químicas de la fibra de zanahoria.	54
Tabla 8. Proporciones de mezcla.	58
Tabla 9. Propiedades mecánicas de fibras.	59
Tabla 10. Proporciones de mezcla para mezcla húmeda y seca.	60
Tabla 11. Operacionalización de variables.	68
Tabla 12. ENSAYO A COMPRESIÓN HORMIGÓN TIPO.	71
Tabla 13. ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE ZANAHORIA.	71
Tabla 14. ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE BANANO.	71
Tabla 15. Análisis granulométrico del agregado grueso (Ripio).	75
Tabla 16. Datos del ensayo del peso específico del ripio por el método del picnómetro.	79
Tabla 17. Determinación del PUC del agregado grueso.	81
Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino.	83
Tabla 19. Enrasado y determinación del peso del molde cilíndrico con el agregado fino.	87
Tabla 20. Datos necesarios de los agregados para la dosificación del hormigón.	96
Tabla 21. Tolerancias en el asentamiento.	107
Tabla 22. Dosificación final por m ³ del hormigón tipo.	108

Tabla 23. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 0.4% de fibras de zanahoria y banano en condición Saturado Superficialmente Seco.....	109
Tabla 24. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% de fibras de zanahoria y banano en condición Saturado Superficialmente Seco.....	109
Tabla 25. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% en condición Seco y 1.6% en condición Saturado Superficialmente Seco de fibras de zanahoria.	110
Tabla 26. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 3% de fibras de zanahoria en condición Saturado Superficialmente Seco y condición Seco.	110
Tabla 27. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% de fibras de banano en condición Seco.	111
Tabla 28. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1.6% de fibras de banano en condición Saturado Superficialmente Seco.....	111
Tabla 29. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 3% de fibras de banano en condición Saturado Superficialmente Seco y condición Seco.	112
Tabla 30. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes.....	119
Tabla 31. Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días.....	125
Tabla 32. Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días.....	126
Tabla 33. Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días.....	127
Tabla 34. Comparación de Em para fibras de banano.....	136
Tabla 35. Comparación de Em para fibras de zanahoria.....	136
Tabla 36. Comparación de deformaciones unitarias.	137
Tabla 37. Presupuesto del hormigón $f'c$ 210 kg/cm ² por m ³ sin incorporación de fibras naturales.	138
Tabla 38. Presupuesto del hormigón $F'c$ 210 kg/cm ² por m ³ con fibras de zanahoria. ...	139
Tabla 39. Presupuesto del hormigón $F'c$ 210 kg/cm ² por m ³ con fibras de banano.	141

Tabla 40. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 7 días de curado. 152

Tabla 41. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 14 días de curado. 153

Tabla 42. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 28 días de curado. 154

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Fibra de la caña de azúcar (fibra procedente del tallo).....	38
Gráfico 2. Fibra de algodón (Fibra procedente de frutos).....	38
Gráfico 3. Fibra del pelo humano.....	39
Gráfico 4. Fibra de oro.	39
Gráfico 5. Factores que pueden influenciar en el comportamiento del hormigón reforzado con fibras naturales.	43
Gráfico 6. Distribución de hectáreas sembradas según el tipo de productores de banano en el Ecuador.....	46
Gráfico 7. Niveles de factores de acidez titulable, solidos totales (°Brix) y pH según el tiempo de maduración del banano.....	49
Gráfico 8. Resistencia de la cascara del banano en función de una fuerza de penetración y el tiempo de maduración.	50
Gráfico 9. Fractura Tipo 1.....	61
Gráfico 10. Fractura Tipo 2.....	62
Gráfico 11. Fractura Tipo 3.....	62
Gráfico 12. Fractura Tipo 4.....	63
Gráfico 13. Fractura Tipo.....	63
Gráfico 14. Fractura Tipo 6.....	63
Gráfico 15. Moldes de cero para la elaboración de probetas de ensayo.....	64
Gráfico 16. Localización cantera de la extracción de agregados.	73
Gráfico 17. Tamizador agregado grueso.	75
Gráfico 18. Curva granulométrica del agregado grueso.....	76

Gráfico 19. Secado del agua superficial de la muestra y determinación de la masa en estado SSS.	77
Gráfico 20. Muestra del material en el picnómetro más agua y eliminación del aire atrapado dentro del recipiente.	77
Gráfico 21. Determinación de la masa aparente en agua y material seco al horno.	78
Gráfico 22. Llenado y varillado de las capas de ripio en el molde cilíndrico.	80
Gráfico 23. Enrasado y determinación del peso del molde cilíndrico con el agregado grueso.	80
Gráfico 24. Tamizador agregado fino.	82
Gráfico 25. Porcentaje de arena que pasa los tamices.	82
Gráfico 26. Curva granulométrica del agregado fino.	84
Gráfico 27. Secado de agregado fino.	85
Gráfico 28. Cono de arena.	85
Gráfico 29. Peso de la muestra fina, picnómetro con arena y agitación del picnómetro.	86
Gráfico 30. Peso de picnómetro con agua.	86
Gráfico 31. Cemento Atenas.	88
Gráfico 32. Lote de zanahorias.	89
Gráfico 33. Laminas delgadas de zanahoria.	90
Gráfico 34. Cortado de las láminas de zanahoria en pequeños filamentos (fibras de zanahoria).	90
Gráfico 35. Laminas delgadas de cascara de banano.	91
Gráfico 36. Cortado de las láminas de banano en filamentos (fibras de banano)	91
Gráfico 37. Tratamiento con cal de las fibras de zanahoria.	93
Gráfico 38. Lavado y secado de las fibras de zanahoria para su incorporación en condición SSS a la mezcla de hormigón.	93

Gráfico 39. Tratamiento con cal de las fibras de banano.	93
Gráfico 40. Secado total de las fibras de banano para su incorporación en condición S a la mezcla de hormigón.	94
Gráfico 41. Molde para probetas.	94
Gráfico 42. Probetas compuestas.	95
Gráfico 43. Ensayo a tracción.	95
Gráfico 44. Asentamiento recomendado para varios tipos de construcción.....	97
Gráfico 45. Contenido de agua para diferentes asentamientos y tamaño máximo de agregados.....	98
Gráfico 46. Valores de F'_{cr}	98
Gráfico 47. Determinación de la relación A/C.....	99
Gráfico 48. Volumen del agregado grueso para MF fuera del rango de entre 2.3 y 3.10.	100
Gráfico 49. Especificaciones del molde para el ensayo de asentamiento.	105
Gráfico 50. Realización del ensayo de asentamiento de la mezcla de concreto.....	106
Gráfico 51. Corrección por asentamiento.....	106
Gráfico 52. Rangos de precisión y desviación para el asentamiento de una mezcla de hormigón.	107
Gráfico 53. Ensamblaje y recubrimiento con aceite mineral o grasa de los moldes cilíndrico para las muestras de la mezcla de hormigón.	113
Gráfico 54. Masas de agregados y de fibras de zanahoria para la incorporación en la mezcla.	114
Gráfico 55. Masas de agregados y de fibras de banano para la incorporación en la mezcla.	114
Gráfico 56. Proceso de mezclado a máquina.....	115
Gráfico 57. Vaciado de la mezcla de concreto en una bandeja húmeda y limpia.	115

Gráfico 58. Nuero de capas requeridas para especímenes de hormigón.	116
Gráfico 59. Número de capas requeridas para especímenes de hormigón.	117
Gráfico 60. Consolidación por varillado.	117
Gráfico 61. Curado de los especímenes de hormigón patrón y con fibras naturales.....	118
Gráfico 62. Medición de los especímenes de hormigón patrón, con fibras de zanahoria y banano.	119
Gráfico 63. Colocación y ruptura de especímenes de hormigón con fibras de zanahoria y banano.	120
Gráfico 64. Curva esfuerzo deformación.	121
Gráfico 65. Método de cuerda o secante, curva Esfuerzo – Deformación.	121
Gráfico 66. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 7 días de curado.	128
Gráfico 67. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 14 días de curado.	129
Gráfico 68. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 28 días de curado.	130
Gráfico 69. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 7 días de curado.	131
Gráfico 70. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 14 días de curado.	132
Gráfico 71. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 28 días de curado.	133
Gráfico 72. Esquema de la influencia comparada de un acelerador y un retardador	134
Gráfico 73. Fisura de hormigón Tipo 3.....	135
Gráfico 74. Resultados de las resistencias a la compresión a los 7 días de curado.....	155

Gráfico 75. Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado.	156
Gráfico 76. Resultados de las resistencias a la compresión a los 28 días de curado.	157
Gráfico 77. Gráfica esfuerzo-deformación HT.	158
Gráfico 78. Gráfica esfuerzo-deformación HB-0.4%.	159
Gráfico 79. Gráfica esfuerzo-deformación HB-S-1%.	160
Gráfico 80. Gráfica esfuerzo-deformación HB-SSS-1%.	161
Gráfico 81. Gráfica esfuerzo-deformación HB-1.6%.	162
Gráfico 82. Gráfica esfuerzo-deformación HB-S-3%.	163
Gráfico 83. Gráfica esfuerzo-deformación HB-SSS-3%.	164
Gráfico 84. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-0.4%.	165
Gráfico 85. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-S-1%.	166
Gráfico 86. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-SSS-1%.	167
Gráfico 87. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-1.6%.	168
Gráfico 88. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-S-3%.	169
Gráfico 89. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-SSS-3%.	170

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a los problemas sociales, económicos y ambientales es necesario implementar materiales de construcción sostenibles y de bajo costo. El presente proyecto tiene como finalidad la mezcla de hormigón con fibra vegetal (banano y zanahoria) para poder mejorar las propiedades mecánicas del mismo, de igual manera obtener una mejor trabajabilidad, durabilidad, costos y una reducción del impacto ambiental (LLONTOP ESQUERRE, 2019).

Las fibras naturales se han utilizado como una forma de refuerzo en el hormigón en muchos países para viviendas de bajos costos, ya que estos cuentan con este recurso de manera abundante. Por eso sabiendo que las fibras de banano y zanahoria son fibras vegetales que abunda en muchas partes del país, la presente tesis tiene como objetivo demostrar cuanta resistencia adicional aportan estas fibras vegetales en relación a un hormigón normal (LLONTOP ESQUERRE, 2019).

Esta tesis tiene como base aumentar las propiedades mecánicas del hormigón proponiendo una investigación en donde las fibras vegetales de banano y zanahoria tengan un uso en el sector de la construcción, esta investigación se realizará en la Universidad Católica de Cuenca, específicamente en el Laboratorio de ensayo de materiales, para poder demostrar que la fibra vegetal es un aliado para el concreto.

Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos de los ensayos realizados y se determinará que fibra aporta con mayor resistencia al hormigón, además servirá para futuros estudios, ya sean con las mismas fibras naturales u otras.

1.2 ANTECEDENTES

En todo ámbito constructivo civil el material más empleado en todo el mundo es el hormigón, siendo este un material moldeable, de rápida obtención en obra y una alta capacidad de resistencia al agua; además, de las propiedades y características de resistencia que puede llegar a tener una vez pasado su proceso de fraguado y endurecimiento. A pesar de ser un material que puede llegar a presentar altas resistencias, en la mayoría de los casos suele ser reforzado con distintos materiales como elementos o barras de acero con la finalidad de mejorar la resistencia del hormigón en especial su resistencia a la tracción. Últimamente dada la finalidad de llegar a obtener materiales más sostenibles tanto económica como ambientalmente se ha dado por optar la incorporación de fibras naturales en la construcción y aún más en la conformación del hormigón como un refuerzo más este (Zerbino, 2020).

El empleo de distintas fibras ya sean estas naturales como elementos de refuerzos en el ámbito constructivo se viene dando desde hace mucho tiempo atrás, es así que alrededor de hace 4000 años algunas fibras ya eran empleadas como refuerzos con el fin de evitar la ruptura de algunos elementos que se encontraban sometidos a grandes esfuerzos. De tal manera que en la antigua Mesopotamia se llegaba a tener configuraciones de bloques de adobe de barro cocidos al sol reforzados con filamentos de paja, así como también posteriormente se dio el empleo del crin de caballo para lo que es la elaboración de bloques de yeso, este tipo de fibras naturales y entre otras más, implementadas en los elementos constructivos, eran mayormente utilizadas hasta mediados del siglo XX, en donde se empezó dar el desarrollo y la utilización de fibras artificiales (Carvajal, 2015).

Dado el desarrollo de la industria textil se origina el uso de fibras artificiales o sintéticas en un inicio planteadas por Chardonnet a finales del siglo XIX por medio de su invento de la seda artificial y posteriormente es más enfatizado la revolución de fibras sintéticas a partir de 1935 con la fibra de Nylon, todas estas con la finalidad de aparentar a las fibras naturales, pero en si eran

mayormente empleadas en la industria textil. No es hasta que en California en 1874 se da la primera patente de del hormigón reforzado con fibras metálicas, esto implementado por Berard, a partir de este punto de la historia se da un gran avance y mayor empleo de fibras de acero o metálicas como elementos de refuerzo en el hormigón, dado que posteriormente en 1827 se da la incorporación de alambres rizados como refuerzos y luego en 1954 la implementación de fibras de forma de espirales en el hormigón, de tal manera que en los años 50 se comienza el empleo de acero inoxidable y acero galvanizado como fibras de refuerzo en el concreto. Posteriormente en los años 70 el empleo de fibras metálicas se comienza a expandir por demás países como Europa además de ser utilizadas en todo tipo de obra o construcción, teniendo la principal aplicación de este tipo de fibras el control de fisuras sobre todo en elementos que tengan que soportar grandes esfuerzos (Carvajal, 2015).

De esta manera se puede decir que hoy en día las fibras artificiales así como las fibras metálicas son las más comúnmente empleadas en nuestro medio, pero dada la contaminación que se llega a tener por la producción del cemento, así como también debido al incremento poblacional y el costo de materiales de construcción últimamente se ha venido buscando nuevas alternativas más sostenibles y económicas como lo es el refuerzo del hormigón con fibras naturales o vegetales, un claro ejemplo de ello es la implementación de fibras de zanahoria en el hormigón. De esta manera dada la poca información existente en cuanto a la implementación de fibras de zanahorias como refuerzos en el hormigón se ha podido llegar a conocer la influencia significativa de las mismas en el comportamiento mecánico del hormigón, así como también en la resistencia tanto a compresión, tracción y flexión del mismo dado la incorporación de ciertos porcentajes de fibras como son de 0.6% y 1.2% que aumentan proporcionalmente la resistencia y ayudan a mejorar la trabajabilidad del hormigón (Chagua Ventura, Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de zanahoria, Lima 2021, 2021).

De igual manera por medio de pruebas y ensayos de laboratorio para determinar la influencia de las fibras de zanahoria en el hormigón y con distintos porcentajes de fibras de la misma se puede llegar a conocer como con un porcentaje de 0.5% de fibras de zanahoria se puede tener un aumento significativo en la resistencia a compresión del hormigón al igual que un aumento gradual en la resistencia a tracción y flexión, así como también los beneficios que trae la incorporación de estas fibras naturales en el hormigón como lo es reducir las fisuras en las losas y mejorando el comportamiento mecánico del mismo (LLONTOP ESQUERRE, 2019).

Entre otras fibras naturales empleadas en el hormigón para la construcción se tiene las fibras de tallo de plátano, la cual particularmente se diferencia de las demás dado que tienen un grosor fino, una buena estabilidad, buena resistencia, son ligeras y sobre todo por su capacidad de absorción de la humedad. Además de que esta fibra natural incorporada con porcentajes de 0.5% y 1% al hormigón ayudan a incrementar la resistencia a la flexión del mismo en 4.67% y 8.01% respectivamente, así como también aumenta en un 3.2% y 5.08% la resistencia a compresión del hormigón respectivamente, de lo cual se puede conocer que el 1% de fibras de tallo incorporado al hormigón beneficia en significativamente a la resistencia a compresión y flexión del concreto (Baquerizo Perez, 2019).

Una fibra natural muy característica viene siendo el coco la mayor parte de este por lo general se utiliza por las empresas para procesar grasas, confitería, aceites comestibles, entre otros, mientras que la parte de la estopa o fibra de coco la mayoría es desechada a ríos o alcantarilladas perjudicando el medio ambiente, de esta manera se podría dar un mejor uso sostenible ambientalmente como lo es la incorporación de las fibras de coco en el concreto para mejorar la resistencia del mismo por medio de la implementación de fibras naturales con lo cual se puede saber que el 3% de fibras de coco en el hormigón ayudan a incrementar significativamente la resistencia a compresión y a la vez que un 7% de fibras de coco aumentan significativamente la resistencia flexión del concreto (FERIA, 2018).

1.3 JUSTIFICACIÓN

La demanda de edificaciones en el Ecuador ha aumentado y los costos cada vez han ido subiendo, quedando de lado la población de menores recursos, por lo que el aporte de las fibras naturales ayuda a la población a reducir costos en la construcción. Por ello se viene buscando alternativas que mejoren las propiedades del hormigón y estén al alcance de estos sectores (LLONTOP ESQUERRE, 2019). Además, las fibras naturales ayudan a conseguir una construcción ecológica, reduciendo el impacto ambiental.

La presente investigación, se llevará a cabo con fibras de banana y zanahoria, ya que se dispone en el país gran cantidad de estos vegetales que facilitan su uso. Se realizarán los ensayos de la mezcla de hormigón con fibras de zanahoria en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca, por lo cual se tendrá acceso a los equipos correspondientes y ayudará a la factible investigación.

Con la ayuda de la banana y la zanahoria el hormigón se buscará una mayor resistencia a compresión, control del agrietamiento, durabilidad; además esta alternativa ayuda a tener una mejor funcionalidad, geometría y dosificación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la resistencia a la compresión y las propiedades del hormigón de $F'c$ 210kg/cm² incorporando fibras naturales de zanahoria y banano.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer las características e influencia de las fibras naturales empleadas como refuerzos en el hormigón para la construcción.

- Diseñar un hormigón tipo de $F'c$ 210kg/cm².
- Diseñar con diferentes porcentajes de fibras de zanahoria hormigones de una resistencia de $F'c$ 210kg/cm².
- Diseñar con diferentes porcentajes de fibras de banano hormigones con una resistencia de $F'c$ 210kg/cm².
- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de zanahoria en el hormigón analizado.
- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de banano en el hormigón analizado.
- Analizar la influencia de las fibras en la resistencia a la compresión y el costo del hormigón ante un hormigón tipo sin fibras.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Hormigón.

El hormigón básicamente es un material rocoso que se puede obtener por medio de la mezcla de materiales minerales y pasta, cada uno de estos dados en proporciones específicas para obtener una mezcla adecuada, de esta manera la pasta hace referencia a la mezcla de agua y cemento que al momento de consolidarse es capaz de unir los agregados minerales por medio de una reacción química entre estos elementos se llega a conformar un solo conglomerado similar a una piedra, dando con ello a lo que es el hormigón, el cual para un mejor comportamiento sus agregados pétreos deben ser lo más densamente posible y la mezcla de cemento y agua debe ser la suficiente para llenar todos los espacios que en esta se dejen (José Luis Chan Yam, 2003).

El hormigón o concreto es el material más empleado en la construcción en cualquier tipo de obra, se caracteriza por estar conformado por materias primas como rocas y arena que componen alrededor del 65% al 75% del total del volumen del hormigón, siendo el resto del volumen del mismo conformado por agua, cemento y aditivos. De esta manera se ha llegado a conocer como aproximadamente desde 1990 de la producción del hormigón ha ido aumentando de 170 millones de m³/año de aquel entonces a 330 millones de m³ al año 2004 y sigue en aumento cada año, por lo cual de la misma manera la demanda por la obtención de materias primas que conforman el hormigón aumenta significativamente a nivel mundial, siendo el hormigón un material importante en la construcción en todo el mundo. De esta manera, se debe tener especial cuidado en los procedimientos de elaboración colocación y curado ya que de no realizarlos de manera adecuada se puede llegar a alterar el comportamiento mecánico del hormigón, así como también la calidad del mismo. De esta manera una forma de llegar a controlar la uniformidad del hormigón al momento del vaciado en

especial cuando se trata de hormigón premezclado es mediante un buen diseño de la mezcla. Así como también cuando se trabaja con encofrados es importante tener un control adecuado en la velocidad del colado, la forma de vibración y el asentamiento que puede tener el hormigón ya que todo esto influye en la presión hacia las paredes de la estructura del encofrado y que de no tener un adecuado manejo se podría llegar a tener la probabilidad de que llegue a darse un colapso (Ángel Francisco Nistal Cordero, 2012).

Por otro lado, con la finalidad de obtener hormigones más resistentes con mayor durabilidad o trabajabilidad, entre otras se tiene la implementación de aditivos que bajo la normativa base como lo es la EN-934.2 contemplan todas condiciones y ensayos que estos deben tener para su implementación, es así que hoy en día se tiene que aproximadamente el 95% de la producción de hormigones cuentan con algún tipo de tratamiento mediante implementación de un aditivo. En la producción del hormigón también es importante elaborar ensayos de control de calidad, con lo cual se tiene la finalidad de que el hormigón llegue a tener la calidad necesaria y específica de la manera más económica posible (Ángel Francisco Nistal Cordero, 2012).

2.2 Agregados pétreos.

La resistencia que puede soportar el hormigón esta dado principalmente por los materiales que lo conforman como son: agregados finos y gruesos, mezcla de agua y cemento, las características que presenten estos materiales en especial de los agregados como puede ser forma, textura, tamaño, entre otras, influyen para determinar hormigones de distintas resistencias. De esta manera dado que los agregados representan la mayor parte del volumen del hormigón, son considerados como los elementos más significativos y dinámicos dentro de la mezcla (José Luis Chan Yam, 2003).

La resistencia y la durabilidad del hormigón esta dado principalmente por las propiedades físicas y químicas de los agregados que la componen, es por ello que se necesita un adecuado control

en la calidad de estos materiales, entre las propiedades físicas más importantes de estos se tiene: porosidad, abrasión, forma y textura, densidad, resistencia, adherencia, entre otras. Así como también se debe considerar principalmente la granulometría de los agregados, como el tamaño máximo de los mismos ya que estos influyen en el comportamiento mecánico del hormigón e incluyendo la mineralogía, se influye de una forma variable en la resistencia del hormigón (José Luis Chan Yam, 2003).

Con lo anteriormente mencionado en cuanto a las propiedades físicas de los agregados, se debe tener en cuenta la existencia de algunos materiales contaminantes como por ejemplo limos o materia orgánica o a su vez presencia de partículas que se suelen presentar o estar adheridas en los agregados, todo esto influye de cierta manera en la calidad y resistencia del hormigón ya que por lo general los agregados deben presentar una adecuada granulometría, forma y textura, a la vez de un peso específico alto. Para ello se tiene en cuenta las normas de control de calidad, con respecto a las propiedades físicas puede destacar la norma ASTM C-33 (Luna-Aroche, 2006).

Las propiedades mecánicas más características que se suelen considerar de los agregados es la resistencia a la abrasión, es decir la resistencia de los agregados a la erosión, para poder llegar a determinar esta resistencia se emplea la máquina de Los Ángeles según las especificaciones de la normativa ASTM C-131. Este tipo de ensayo se basa en ubicar el agregado con distintas esferas de acero de cargas dentro del equipo, el cual por medio de un sistema giratorio se llega a probar el porcentaje de resistencia que presentara el material a la abrasión, de lo cual, en caso de trabajar con agregados gruesos, estos deberán presentar un desgaste menor al 50% en peso para ser considerado como un material con buenas propiedades mecánicas (Luna-Aroche, 2006).

En cuanto a la manejabilidad de la mezcla de agua cemento con los agregados se debe tener fundamental consideración a la absorción que puedan presentar las partículas de los agregados ya que

esto influye en la consistencia del hormigón, para ello es importante llegar a tener o manejar agregados con un bajo índice de absorción y de los cuales la mayoría se caractericen por ser aproximadamente de forma redonda para favorecer a la manejabilidad de la mezcla. Por otro lado, también se debe tener en cuenta la influencia del incremento de agua/cemento en algunos casos, para una mayor consistencia en la mezcla, esto principalmente cuando se trata de hormigones de baja resistencia (José Luis Chan Yam, 2003).

2.2.1 Clasificación de los agregados.

En si existen diversas características y propiedades por las cuales se pueden clasificar a los agregados pétreos, lo más común es que suelen ser clasificados según su tamaño en agregados finos y gruesos. Los agregados finos generalmente corresponden a todo material cuyo tamaño de las partículas varía desde más de 60 mm hasta 5 mm, siendo generalmente arenas, limos o arcillas, mientras que por otro lado se tiene los agregados gruesos los cuales se caracterizan por tener un tamaño de partículas que varía de más de 5 mm a 150 mm, suele ser la grava o roca triturada, mayor a este último se suele considerar ya como roca. De esta forma según el tamaño o granulometría del agregado se puede llegar a tener la siguiente clasificación como se muestra en la figura (APARICIO, 2015):

Tabla 1. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas (granulometría).

Tamaño de las partículas en mm (Tamiz)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina
0,002 - 0,0074 (No.200)	Limo	
0,075-4,76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado fino
4,76 - 19,1 (No.4) - (3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19,1 - 50,8 (3/4") - (2")	Grava	
50,8 - 152,4 (2") - (6")	Piedra	
> 152,4 (6")	Rajón Piedra bola	

Fuente: (APARICIO, 2015)

Entre otro tipo de clasificación que se le puede dar a los agregados es dado su origen, de esta forma se tiene (APARICIO, 2015):

- Agregados naturales: Estos como su nombre lo dice son aquellas que se pueden encontrar de manera natural, se caracterizan por su fácil y económica obtención, estos se dan ya sea por el arreste de corrientes fluviales o por diferentes medios naturales como las rocas de canto rodado que son porciones de piedras sueltas o a su vez las rocas de los ríos y arenas, entre otras.
- Agregados artificiales: Este tipo de agregados se refiere a aquellos que son obtenidos de forma industrial o artificial como suelen ser los agregados de las canteras que son dados por la trituración de los materiales.

De acuerdo a la densidad de los materiales se puede llegar a diferenciar 3 tipo de agregados a la vez como del hormigón (figura), de lo cual los livianos son de origen volcánico, los normales proceden de las piedras y los pesados están conformados por minerales de hierro (APARICIO, 2015).

Tabla 2. Clasificación de los agregados según su masa.

Clasificación del agregado	Masa unitaria aproximada (Kg/m ³)	
	Del agregado	Del concreto
LIVIANO	480 – 1300	13 – 100
		500 – 1350
NORMAL	1300 – 200	2000 – 2500
PESADO	2000 – 5600	>2500

Fuente: (APARICIO, 2015)

El comportamiento del hormigón también puede ser influenciado por la forma de los agregados que lo componen, de esta forma se sabe que dado el origen de la piedra de la cual se obtienen los agregados se puede llegar a tener la siguiente clasificación dado la forma (APARICIO, 2015):

Tabla 3. Clasificación de los agregados según su forma.

CLASIFICACION	DESCRIPCION	EJEMPLO
Redondeadas. 	Totalmente desgastadas por el agua o completamente formadas por fricción	Gravas de río o de playa, arenas del desierto
Irregular 	Irregulares por naturaleza parcialmente formadas por fricción o con bordes redondeados.	Otras gravas; pizarra de superficie o subterránea.
Escamosa 	Materiales cuyo espesor es pequeño en comparación con sus otras dos dimensiones.	Roca laminada.
Angular 	Con bordes bien definidos, formados en las intersecciones de caras aproximadamente planas.	Rocas trituradas de todo tipo y escoria triturada.
Alargada 	Material que suele ser angular, cuya longitud es bastante mayor que las otras dos dimensiones.	Se encuentra en algunos depósitos naturales en forma de lajas.
Escamosa y alargada 	Material cuya longitud es bastante mayor que el ancho y el ancho bastante mayor que el espesor.	Agregados de rocas meteorizadas

Fuente: (APARICIO, 2015)

Entre otra característica por la cual se pueden clasificar los agregados se tiene la textura, esta es una propiedad importante de los agregados que conforman el hormigón ya que de acuerdo a la textura de los agregados se podrá dar una mejor adherencia entre los mismos ya la mezcla de agua/cemento. De esta manera la textura de los agregados se puede dar ya sea por pulimiento o desgaste, de lo cual se puede tener la siguiente clasificación (APARICIO, 2015):

Tabla 4. Tipos de textura de los agregados.

GRUPO	TEXTURA SUPERFICIAL	CARACTERISTICAS
1	Vítrea	Fractura coloidal
2	Lisa	Desgastada por el agua o lisa debido a la fractura de roca laminada o de grano fino
3	Granular	Fractura que muestra granos más o menos uniformemente redondeados
4	Áspera	Fracturas áspera de roca con granos finos o medianos que contienen partículas cristalinas no fácilmente visibles
5	Cristalina	Contiene partículas cristalinas fácilmente visibles
6	Apanalada	Con poros y cavidades visibles

Fuente: (APARICIO, 2015)

2.3 Construcción sostenible ambientalmente.

Existe una gran variedad de métodos sostenibles ambientalmente que se pueden o se utilizan en la construcción hoy en día, estos implementados con la finalidad de reducir costos ya sea de producción,

transporte o adquisición de materiales, además de ayudar al medio ambiente, por ejemplo, de cierta manera se reduce la contaminación que implica la producción de algunos materiales o la contaminación que puede existir en obra, todo esto por medio de la implementación de métodos o materiales más sostenibles ambientalmente.

La construcción viene siendo una práctica que desde hace mucho tiempo ha venido evolucionando y ayudando al desarrollo económico y social del ser humano, dado las diversas construcciones de infraestructuras o edificaciones, obras viales, obras sanitarias, obras de agua potable, entre otras que han influenciado directamente en un crecimiento tanto económico como en el diario vivir de las personas en general. Por otro lado, dado que el campo de la construcción es muy amplio además de su importante influencia en el desarrollo de la humanidad también genera consigo una importante contaminación ambiental, dado que al requerir una gran variedad de recursos se llega a producir una gran cantidad de residuos sólidos, de tal manera que se ha llegado a saber que aproximadamente el 40% de la materia prima de todo el mundo es empleada en el ámbito constructivo, algo similar ocurre con los demás recursos como el 25% de la madera y demás derivados, el 17% del agua potable y entre otros recursos a nivel global que son empleados en la construcción. A su vez todo esto implica un consumo energético a nivel mundial de más de un tercio, de lo cual se sabe que el 20% del consumo de energía es empleada durante la ejecución de la obra (MONROY, 2014).

A pesar de las regulaciones y normativas que hoy en día son planteadas como exigencias para controlar la contaminación producida en el ámbito constructivo se sabe que este último ha sido un principal factor para la producción de gases de efecto invernadero a nivel mundial, representando emisiones de hasta 8.6 billones de toneladas métricas en el 2004 y para el 2030 se estima que estas emisiones lleguen a alcanzar los 15.6 billones de toneladas métricas, además de las emisiones de CO₂, de lo cual se tiene que más del 33% de estas son generadas por la producción de materiales tales

como el cemento o ya sea por labores constructivos. Con todo esto se llega a también a crear una cantidad significativa de residuos sólidos, representando esta aproximadamente un 30% a nivel mundial, de lo cual se tiene un gran problema en cuanto a la disponibilidad del espacio para el adecuado tratamiento de estos desechos o residuos sólidos (MONROY, 2014).

Por todo lo anteriormente mencionado es que actualmente algunas empresas o constructoras ya sean privadas o públicas, están incentivando diversos sistemas constructivos más sostenibles ambientalmente, tales que a la vez no impliquen un aumento significativo en la inversión o gastos de construcción y más bien lo contrario, siendo una ayuda económica dependiendo de los materiales o la metodología sostenible a emplear. De esta manera, por medio de pequeños cambios sostenibles en cada obra se llegaría a reducir a gran escala la emisión de gases ya sea de efecto invernadero o de CO₂, a la vez de los desechos o residuos sólidos, ya que con tan solo emplear técnicas eficientes y comerciales se podría llegar a reducir hasta un 50% el consumo energético en obra (MONROY, 2014).

Por medio de la implementando metodologías sostenibles de construcción se estima que se conservaría un consumo de agua y energía de hasta alrededor de 30 a 50% y una disminución en la producción de gases de CO₂ de hasta un 35%. Además de todo ello la implementación de estas técnicas sostenibles ambientalmente traen consigo una disminución de costos de producción de aproximadamente de hasta 9%, y con ello a la vez un aumento aproximado del 3% del valor de la renta y más del 6% en retorno de la inversión y precios de inmuebles, todo esto gracias a las nuevas tendencias por construcciones más económicas y principalmente más sostenibles ambientalmente (Merizalde, 2021).

En si existe una gran variedad de metodologías sostenibles ambientalmente que se pueden emplear en la construcción, algunas de ellas se basan en la implementación de un entorno ambiental

por medio de áreas verdes o zonas que permitan una mayor ventilación o paso de luz en una edificación, o a su vez también por medio de la implementación de sistemas constructivos más sostenibles basándose en el empleo de materiales ya sean estos naturales y reciclables o inorgánicos, los cuales en cierta forma ayudan a tener una construcción más sostenible tanto económica como ambientalmente.

2.3.1 Tipos de materiales de construcción sostenibles.

Los materiales que más comúnmente son empleados en la construcción ya sea como refuerzos son los metales y plásticos, siendo estos materiales artificiales. El acero y el aluminio corresponden a los metales que más comúnmente son empleados en obra, a pesar de su alto consumo energético para su producción y la emisión de gases que conllevan consigo, estos tienen propiedades mecánicas que los hacen capaces de resistir distintas cargas por lo cual tienen un valor significativo en cuanto a procesos construcción. Por otro lado, los plásticos al igual que los metales requieren un gran consumo energético para su producción y de igual forma la contaminación que se llega a generar con todo ello es relativamente alta, estos se caracterizan por presentar alta resistencia, ligereza, estabilidad, entre otras propiedades más que pueden presentar al momento de ser empleados en la construcción, además de ello se ha llegado a saber que algunos materiales como el plomo y cobre que comúnmente suelen ser empleados en distintas instalaciones, han llegado a ser sustituidos por materiales plásticos como polietilenos y polibutilenos.

En la presente investigación nos centraremos en los materiales naturales sostenibles ambientalmente que se pueden emplear en la construcción, entre los que se pueden mencionar los materiales reciclables y los materiales naturales. Los cuales al sustituir en parte a algunos materiales que son comúnmente usados en la construcción, tienen la finalidad de reducir las emisiones de gases que son generados por la producción de algunos materiales, así como también la contaminación que

se puede generar en el proceso constructivo, ayudando así a tener una construcción más sostenible ambientalmente y dependiendo del material hasta resulta de menor costo de adquisición.

2.3.1.1 *Materiales reciclables:*

En cuanto a los materiales reciclados, estos se caracterizan por ser provenientes de los residuos de materiales que han sido empleados en la construcción o restos de materiales de distintas infraestructuras que ya han llegado a ser demolidas o han cumplido su vida útil. Estos residuos o los escombros que se llegan a obtener pasan por un proceso de recuperación/tratamiento, en lo cual básicamente se pretende la recuperación de materiales que se encuentren en un buen estado y que no presenten sustancias tóxicas para posteriormente ser reciclados y reutilizados, siendo también importante la compatibilidad de estos materiales reciclables con los cuales se llegarían a mezclar para la construcción.

Los materiales reciclados además de ser sostenibles ambientalmente, estos ayudan económicamente en los costos de construcción y sobre todo en su influencia en el ahorro de consumo energético, aunque tal vez puedan existir diseños sostenibles que representen un alto costo al inicio de la construcción, esto debido a la difícil adquisición que puedan presentar algunos materiales sostenibles que no son muy comúnmente empleados hoy en día en obra, sin embargo estos a largo plazo llegan a representar un ahorro económico ya sea en cuanto a la edificación como para el dueño. A continuación, se tiene algunos ejemplos de materiales reciclables que se pueden dar en la construcción (Sornoza-Tituano, Robert, & José, 2022):

Bloques de tierra comprimida (BTC): Este tipo de material es elaborado a partir de la mezcla de la tierra con cualquier material estabilizante, como puede ser cal, yeso, asfalto, cemento, entre otros, para posteriormente de la mezcla, este ser moldeado ya sea en una prensa mecánica o a mano. Este material en la construcción ha sido empleado como un remplazo del ladrillo de barro cocido

que comúnmente se suelen emplear en la construcción de un muro. Estos bloques de tierra como se mencionó pueden estar formados por distintos estabilizantes, de los cuales se puede destacar la cal para complementarlo como un material más sostenible, el cual presenta algunas propiedades que puede aportar al bloque, como proporcionar un secado más rápido al tener una alta porosidad, un comportamiento óptimo en la construcción, su producción involucra una menor emisión de gases contaminantes a comparación de la producción que se tiene para el cemento que llega a presentar una alta contaminación, además también proporciona una mayor resistencia a la compresión a diferencia de los bloques constituidos por cemento (Sornoza-Tituano, Robert, & José, 2022).

Mezclas geopoliméricas: Este tipo de mezcla puede ser empleada con el fin de remplazar al cemento general tipo I, esto dado que presenta características y propiedades similares e inclusive hasta más aprovechables y beneficiosas en cuanto a su comportamiento para el uso en la construcción., además de que al sustituir al cemento reduce las emisiones de CO₂ que se tiene por la producción de este último, lo cual no ocurre con las mezclas geopoliméricas las cuales se basan en la viabilidad de los geopolímeros mediante su activación por cenizas volantes. Esta mezcla tiene una característica particular en cuanto a su resistencia, la cual en sí incrementa conforme aumenta la temperatura, lo cual lo hace aplicable para construcciones que vayan a estar exteriorizadas a temperaturas altas como puede ser en refinerías, petroquímica, industria del vidrio, entre otras, además de que es un material que se puede aplicar en elementos y morteros prefabricados, esto dado a módulo de rotura y su capacidad de resistencia (Sornoza-Tituano, Robert, & José, 2022).

Eco-ladrillos: Este material se caracteriza por ser un material innovador y sostenible ambientalmente que se puede emplear en la construcción, de esta manera se caracteriza por estar confirmado por materiales reciclados que en su mayor parte pueden ser de residuos domésticos, como lo son fundas de plástico, cartón, papel y demás desechos parecidos a los ya mencionados, estos conjuntamente con botellas de plástico principalmente y a la vez con cemento para la mezcla, para

así proporcionar resistencia al eco-ladrillo. Este tipo de material presenta algunas ventajas como su fácil adquisición y bajo costo de producción, a la vez que básicamente en su gran mayoría está conformado por materiales reciclables, su resistencia es similar a la del ladrillo común lo cual lo hace un material que últimamente ha estado incorporando como una nueva tendencia en la construcción ya que además proporciona una gran calidad de absorción de agua, esto dado por los materiales reciclados con los que está compuesto, además de su facilidad de transporte y almacenamiento, el aprovechamiento de tecnologías renovables, es también empleado como aislante y sismo resistente (Sornoza-Tituano, Robert, & José, 2022).

2.3.1.2 *Materiales Naturales:*

Los materiales naturales que se pueden implementar en la construcción presentan una gran importancia en lo que es la construcción sostenible, esto por la aplicación de materiales ecológicos y sostenibles ambientalmente con los cuales se pretende principalmente minimizar la contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero, además de que por medio de estos se tiene presente también una construcción de buena calidad al igual o incluso mejor que las obras cotidianas de hoy en día, a la vez de que se tendrían materiales más económicos y accesibles para la construcción.

Por medio de la implementación de materiales naturales, principalmente se llega a reducir el consumo de energía que representa la producción e instalación de materiales ordinarios que comúnmente son utilizados en la construcción, además de los desechos que se llega a tener dada su fabricación e incorporación en obra y con ello a la vez la emisión de gases contaminantes que se llega a generar en todo este proceso, sobre todo en la producción que implican algunos materiales. De esta manera los materiales naturales vienen significando una alternativa innovadora y sostenible ambientalmente (Afanador Charris, 2020).

En cuanto a los recursos naturales como son la madera, agua, energía y minerales, la construcción es la actividad que más consume estos recursos. De lo cual la madera o ya sea cualquier otro material puede ser implementado y sobre todo considerado como un material renovable en el caso de que este haya procedido de una gestión sostenible y ambiental ya sea para su cosecha, producción o adquisición, en lo cual en todo proceso se haya tenido un bajo consumo de energía. Este último hace referencia a la energía que es empleada en todo momento en los distintos procesos que haya pasado el material desde su procesamiento o producción hasta llegar a su implementación en la construcción, es decir desde un inicio de la obtención de las materias primas, posteriormente su producción y plantación, en lo cual también se tiene en cuenta la energía de consumo del transporte del material, así como también todos los equipos y maquinaria empleada en la mayoría de los procesos involucrados hasta llevar el material a su funcionalidad en la construcción (Borsani, 2011).

Los materiales naturales generalmente se caracterizan por tener un mínimo consumo de energía, que como se mencionó anteriormente se asocia a un mínimo procesamiento o producción de los materiales, esto en sí ayuda a mantener conservada la energía de uso y con lo cual prevenir la contaminación con la emisión de gases o generación de desechos. De esta manera, se llega a tener un bajo impacto ambiental o ecológico además de que los residuos producidos llegan a ser tan mínimos que se los considera ocultos, un claro ejemplo de materiales naturales que requieren un bajo procesamiento para su obtención son las rocas trituradas, la madera, el bambú, arcilla o materiales de tierra en general, entre otros (Borsani, 2011).

2.4 Fibras naturales.

Al hablar de un material de origen natural como son las fibras naturales, de lo cual se centra la presente investigación, tenemos que entender que es una fibra, la cual se puede definir como un filamento que por medio de un proceso de hilado o cualquier otro, permite obtener elementos sumamente finos de una variedad de tejidos, pudiendo ser estos de origen vegetal, animal y sintéticos.

Suelen estar caracterizados por su finura y largo, a la vez de su resistencia, así como también de su composición química y demás características físicas como textura, ancho, forma, entre otros (Celi, 2018).

Las fibras naturales, son fibras que son obtenidas ya sea a partir de vegetales o plantas como también puede ser de pieles de animales o de origen animal. Enfocándose un poco más en las fibras de origen vegetal, estas se caracterizan por provenir de cualquier parte de una planta como del tallo o de la cascara, de las hojas y demás, solamente que se tiene en cuenta la parte de la cual se va a obtener ya que esta puede ser muy frágil en el caso de que se obtenga de hojas, en cambio en cuanto a los procedentes de tallos o cascara dependiendo del tratamiento se llega a tener unos filamentos con una determinada cohesión que incluso en algunos casos llega a ser más resistente que las fibras sintéticas (Celi, 2018).

Por otro lado, entre algunas ventajas de las fibras naturales se puede mencionar las siguientes:

- Generalmente presentan una baja densidad.
- No requieren mucha energía para su procesamiento.
- Son de muy fácil adquisición ya que se pueden obtener en una gran variedad, esto gracias a la producción agrícola.
- Presentan una gran tensión estructural.
- Se suelen caracterizar por ser buenos aisladores acústicos y térmicos.

Entre otras características significativas de las fibras naturales además de ser sostenibles ecológicamente, se diferencian también por presentar una buena resistencia mecánica y elasticidad, así como también se caracterizan por ser buenos cautivando las vibraciones y sonidos. Las fibras

naturales pueden ser de distintos tipos según su origen, se tienen de origen vegetal, animal y mineral, como son (Celi, 2018):

- Fibras de origen vegetal: Este tipo de fibras naturales se caracteriza principalmente por ser de celulosa y son muy empleados en la industria textil. Estas fibras suelen ser clasificadas dada su procedencia de la planta de la cual son obtenidas, de esta manera se puede distinguir las siguientes: Provenientes del tallo, de semillas, frutas o su cascara y de hojas (Celi, 2018).

Gráfico 1. Fibra de la caña de azúcar (fibra procedente del tallo).



Fuente: (Celi, 2018)

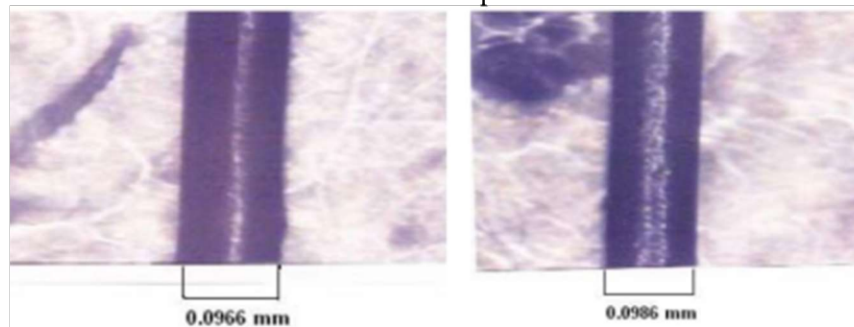
Gráfico 2. Fibra de algodón (Fibra procedente de frutos).



Fuente: (Celi, 2018)

- Fibras de origen animal: Estas fibras han sido empleadas desde la antigüedad ya sea como abrigos de pieles para el ser humano, de lo cual se caracterizan por proceder principalmente de la piel, lana o las secreciones de distintos animales. En cuanto a las fibras obtenidas del pelaje, se suelen caracterizar por presentar una estructura de cadenas en forma de muelle, proporcionándoles una mayor elasticidad (Celi, 2018).

Gráfico 3. Fibra del pelo humano.



Fuente: (Celi, 2018)

- Fibras de origen mineral: Estas se diferencian por ser procesadas a partir de minerales con textura fibrosa y suelen caracterizarse como buenos aisladores térmicos, entre algunos ejemplos del mineral del cual pueden ser obtenidos pueden ser la plata, el oro, vidrio, entre otros (Celi, 2018).

Gráfico 4. Fibra de oro.



Fuente: (Celi, 2018)

2.4.1 Fibras naturales vegetales como refuerzo en el Hormigón.

De esta manera la idealización del reforzamiento del hormigón con fibras naturales viene dándose desde hace algún tiempo atrás alrededor de los 60 o 70 a partir de investigaciones realizadas en aquel entonces hasta la actualidad que es donde más peso ha ido tomando esta idea o metodología, con el fin de llegar a tener un material con propiedades y características únicas, al ser compuesto por un material de diferente funcionalidad como lo son las fibras naturales (Tandazo, 2020).

Entre distintas fibras naturales que pueden ser empleadas como refuerzo en el hormigón, podemos destacar las fibras naturales de origen vegetal que a diferencia de otras, son más accesibles y fáciles de obtener, sin requerir de una alta energía de consumo para su producción y procesamiento, así como también son más económicas y sostenibles ambientalmente, de tal manera que al ser mezcladas con materiales pétreos, agua y cemento, de cierta manera se puede llegar a tener un material ecológico y en beneficio con el medio ambiente, además de obtener mejores propiedades mecánicas y térmicas. La mayoría de estas fibras también se suele caracterizar por presentar una resistencia mecánica significativa como lo es a tracción y a compresión, a la vez que el módulo de elasticidad que suelen presentar va del orden del concreto (Gonzalo Ruano, 2017).

A diferencia de las fibras sintéticas, las fibras vegetales se definen por tener una baja densidad, por ser materiales biodegradables y renovables. También se caracterizan por no presentar emisión alguna de CO₂ y tener un buen comportamiento mecánico, además de que pueden ser empleadas también como aisladores térmicos y acústicos y en el caso de que se llegase a requerir un elemento que tenga un mínimo peso, las fibras vegetales representan una gran opción (Gonzalo Ruano, 2017).

Por otro lado, en cuanto a la composición de las fibras vegetales, estas se caracterizan por presentar una morfología similar, es decir la mayoría está definida por fibras-celdas, conformadas cada una en estructuras primarias, secundarias y terciarias, cada una de estas compuestas por paredes y lumen, a la vez que cada celda se encuentra entrelazada por lamellae media, que en si esta última está definida por legnina y hemicelulosa. Por otro lado, cada fibra tiene un comportamiento mecánico que las diferencian entre sí, esta diferencia viene dada según la cantidad y espesor de fibras-celdas, la sección transversal, el número de lumens, el espesor de las paredes de las celdas, entre otras características o propiedades, así como también podemos mencionar que cada fibra presenta una composición química característica de cada una, esta última dada principalmente por la celulosa de

la fibra vegetal. De esta manera tanto la composición morfológica como la composición química de las fibras influyen en la resistencia de las mismas, de tal manera que, si una fibra llega a presentar un alto porcentaje de celulosa, su resistencia será mayor, aunque esto también dependerá de sus características morfológicas (Gonzalo Ruano, 2017).

Por lo mencionado anteriormente es importante conocer o comprender la composición principal de las fibras vegetales, de lo cual la celulosa es la más importante, la cual viene siendo el esqueleto de las paredes de la célula y también presenta una alta resistencia a la hidrólisis alcalina. Además de la celulosa también parte importante de la composición de las fibras vegetales, se tiene la hemicelulosa y la lignina, la primera es la responsable de la biodegradación y presenta pocos residuos de azúcar y una baja resistencia a la hidrólisis, mientras que la última es la responsable del envío y recepción de soluciones acuosas y ofrece rigidez a la pared celular, además de ser un aglutinante de las fibras de celulosa (Tandazo, 2020).

El concreto reforzado con fibras vegetales se suele caracterizar por presentar una gran cantidad de poros, esto debido a las fibras vegetales ya que las mismas están conformadas por una cantidad significativa de poros, que tienen cavidades y lumen, haciéndolas que tengan una alta capacidad de absorción de agua. Esto representa un punto particular a considerar durante la mezcla del hormigón ya que se debe tener cuidado con la cantidad de agua añadida a la dosificación de la misma, con lo cual se puede prevenir esta absorción de agua con un tratamiento adecuado de las fibras vegetales, como puede ser colocadas en estado saturadas superficialmente secas (SSS) a la mezcla (Gonzalo Ruano, 2017).

Un punto importante a considerar también en cuanto a la incorporación de las fibras naturales o vegetales en la mezcla del hormigón es el proceso de corte de las mismas ya que dada su constitución y finura resulta un poco complicado, sin embargo, esto resulta irrelevante frente al mínimo costo de

producción y extracción que representan las fibras naturales. De esta manera también se debe tener en cuenta el tipo de fibra según su textura como pueden ser:

- Provenientes de la cascara o corteza.
- Provenientes de la hoja, conocidas como fibras de textura dura dado su gran grosor y rigidez.
- Provenientes del tallo, conocidas como fibras de textura blanda, debido a su elasticidad, finura y que por lo general son flexibles.

Como se mencionó anteriormente las fibras naturales tienen propiedades o características únicas, con lo cual al momento de ser incorporadas al concreto pueden influenciar ya sea para aumentar o disminuir el comportamiento mecánico del hormigón, de esta manera se debe tener en cuenta las siguientes características de las fibras al ser incorporadas en la mezcla, como son (Tandazo, 2020):

- Una longitud apropiada.
- Un alto módulo de elasticidad.
- Una correcta relación en la dosificación de la mezcla del hormigón.
- Ser más largas en relación a su ancho o diámetro.
- Presentar una correcta adherencia a la mezcla de hormigón.

Según la normativa ACI 544.1R-96, en el apartado 5.2.1 en la tabla 5.4 Factors affecting properties of natural fiber reinforced concretes, presenta una serie de factores que pueden influenciar en el comportamiento y estado del hormigón reforzado con fibras naturales, como se tiene a continuación la tabla traducida (Tandazo, 2020):

Gráfico 5. Factores que pueden influenciar en el comportamiento del hormigón reforzado con fibras naturales.

Factores	Variables
Tipo de fibra	Coco, sisal, maguey, caña de azúcar, bambú, yute, madera, pasto de elefante, plátano y musamba.
Geometría de las fibras	Longitud, diámetro, sección transversal, anillos y puntas.
Conformación de la fibra	Monofilamento, multifilamento, rizados y nudos simples.
Condiciones superficiales	Hongos, presencia de recubrimientos
Propiedades de la matriz	Tipo de cemento, tipo de agregado y granulometría, tipos de aditivo.
Diseño de la mezcla	Contenido de agua, relación de agua/ cemento, trabajabilidad y contenido de fibra.
Método de mezclado	Tipo de mezcladora, secuencia al agregar los ingredientes, método para agregar las fibras, duración y velocidad de mezclado.
Método de compactación	Vibración convencional, por presión y por impacto.
Técnica de colado	Colado convencional, lanzado o por extrusión.
Método de curado	Convencional, métodos especiales.

Fuente: (Tandazo, 2020)

Conociendo las características y propiedades que pueden influenciar en las fibras vegetales al ser incorporadas en el hormigón, se puede llegar a estimar de mejor manera la mezcla de las fibras con los distintos agregados y el cemento para llegar a tener ese material de propiedades y características únicas, que además de ello se garantice alcanzar la resistencia para la cual pueda estar destinado el hormigón, teniendo un producto en base a un material económico y sostenible ambientalmente y hasta técnicamente, al llegar de cierta manera a remplazar la producción de ciertos materiales que comúnmente son usados en el ámbito constructivo y que además producen una alta contaminación en su producción (Tandazo, 2020).

2.4.1.1 Banano

Las fibras provenientes de la cascara de la futa del banano que generalmente suelen ser desechadas como residuo o basura, desaprovechando así las propiedades que estas pueda brindar, al poder utilizar las mismas como fibras de refuerzo en el ámbito constructivo, dándoles no solamente

una utilidad técnica sino también sostenible ambientalmente, además de resultar de gran beneficio económico en cuanto a su adquisición.

De esta manera al hablar del Banano, podemos mencionar que este es originario de indonesia de la región indo malaya, a partir de la cual se extendería hacia Hawái y la polinesia en un principio, no es hasta el siglo XV que es introducido en Europa y posteriormente sería introducido en Sudamérica en el siglo XVI dado por la colonización de los portugueses que traerían el banano desde África Occidental, así como también la introducción del banano en América es atribuida también a Fray Tomas de Berlanga quien tras descubrir las islas Galápagos introdujera algunas plantas esta y a R. Dinamarca, entre ellas el banano y de esta manera el mismo seria disipado por el resto del continente (Guzman, 2013).

Producción de banano:

Para una buena producción del banano es importante el proceso de cultivación del mismo, para el cual se debe garantizar que el suelo este en óptimas condiciones como que esté libre de cualquier contaminante u organismo que pueda afectar la cultivación y producción del banano, así como también se debe procurar una temperatura de unos 18 °C aproximadamente favoreciendo el crecimiento del banano además de que el mismo se suele dar especialmente en climas tropicales húmedos.

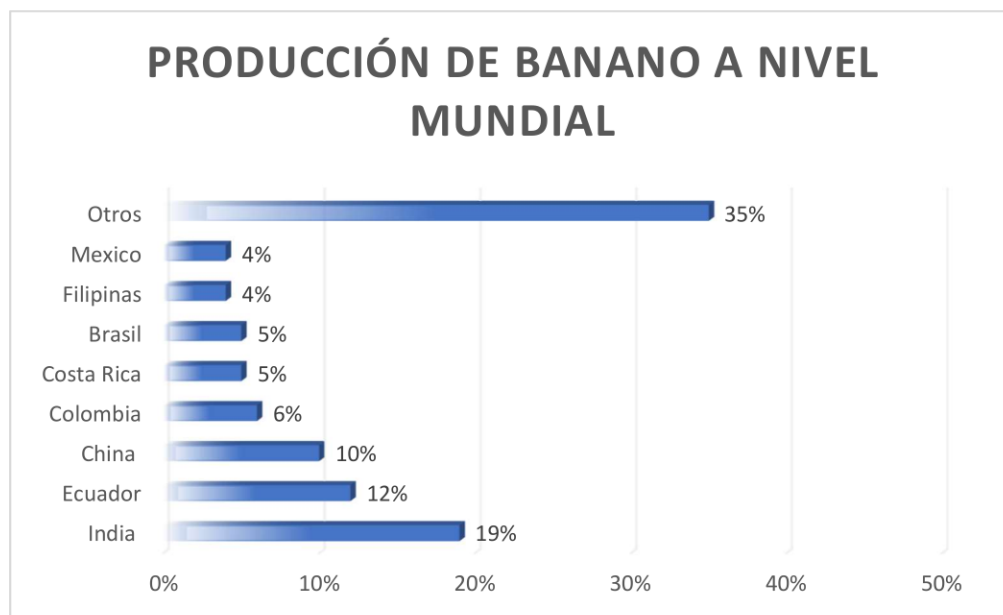
Actualmente el banano es una de las frutas más cultivadas en todo el mundo, en lo que es las zonas tropicales, de lo cual viene produciéndose alrededor de 28 millones de toneladas de banano, de donde 2/3 de esta proviene de Sudamérica, siendo Ecuador el principal exportador, pudiendo considerarse como el primer exportador a nivel mundial, de tal manera que el país presenta una producción con un índice medio anual de 9% aproximadamente más que otros países importantes en la explotación del banano como son Colombia, Filipinas, Caribe, Costa Rica, estos últimos presentan

exportaciones desde 1985, de un millón hasta 3.6 millones de toneladas, que se ha dado hasta el año 2009 (Karla Dnaíela Abad Barahona, 2012).

En cuanto a la producción del banano a nivel mundial esta llega a subdividirse en 4 niveles como son (URBANO, 2018):

- Grupo AAA o Cavendish.
- Grupo AAB, ABB, AA, entre otros en los cuales se consideran los bananos para cocinar o para hacer líquidos para el consumo.
- Grupo banano AAB.
- Grupo AAA, AA, AAB, entre los cuales se considera el banano para postres.

A nivel mundial la mayor producción de banano que se llega a tener es el grupo Cavendish (AAA), de lo cual la mayor producción se da de América Latina y el Caribe, a los cuales le sigue Asia, África y Europa. De donde el primer país en la producción del banano es la India con un 19%, le sigue Brasil con un 15% y tercer lugar se encuentra Ecuador con 12%, estando así entre los mayores exportadores y productores del banano. El resto de la producción del banano a nivel mundial se puede apreciar de mejor manera en la siguiente figura (URBANO, 2018):



Fuente: (URBANO, 2018)

El Ecuador como uno de los primeros países en la exportación y producción del banano se caracteriza por constar con alrededor de 4 473 productores de banano, de lo cual el país presenta aproximadamente 162 236 hectáreas de sembríos. De esta manera la distribución de las hectáreas sembradas del país según los tipos de productores que se tiene a nivel nacional es la siguiente (Ministerio de Comercio Exterior, 2017):

Gráfico 6. Distribución de hectáreas sembradas según el tipo de productores de banano en el Ecuador.

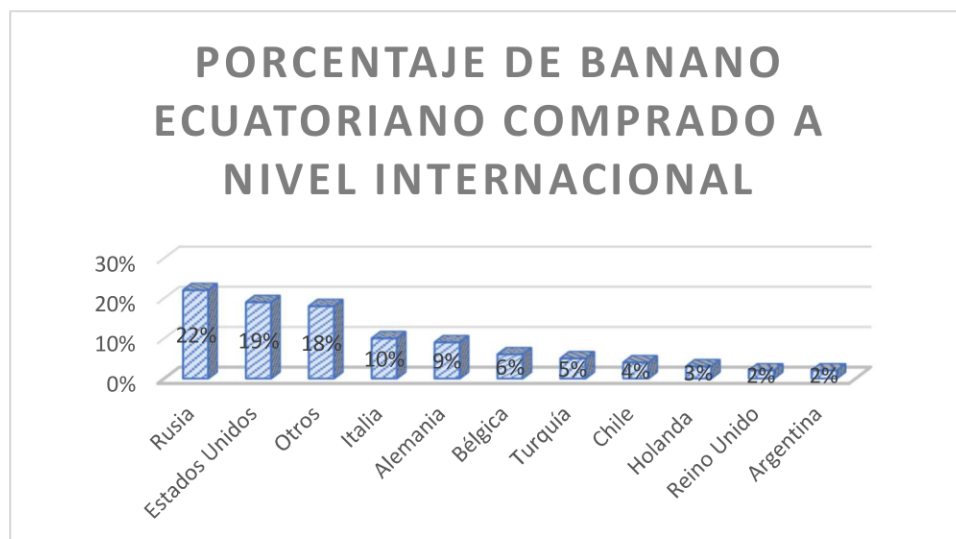
DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO DE HECTÁREAS	HECTÁREAS SEMBRADAS	NÚMERO DE PRODUCTORES
0-30 (PEQUEÑOS)	35.685	3.480
>30 ≤ 100 (MEDIANOS)	57.486	800
100 O MÁS (GRANDES)	69.063	193
TOTAL	162.236	4.473

Fuente: (Ministerio de Comercio Exterior, 2017)

De lo anterior se puede destacar como la mayor parte de la producción del Ecuador es dada por empresas pequeñas y medianas, conformando estas dos el 95.6% de los productores a nivel nacional, es decir que la mayor parte de la producción del banano del Ecuador se basa en el comercio

familiar y la Economía Popular Solidaria (ESP), beneficiando así al sector laboral de las zonas rurales en especial, dada la generación de empleo que se puede tener por la producción del banano. De esta manera se sabe que todo el proceso que conlleva la exportación del banano en el país ha llegado a generar fuentes de empleo para más de un millón de hogares, lo cual ha llegado a beneficiar a más de 2.5 millones de personas, esto principalmente en 9 provincias en las cuales la industria bananera forma parte fundamental de la economía del sector ya que favorece a la generación de empleos e ingresos (Ministerio de Comercio Exterior, 2017).

En el Ecuador se estima una inversión de \$4 000 millones de dólares en todo el proceso e infraestructura relacionada con la cultivación, producción y exportación del banano. El grupo de bananos que se da con mayor producción en el Ecuador es el grupo Cavendish valery y el Banano fresco tipo plantain, estos en el mercado internacional son considerados por su buena calidad y peculiar sabor de tal manera que aproximadamente el 95% de la producción del banano en el país es enfocada a la exportación hacia otros países, llegando así a 43 mercados a nivel internacional, de tal manera que el 30% de la oferta mundial proviene del Ecuador, de donde países como Rusia, Estados Unidos y países de Europa llegan a importar a sus mercados el 83% de la exportación del banano del Ecuador, el alcance de las importaciones de países internacionales del banano ecuatoriano se puede apreciar de mejor manera en la siguiente figura (María Vanessa Rodríguez Pérez, 2015):



Fuente: (María Vanessa Rodríguez Pérez, 2015)

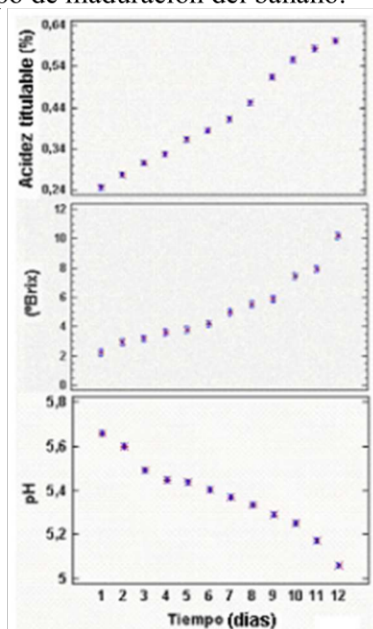
En cuanto al economía del Ecuador, la exportación del banano ha llegado a representar el 2% del PIB y alrededor del 35% del PIB agrícola. La mayor parte de la producción del banano como tal se da en provincias como son (Ministerio de Comercio Exterior, 2017):

- El Oro con 41%, de los cuales en su mayor parte se encuentran productores pequeños.
- Guayas con 34%, conformada en su mayoría por productores mayores.
- Los Ríos con 16%, conformada en su mayoría por productores mayores.

Características y propiedades del Banano

En cuanto a las propiedades físico-químicas del banano, este puede estar caracterizado por factores como el pH, sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable. El primero conforme pasa el tiempo de maduración del banano va bajando sus niveles de pH, en cambio el segundo que representa el contenido de sacarosa de la futa va creciendo al igual que el contenido de ácido, esto se puede apreciar de mejor manera en la siguiente gráfica, en la cual se representa los niveles de cada factor según el tiempo de maduración del banano (Héctor José Ciro Velásquez, 2005).

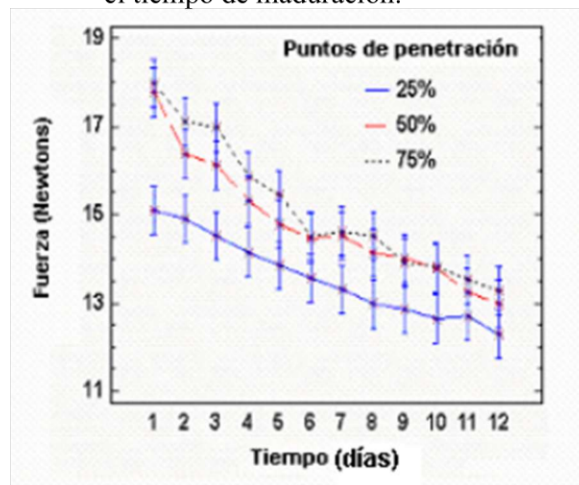
Gráfico 7. Niveles de factores de acidez titulable, solidos totales (°Brix) y pH según el tiempo de maduración del banano.



Fuente: (Héctor José Ciro Velásquez, 2005)

En cuanto a la cascara del banano en especial podemos destacar la firmeza que puede tener esta, la cual está dada por la fuerza máxima requerida para penetrar la cascara a una longitud o distancia determinada de la curvatura externa. De esta manera se puede decir que la firmeza de la cascara del banano dependerá del grado de maduración del mismo ya que entre más días de maduración tenga el fruto menor será la firmeza de la cascara además de que el proceso de maduración suele comenzar dándose desde el extremo distal de la fruta hacia el extremo proximal del banano, el primero suele ser más blando y de menor firmeza. En la siguiente grafica se puede apreciar un ejemplo de la evaluación de la firmeza de la cáscara del banano según la fuerza de penetración en relación al tiempo en días de maduración, de donde se puede apreciar como la firmeza de la cascara del banano va decayendo conforme los días de maduración de la fruta, con lo cual se puede decir que la cascara del banano suele ser más resistente o de mayor firmeza en los primeros días de maduración (Héctor José Ciro Velásquez, 2005).

Gráfico 8. Resistencia de la cascara del banano en función de una fuerza de penetración y el tiempo de maduración.



Fuente: (Héctor José Ciro Velásquez, 2005)

En cuanto a las características y propiedades del banano en general, se pueden distinguir las siguientes (Karla Dnaiela Abad Barahona, 2012):

Tabla 5. Características y propiedades generales del banano.

Características Generales	Planta	Fruto	Cultivo	Producción o Cosecha
- Conocido también como guineo, cambur, topocho. - Proviene del grupo de plantas herbáceas Musa. - Se caracteriza por tener un alto contenido de carbohidratos,	- El banano es una megaforbia y no un árbol. - Posee un falso tronco, formado por pseudotallos de aproximadamente 30cm de diámetro basal y 7m de alto.	- La fruta como tal se da en hileras conocidas como mano o falsa mano, en las cuales se desarrolla el fruto desde que nace. - La fruta se caracteriza por conformar un	- El banano no se cultiva de una semilla sino más bien del rizoma (yemas) de la planta mismo. - Para un mejor cultivo y producción del banano se suele	- La producción del banano está en función de la plantación, del cultivo, entre otras, pero ase suele tener una producción aproximada de 7 a 1.6 toneladas de

potasio, vitaminas A y C - Tiene una producción anual - El Ecuador se encuentra como el mayor exportador, exportando 1/3 del banano a nivel mundial.	- Llega a tener hojas sumamente grandes de aproximadamente 60 cm de espesor y 3 m de largo.	racimo compactado, protegido por un pericarpio verde durante la etapa de maduración. - Tiene forma cilíndrica y el meollo de la fruta como tal es blanca a amarilla. - El fruto desde que nace hasta su maduración completa tarde de 80 a 180 días. - La planta del banano puede llegar a producir de 300 a 400 frutos por espiga.	cortar las vainas foliares de los rizomas y también los retoños, dejando las yemas al aire libre y así teniendo un brote fuer de riesgo de enfermedades. - Para la plantación del banano es importante mantener un ambiente húmedo	fruta por hectárea al año. - En plantaciones mayores o industrias bananeras, se llega a tener una producción que sobrepasan incluso las 23 toneladas de fruta por hectárea al año.
--	---	---	---	---

Fuente: (Karla Dnaiela Abad Barahona, 2012)

Por otro lado, los desechos de la cosecha del banano en otros países como Japón, China y la India dan un empleo más sostenible en cuanto a la reutilización de los residuos de la producción bananera como se tiene la utilización de los mismos en la construcción de paneles para autos o también el empleo de estos para la artesanía. Mientras que en el Ecuador los desechos de la cosecha del banano suelen ser usados como abono en algunas plantaciones, así como también suelen ser destinadas como comida para el ganado vacuno o a su vez suelen ser desechados como basura, dado este último, no se tiene un gran aprovechamiento o reutilización sostenible de los residuos del banano (Karla Dnaiel Abad Barahona, 2012).

2.4.1.2 Zanahoria

La zanahoria en un principio era mayormente empleada para un uso medicinal principalmente para la salud visual ya que en ese entonces, durante la segunda guerra mundial, se creía que la misma brindaba beneficios para la vista en general, sino es posteriormente que hasta siglo XVI que es vista como una planta para un bien alimenticio, el origen de la misma se estima que proviene del centro del continente asiático, africano y de manera un poco más certera su procedencia se atribuye a países como Afganistán e Irán alrededor del año 3000 A.C (Guillen Berrios, 2019).

La zanahoria en si es una hortaliza que se caracteriza por ser una planta herbácea bianual, este último dado que tiene la característica de presentar el tallo al ras del suelo, algo que es particular de la hierba y en función de su tiempo de desarrollo es bianual ya que cuenta con una temporada de crecimiento o vegetal y otra de producción o productiva. También se caracteriza por ser una planta de desarrollo a baja temperatura ya que las temperaturas para un mejor crecimiento de la misma deben variar entre 15°C y 25°C aproximadamente (Salas Quiroz, 2021).

De la zanahoria podemos destacar también su procedencia de la familia de umbelliferae, específicamente de la especie *daucus carota*, también se caracteriza por presentar 2.9 g. de fibra cada 100 g. de ración comestible, estas últimas como son las fibras deben tener especial control al momento

de ser incorporadas al hormigón, tales como el porcentaje de absorción, humedad, tamaño de la partícula, índice de cristalinidad, entre otros que de cierta manera pueden llegar a influenciar en el rendimiento mecánico del hormigón, además de que también para garantizar el comportamiento óptimo del concreto se debe procurar una adecuada dosificación (Chagua Ventura, Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de zanahoria, Lima 2021, 2021).

Características físico-químicas:

De la zanahoria se puede destacar su contenido de carotenos, los cuales son los responsables de la pigmentación anaranjada de la zanahoria, además la misma se caracteriza por contener un alto contenido de agua siendo este alrededor del 90% de su peso en general, así como también un alto contenido de hidratos de carbono, lípidos, proteínas, fósforo, potasio y hierro, entre otras propiedades físico-químicas con las cuales la zanahoria se caracteriza por presentar son las siguientes (Salas Quiroz, 2021):

Tabla 6. Componentes físico-químicas de la zanahoria.

COMPONENTE	CONTENIDO
Agua	89%
Grasa total	0.2%
Calcio	33 g.
Proteína	0.9%
Carbohidratos	8.4 g.
Fibra	2.87%
Acido linoleico	10 mg.
Fósforo	34 mg.
Hierro	0.7 mg.
Acido ascórbico	3 mg.
Tiamina	0.04 mg.

Fuente: (Salas Quiroz, 2021)

Las fibras naturales provenientes de la zanahoria, al ser incorporadas en el hormigón pueden llegar a brindar beneficios en el mismo tales como reducir los espacios vacíos y con ello disminuir la

aparición de grietas superficiales, a la vez que también puede llegar hasta aumentar la resistencia del hormigón, así como también dada la presencia de componentes como la lignina, celulosa y hemicelulosa de la zanahoria en el concreto se puede llegar a optimizar las propiedades mecánicas del mismo. Además, dado que la zanahoria consta con una microestructura más densa, las fibras de la misma pueden aumentar la posibilidad de que no se llegue a dar el fenómeno de la corrosión a la vez de poder incrementar la vida útil del concreto y también pueden llegar a beneficiar el rendimiento estructural del concreto, esto último dado que pueden llegar a incrementar la cantidad de hidrato de silicato de calcio de la mezcla, el cual influye significativamente en controlar el rendimiento (Guillen Berrios, 2019).

En cuanto a las fibras de zanahoria se pueden destacar las siguientes propiedades físico-químicas:

Tabla 7. Características físico-químicas de la fibra de zanahoria.

Propiedades Fisicoquímicas	
Tamaño de partícula	Min 30% pasa por la malla 100
Humedad	Máx. 10%
Retención de Agua	Mín. 26 veces su peso
pH (1% solución)	4 a 6
Densidad aparente	206 g/l

Fuente: (Guillen Berrios, 2019)

De un análisis bromatológico realizado de la fibra de zanahoria se puede llegar a conocer las siguientes características: Humedad: 84%; grasa: 0.5%; proteína: 0.8%; fibra: 0.5%; ceniza: 1.2%; hidratos de carbono: 13% (Guillen Berrios, 2019).

Por otro lado, una desventaja en cuanto a las fibras de zanahoria en el hormigón, puede ser la durabilidad de las mismas ya que pueden llegar a verse afectadas, esto ya que al mezclarse con los

agregados y el cemento, se expone a componentes alcalinos que pueden llegar a influenciar en la resistencia a la descomposición de las fibras, así como también otra desventaja es la capacidad de absorción de agua que pueden llegar a tener ya que está en la mezcla puede influenciar en el peso y volumen que a lo largo puede afectar la resistencia del hormigón. Sin embargo, para poder llegar a evitar la ocurrencia de factores que lleguen a dar las desventajas anteriormente mencionadas, las fibras pueden ser tratadas por algún tipo de solución e insumo, con el fin de mantener las propiedades y características de las mismas (Guillen Berrios, 2019).

2.5 Base Teórica – Normativa

2.5.1 Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015

Los materiales utilizados en la construcción pueden ser procesados o fabricados que son destinados a ser incorporados de manera permanente en cualquier obra de ingeniería civil (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016). Estos materiales de construcción deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Resistencias mecánicas.
- Estabilidad química (resistencia contra agentes agresivos).
- Estabilidad física (dimensiones).
- Seguridad para su manejo y utilización.
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios.
- No alterar el medio ambiente y aislamiento térmico
- Protección ante incendios, comodidad, estética y económica.

2.5.1.1 *Durabilidad del hormigón*

Para poder certificar la vida útil del hormigón se debe tener ciertas precauciones y cuidados que garanticen la calidad suficiente del material y que este responda a las exigencias de la obra como:

- Resistencias mecánicas.
- Resistencia ante agentes agresivos.
- Intemperie.

Una de las propiedades mecánicas del hormigón más fáciles de medir es la resistencia a la compresión, por medio de ensayos de probetas cilíndricas. Otro aspecto en el que se puede intervenir es la relación agua-cemento (a/c), la cual establece la resistencia del material y la protección ante agentes agresivos. Si se logra controlar estas variables se garantizará la duración del hormigón (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016).

La evaluación y la aceptación del hormigón será de acuerdo a lo señalado en las normas NTE INEN 1855-1 y NTE INEN 1855-2, la dosificación del hormigón debe cumplir la máxima relación a/c y otros requisitos de acuerdo al elemento estructural (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016).

2.5.1.2 *Calidad del concreto*

La dosificación de las mezclas de hormigón debe cumplir diferentes características que son:

- Consistencia y manejabilidad.
- Resistencia ante ambientes expuestos.
- Cumplimiento de todos los ensayos de resistencia de hormigón.

2.5.1.3 *Preparación del equipo:*

El equipo destinado al mezclado y transporte de hormigón debe estar limpio, los residuos que puedan estar en el lugar donde el concreto será situado deben ser retirados y estar libre de agua. Los moldes para tomas de muestra deben ser limpiados, los materiales para la mampostería que estará en contacto con el hormigón debe estar humedecida. (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016).

2.5.1.4 *Mezcla de hormigón*

El tiempo de la mezcla debe ser la suficiente para tener un hormigón homogéneo con todos sus agregados; antes de volver a utilizar la mezcladora esta debe ser totalmente vaciada y limpiada. La mezcladora debe ser operada a la velocidad recomendada por las normas, el proceso de mezclado debe continuar mínimo durante un minuto y medio luego de que todos los materiales estén dentro de la mezcladora. Se debe registrar el número de mezclas producidas, la dosificación de materiales empleados, fecha, hora y colocación de la mezcla (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016).

2.5.1.5 *Curado del concreto.*

El hormigón debe conservar una temperatura mayor a los 10°C y humedecerlo para mantenerlo hidratado, al menos durante los 7 días de fraguado. En cuanto al hormigón de alta resistencia, se sigue los mismos parámetros, pero se lo hace durante los tres primeros días de curado. (Yépez, Guerra, Arias, Castillo, & Peñaherrera, 2016).

2.5.2 *ACI (Report on Fiber Reinforced Concrete)*

2.5.2.1 *Reforzado con fibra natural*

Las fibras se consiguen en cantidades grandes en diferentes países y representan un recurso renovable. Las fibras naturales en la construcción precedieron sustancialmente al hormigón armado

convencional, la paja – rienda - ladrillos de barro secados al sol fueron utilizados para la construcción de paredes, teniendo a las fibras naturales como un material usado hace mucho tiempo (Institute, 2009).

2.5.2.2 *Fibras naturales sin procesar*

Existe una variedad de fibras naturales que se pueden utilizar junto a otros ingredientes como cemento, puzolanas, agregados finos, agua y aditivos. Los tipos de fibras naturales que se pueden utilizar con estos modelos incluyen: bagazo, sisal, yute, coco, plátano y palma. Una breve descripción de cada uno de los componentes que se utilizan para la obtención de hormigón reforzado con fibras se describe a continuación:

2.5.2.3 *Cemento*

El cemento recomendado es el Tipo I, sin embargo, el Tipo III (resistencia temprana) se puede usar para comprimir el endurecimiento retardado producido por la glucosa presente en la mayoría de las fibras naturales (Institute, 2009).

Tabla 8. Proporciones de mezcla.

Ingredient	Wet mix	Dry-compacted mix
Cement, lb/yd ³	925-1000	880-925
Coconut fiber, lb/yd ³	30	370
Sand, lb/yd ³	2500	2500
Water -in fiber, lb/yd ³	3.5 (estimate of natural condition)	460 (estimate of saturated-surface-dry condition)
-added, lb/yd ³	630	800
Additives		
-Calcium chloride, lb	35	35
-Microbiocide, oz	1.9	2.1
-Water reducers	none	none
Metric equivalents: 1 lb/yd ³ = 0.593 kg/m ³ ; 1 lb = 0.454 kg; 1 oz = 28.35 g		

Fuente: (Institute, 2009).

2.5.2.4 *Agregados*

Los agregados deben cumplir con las exigencias de graduación especificados por ASTM C 33, Norma Especificación para Agregados de Concreto (Institute, 2009).

2.5.2.5 *Agua y aditivos*

El agua que se utilizará para la mezcla debe tener una condición limpia y de buena calidad. Se pueden usar agentes aceleradores para disminuir la influencia del retardante de glucosa como la utilización de cloruro de calcio. Se recomienda el uso de microbiocidas orgánicos, por la prevención del ataque bacteriano de las fibras orgánicas (Institute, 2009).

2.5.2.6 *Fibras*

La longitud de las fibras va desde 1 a 20 pulg. (25 a 500 mm), ya que a que las fibras de materiales naturales, no son uniformes en diámetro y longitud. Valores habituales de diámetro para las fibras naturales sin procesar varían de 0,004 a 0,03 pulg. (0,10 a 0,75 mm) (Institute, 2009).

Tabla 9. Propiedades mecánicas de fibras.

Type of fiber	Average diameter, in.	Average length, in.	Absorption after 24 hr, percent	Average fiber density (SG)	Average tensile strength, psi	Average bonding strength, psi	Average elongation, percent
Bagasse	0.020	1.38	122.5	0.639	3,570	36	N/A
Coconut	0.027	11.02	58.5	0.580	8,825	40	2.600
Jute	0.004	15.75	62.0	1.280	53,500	20	N/A
Maguey	0.014	15.75	63.0	1.240	54,400	N/A	N/A
Lechuguilla	0.014	15.75	102.0	1.360	54,100	N/A	N/A
Banana	0.011	3.70	276.0	0.298	10,960	35	3.000
Guaney (palm)	0.017	17.44	129.9	1.195	50,000	40	2.880
Bamboo	Variable	Variable	51.0	0.720	54,680	45	1.800

Note: N/A = Not available
Metric equivalents: 1 in. = 25.4 mm; 1 psi = 0.006895 MPa

Fuente: (Institute, 2009).

2.5.2.7 *Métodos de mezcla*

Los dos métodos de mezcla y la colocación son (1) mezcla húmeda y (2) mezcla compactada en seco (Institute, 2009).

2.5.2.7.1 *Mezcla húmeda*

En la mezcla húmeda, se utiliza un bajo volumen de fibras. El agua que se añade a la mezcla se debe se en relación a la alta cantidad de agua que tienen las fibras naturales. Se recomiendan muestras de prueba y una planta dosificadora. El procedimiento consiste en agregar cemento con agua

y aditivos, después se agregan los agregados finos. Finalmente, la fibra natural es añadida y dispersada (Institute, 2009).

2.5.2.7.2 *Seca-compactada*

La mezcla seca-compactada es utilizada para aplicaciones industriales o proyectos semi - industriales. En la mezcla compactada en seco, el volumen de fibra utilizada es aproximadamente 10 veces el volumen fracción utilizada en la mezcla húmeda. Las fibras deben estar en estado saturado (Institute, 2009).

Es recomendado mezclar las fibras en condiciones saturadas superficialmente secas al cemento y agregados, luego se agrega una cantidad limitada de agua. El porcentaje en volumen de fibras naturales sin procesar utilizadas en una mezcla variaba del 3 al 30 por ciento dependiendo del tipo de fibra (Institute, 2009).

Tabla 10. Proporciones de mezcla para mezcla húmeda y seca.

Ingredient	Wet mix	Dry-compacted mix
Cement, lb/yd ³	925-1000	880-925
Coconut fiber, lb/yd ³	30	370
Sand, lb/yd ³	2500	2500
Water -in fiber, lb/yd ³	3.5 (estimate of natural condition)	460 (estimate of saturated-surface-dry condition)
-added, lb/yd ³	630	800
Additives		
-Calcium chloride, lb	35	35
-Microbiocide, oz	1.9	2.1
-Water reducers	none	none
Metric equivalents: 1 lb/yd ³ = 0.593 kg/m ³ ; 1 lb = 0.454 kg; 1 oz = 28.35 g		

Fuente: (Institute, 2009).

2.5.3 *INEN 1 573:210*

Para que exista un rendimiento apropiado en el hormigón reforzado con fibras naturales, se debe tener en cuenta los daños físicos durante la mezcla y al daño químico que van a tener las fibras durante su mezclado con cemento. Cuando se utiliza un método inapropiado para la adición de fibras

en una mezcla de hormigón, se da la formación de bolas según el tipo de fibra (NORMALIZACIÓN, 2010).

2.5.3.1 Tipo IV Hormigón reforzado con fibra natural

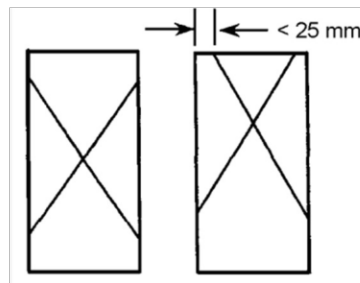
La clasificación de fibras naturales se refiere a una población de fibras fabricadas a partir de recursos naturales que son utilizados en el hormigón. Según el material y proceso de fabricación utilizado para la fibra, las propiedades físicas y químicas de la fibra pueden variar significativamente. Varias fibras naturales son susceptibles a las soluciones alcalinas. El método de prueba ASTM D6942 se puede utilizar para determinar la susceptibilidad de estas fibras a los ataques de álcalis en el hormigón. Por el contrario, otros tipos de fibras naturales son muy resistentes a los álcalis y pueden permanecer en el concreto sin deterioro durante el ciclo de vida del producto (NORMALIZACIÓN, 2010).

2.5.3.2 Esquema de los modelos típicos de fractura

Tipo 1

Conos en ambos extremos, fisuras en la cabecera menor a 25mm (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 9. Fractura Tipo 1.

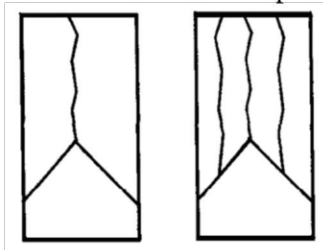


Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Tipo 2

Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren la cabecera, cono muy definido en el otro extremo (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 10. Fractura Tipo 2.



Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Tipo 3

Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 11. Fractura Tipo 3.

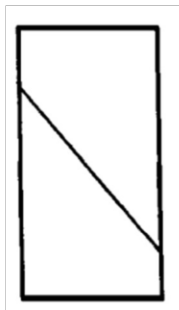


Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Tipo 4

Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes; golpear con un martillo para distinguir del tipo 1 (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 12. Fractura Tipo 4.

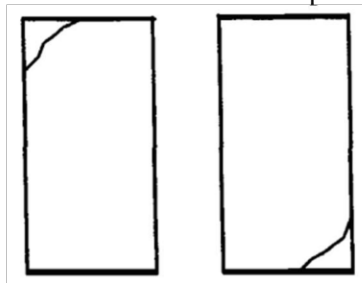


Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Tipo 5

Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo (ocurren comúnmente cuando se ensaya con neoprenos (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 13. Fractura Tipo.

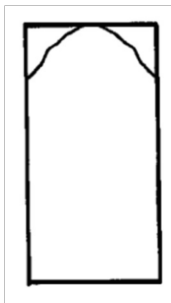


Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Tipo 6

Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro está en punta (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 14. Fractura Tipo 6.



Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

2.5.4 Resistencia a la compresión

Consiste en aplicar a la probeta en posición longitudinal una carga axial de compresión que tiende a provocar un acortamiento y este valor se irá incrementando hasta la rotura; en el caso de materiales frágiles, el límite de resistencia a compresión es superior al de la resistencia a tracción. La adición de fibra al concreto no tolera incrementos significativos en la resistencia a compresión, suele ocurrir ligeros decrementos o incrementos en la resistencia (NORMALIZACIÓN, 2010).

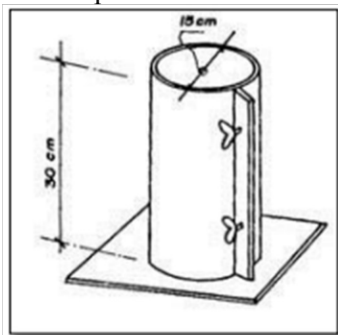
En hormigones que no han cumplido los 28 días de curado, tienden a soportar una sobre carga a la compresión, reduciendo este incremento a medida que el hormigón llega a su curado total. Esto se debe a que la capacidad de absorción de energía y la ductilidad se concentran principalmente en la región post-fisura (NORMALIZACIÓN, 2010).

A menor tamaño de las probetas existe mayor resistencia a compresión, debido a que se acentúa un alineamiento predominante de las fibras. El efecto se hace mucho más sensible a medida que se aumenta la longitud de la fibra (NORMALIZACIÓN, 2010).

2.5.4.1 Limitaciones de los ensayos a compresión

La resistencia a compresión es una de las propiedades más complejas de determinar. Una carga ligeramente excéntrica provocara una rotura prematura a pandeo antes que la rotura intrínseca la compresión (NORMALIZACIÓN, 2010).

Gráfico 15. Moldes de cero para la elaboración de probetas de ensayo.



Fuente: (NORMALIZACIÓN, 2010).

Para los ensayos a compresión se escogen probetas cilíndricas de poca altura, ya que en el caso de probetas con mayor altura puede ocurrir flexión. El empleo de probetas muy bajas no es deseable, puesto que, las fuerzas que originan la fricción, que se desarrollan en los extremos de la probeta, dificultan su libre ensanche (NORMALIZACIÓN, 2010).

2.5.4.2 *Resistencia a la compresión del hormigón*

La resistencia a la compresión es la característica mecánica primordial del concreto, se calcula la resistencia compresión de un espécimen dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm² (NORMALIZACIÓN, 2010).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan principalmente para determinar que la mezcla de hormigón cumpla con las exigencias de la resistencia especificada, f'_c , del diseño (NORMALIZACIÓN, 2010).

CAPITULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Nivel o tipo de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El Tipo de Investigación es descriptivo, explicativo y correlacional porque se realizaron diseños de mezcla, los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio, mediante ensayos.

3.1.2 Nivel de la investigación

El nivel tubo un enfoque de investigación cuantitativo, porque mediante los ensayos y resultados, se hicieron los cálculos para determinar los objetivos planteados. La presente tesis tuvo una orientación de tipo aplicada, porque fue propuesta con un nuevo diseño de mezcla.

3.2 Plan de recolección de información.

Como plan de recolección de información en si se debe tener una idea clara y concisa de cómo se lleva la presente investigación, la cual es experimental ya que se basa en ensayos de laboratorio y recolección de datos a la vez del control de las variables independientes con la finalidad de analizar el comportamiento de la variable dependiente ante esta situación. De esta manera se analiza la causa efecto de la incorporación de fibras tanto de zanahoria como de banano como un material más en el hormigón, esto por medio de moldes cilíndricos, a los cuales se le evalúa su resistencia a la compresión, así como también la influencia de las fibras en la consistencia y comportamiento mecánico del hormigón $f'c$ 210 Kg/cm². Todo esto por medio de ensayos de laboratorio que son realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca, ubicado en Ricaurte-Cuenca-Azuay.

3.3 Variables

En la presente investigación se ha considerado tanto variables independientes como dependientes, teniendo a las primeras como aquellas que pueden modificarse a consideración del

investigador con el fin de demostrar si las alteraciones de las mismas pueden o no crear cambios en las variables dependientes. A partir de estas últimas el investigador puede llegar a tener un resultado específico con el cual se define si las modificaciones de las variables independientes llegaron a tener influencia alguna (Chagua Ventura, 2021).

De esta manera se ha llegado a establecer dos variables independientes como son las fibras de zanahoria y banano, mientras que como variable dependiente se tiene el hormigón en lo cual se comprende su resistencia y propiedades mecánicas. Las variables consideradas con sus respectivas dimensiones, indicadores e instrumentos, se llegan a detallar de mejor manera como se muestra a continuación:

Tabla 11. Operacionalización de variables.

VARIABLES		DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V. I	Fibra de zanahoria.	La zanahoria es una hortaliza que se caracteriza por ser una planta herbácea bianual, procedente de la familia umbelliferae, específicamente de la especie daucus carota, puede presentar 2.9 g. de fibra cada 100 g. de ración comestible. Las fibras de la zanahoria deben ser incorporadas al hormigón por medio de una correcta dosificación para garantizar el comportamiento optimo del hormigón. (Chagua Ventura, Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm ² usando fibras de zanahoria, Lima 2021, 2021)	Peso de las fibras de zanahoria.	- Dosificación de las fibras de zanahoria con respecto al cemento, en porcentajes de 0.4%, 1%, 1.6% y 3%.	- Balanza de precisión calibrada.
V. I	Fibra de banano.	El banano es conocido como guineo, cambur, topocho y proviene del grupo de plantas herbáceas Musa, se caracteriza	Peso de las fibras de banano.	- Dosificación de las fibras de banano con respecto al cemento, en	- Balanza de precisión calibrada.

		por tener un alto contenido de carbohidratos, potasio, vitaminas A y C. La cascara del banano se suele caracterizar por su firmeza sobre todo en los primeros días de maduración (Karla Dnaiela Abad Barahona, 2012).		porcentajes de 0.4%, 1%, 1.6% y 3%.	
V. D	Hormigón.	El hormigón es el material más empleado en la construcción de cualquier tipo de obra, está conformado por materias primas como rocas y arena que componen alrededor del 65% al 75% del total del volumen, siendo el resto del volumen agua, cemento y aditivos (Ángel Francisco Nistal Cordero, 2012).	Resistencia a compresión. Consistencia.	- Ensayo de rotura para determinar la resistencia a la compresión del hormigón con los distintos porcentajes de fibras (0.4-1-1.6-3%) tanto de zanahoria como de banano a los 7, 14 y 28 días. - Asentamiento.	- Máquina de rotura / NTE INEN 1 573:2010. - Cono de Abraham.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.4 Población y muestra.

3.4.1 Población.

La población puede ser definida como la totalidad del fenómeno a estudiar o como una colección finita o infinita de elementos (Baquerizo Perez, 2019). De esta manera para el presente proyecto la población corresponde a todas las probetas cilíndricas de hormigón ensayadas, por lo cual

se puede decir que se tratara de un universo o población de tipo infinito ya que no se tiene un límite específico para la elaboración de muestras cilíndricas de hormigón sino más bien estas estarían en función del criterio del autor de la presente investigación.

3.4.2 Muestra.

La muestra se refiere al subconjunto de elementos correspondientes a una población definida por sus características representativas (Chagua Ventura, Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de zanahoria, Lima 2021, 2021). De esta manera la muestra del presente proyecto se la considera igual que la población que sería de igual forma la cantidad de probetas cilíndricas de hormigón ensayadas para determinar la resistencia a compresión con las distintas dosificaciones y porcentajes de fibras que en total se llegó a tener 117 unidades de probetas como muestra entre hormigón tipo (9 probetas cilíndricas), mezcla con fibras de zanahoria (54 probetas cilíndricas) y mezcla con fibras de banano (54 probetas cilíndricas). La incorporación de las fibras de zanahoria y banano en su mayoría fueron consideradas en estado Saturado Superficialmente Seco (SSS), de los cuales solamente los porcentajes de 1 y 3% fueron consideradas también en estado Seco (S). Estas consideraciones fueron tomadas a criterio con la finalidad de llegar a conocer si existe influencia alguna del estado de la incorporación de las fibras a la mezcla, en el comportamiento o resistencia del hormigón a compresión.

A continuación, se detalla la cantidad de muestras, así como el estado de incorporación de cada porcentaje de fibras:

Tabla 12. ENSAYO A COMPRESIÓN HORMIGÓN TIPO.

ENSAYO A COMPRESIÓN HORMIGÓN TIPO						
MARCADOR	SIN % DE FIBRA	DÍAS			TOTAL	TOTAL, PROBETAS A ENSAYAR
		7	14	28		
HT	Hormigón Tipo	3	3	3	9	9

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 13. ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE ZANAHORIA.

ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE ZANAHORIA						
MARCADOR	% DE FIBRA DE ZANAHORIA	DÍAS			TOTAL	TOTAL, PROBETAS A ENSAYAR
		7	14	28		
HZ - SSS - 0.4%	0.4	3	3	3	9	54
HZ - S - 1%	1	3	3	3	9	
HZ - SSS - 1%	1	3	3	3	9	
HZ - SSS - 1.6%	1.6	3	3	3	9	
HZ - S - 3%	3	3	3	3	9	
HZ - SSS - 3%	3	3	3	3	9	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 14. ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE BANANO.

ENSAYO A COMPRESIÓN CON % DE FIBRAS DE BANANO						
MARCADOR	% DE FIBRA DE ZANAHORIA	DÍAS			TOTAL	TOTAL, PROBETAS A ENSAYAR
		7	14	28		
HB - SSS - 0.4%	0.4	3	3	3	9	54
HB - S - 1%	1	3	3	3	9	
HB - SSS - 1%	1	3	3	3	9	
HB - SSS - 1.6%	1.6	3	3	3	9	
HB - S - 3%	3	3	3	3	9	
HB - SSS - 3%	3	3	3	3	9	

Fuente: *Elaboración propia.*

3.4.3 Muestreo

Cuando se habla de la muestra de una investigación se puede referir a esta como la parte mejor representativa de la población, teniendo dos tipos de muestras como probabilística, que se refiere a cuando la muestra es determinada de manera aleatoria, y no probabilística, que se refiere a cuando la muestra es determinada según el criterio del investigador viendo la manera más factible

para representar a la población (Baquerizo Perez, 2019). De esta manera se podría decir que el presente proyecto es un tipo de muestreo no probabilístico.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de materiales.

Se tomaron las muestras para los ensayos de acuerdo las normas ASTM y la INEN.

La técnica para la recolección de datos fue el análisis documental, porque se revisó diversas fuentes como manuales y diversa literatura.

Para los instrumentos de procesamiento de datos se usaron el programa de MICROSOFT EXCEL para realizar los cuadros de datos y para los formatos de cuantificación.

Instrumentos:

NTE_INEN_2874 Hormigón reforzado con fibra. Requisitos y métodos de ensayo.

NTE_INEN_3124 Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.

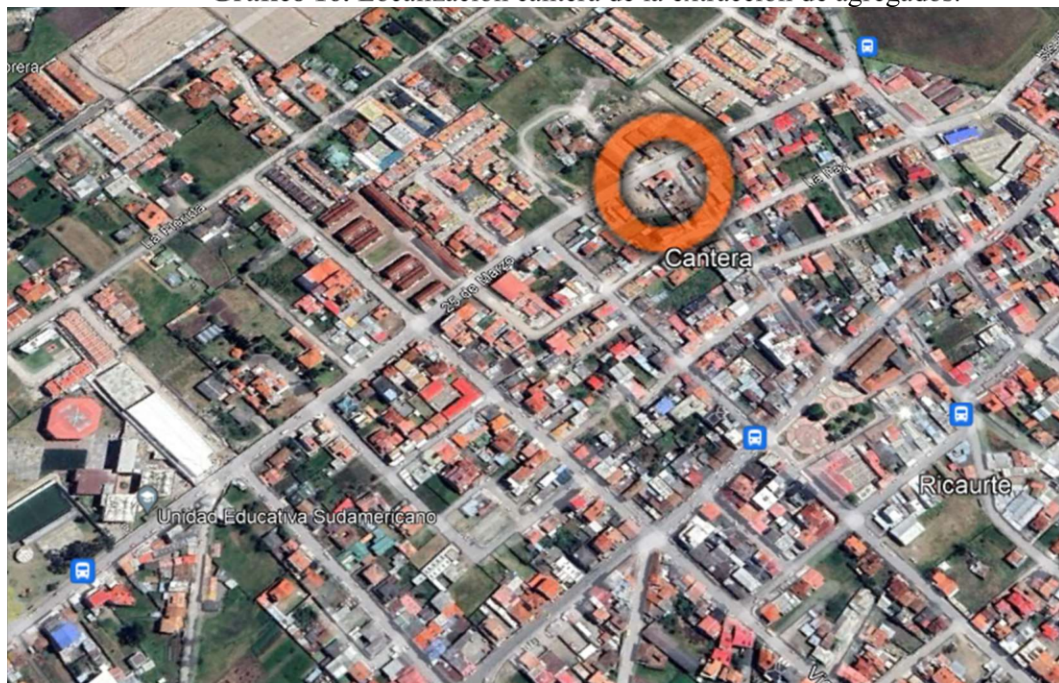
- Prensa digital para ensayos de compresión
- Prensa hidráulica
- Piscina de curado
- Tamices, tubos de ensayo, bandejas
- Mezcladora

3.6 Agregados

De los agregados considerados para la presente investigación, en cuanto al agregado grueso se tomó ripio o piedra triturada de tamaño máximo nominal de 1 pulgada, como se llegó a determinar por el ensayo granulométrico, mientras que para el agregado fino fue considerado arena fina. Tanto

los agregados gruesos como finos considerados para la presente investigación fueron extraídos de la cantera ubicada en la parroquia de Ricaurte del cantón Cuenca, ubicada en las calles 25 de marzo y Eloy Guambaña, localizado exactamente en las coordenadas: 2°51'41.18"S y 78°57'59.88"W.

Gráfico 16. Localización cantera de la extracción de agregados.



Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/place/Eloy+Guambaña+%26+25+de+Marzo/@-2.8610409,-78.9665436,574m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd170c59738f25:0x3bfca22e9da6bb37!8m2!3d-2.8610409!4d-78.9665436?hl=es>.

La extracción de los agregados en el lugar de la cantera fue realizada de acuerdo a la norma INEN 695, los cuales posteriormente serían trasladados al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca ubicado en el mismo sector de la parroquia Ricaurte Cuenca, donde son homogeneizados con fin de realizar los respectivos ensayos para determinar las características y propiedades por las cuales están conformados los materiales tanto del agregado grueso como fino para posteriormente garantizar un diseño óptimo del hormigón.

3.6.1 Agregado grueso

Los agregados gruesos deben cumplir con una buena gradación de tamaños, para llegar a tener una mezcla homogénea en el hormigón. La forma de los agregados gruesos es de vital importancia, ya que, existen alargados o planos y esto genera una afección en el hormigón debido a

que el agua utilizada no se puede distribuir de manera adecuada y generan menor resistencia, en cambio los agregados de forma esférica y cubica dan mayor resistencia generando hormigones con menor cantidad de cemento debido a que las partículas se acomodan correctamente (CENTROAMERICANA).

Como agregado grueso para la presente investigación fue considerado piedra triturada o ripio como es conocido comúnmente, del cual se realizaron los respectivos ensayos para conocer su tamaño máximo nominal, porcentaje de humedad, módulo de finura, peso específico, entre otros, que se detallaran a continuación.

3.6.1.1 *Ensayo Granulometría*

Para realizar el ensayo granulométrico del agregado grueso, se basó en la normativa INEN 696 “*Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*”. De lo cual en la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

- Primeramente, se homogeniza el material del agregado grueso, cuarteándolo para de esta, tomar una muestra y dejar secar en el horno por ± 24 horas a temperaturas alrededor de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente se pesa una muestra del material cuarteado (masa de muestra original) a pasar por la tamizadora, al final del ensayo granulométrico se debe procurar tener una cantidad similar a la de la masa original con la que se inició el ensayo, sin exceder más del 0.3% del peso de la muestra original (NTE-INEN-696, 2011).
- En la tamizadora se coloca la muestra original desde la parte superior y se deja tamizar durante 5 minutos (NTE-INEN-696, 2011).

Gráfico 17. Tamizador agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente se procede a pesar el material de agregado grueso retenido en cada tamiz y finalmente se obtiene el análisis granulométrico:

Tabla 15. Análisis granulométrico del agregado grueso (Ripio).

Peso Muestra + Bandeja	11954	gr				
Peso Muestra	9475.5	gr				
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO (RIPIO)						
Tamiz	PESO (gr)				PORCENTAJE	
	Peso Bandeja	Bandeja + Muestra	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Retenido o Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	2478.5	0	0	0	0.00%	100.00%
1"	2478.5	2527	48.5	48.5	0.51%	99.49%
3/4"	2478.5	4102	1623.5	1672	17.65%	82.35%
1/2"	2478.5	6612.5	4134	5806	61.28%	38.72%
3/8"	2478.5	4102.5	1624	7430	78.42%	21.58%
No. 4	2478.5	4421	1942.5	9372.5	98.92%	1.08%
Fondo	2478.5	2580.5	102	9474.5	100.00%	0.00%
		Total:	9474.5			

Fuente: Elaboración propia.

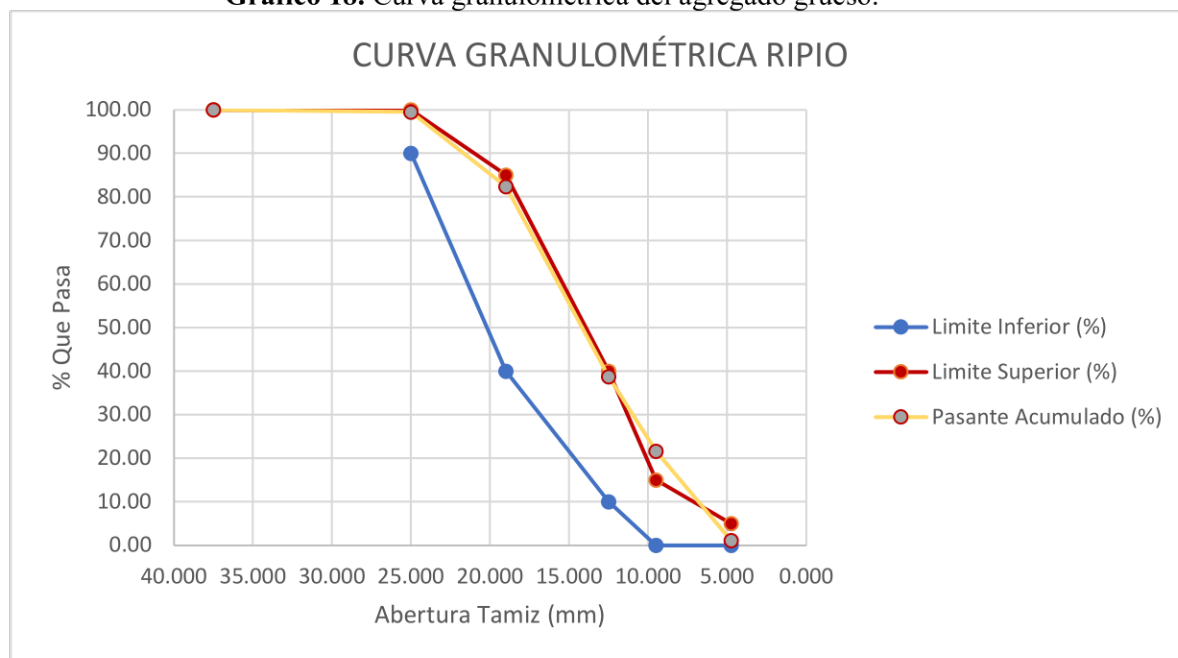
- Tamaño máximo del agregado grueso: 1 pulgada.
- Módulo de finura conforme la normativa INEN 696, dado por la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenidos Acumulados de la serie de tamices}}{100}$$

De lo cual, **MF = 2.57%**

- A continuación, se tiene la curva granulométrica del agregado grueso, en la cual se presenta también los límites de gradación dados según la norma NTE INEN 872:

Gráfico 18. Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2 *Peso específico y porcentaje de absorción.*

El peso específico o densidad relativa se debe determinar en el estado Saturado Superficialmente Seco (SSS) principalmente, este consiste en el cociente entre la masa y el volumen total del material que se halla saturado en agua, pero despreciando el agua de su superficie. Mientras que el porcentaje de absorción se define como la capacidad de los materiales para llegar a llenar los espacios vacíos (Tandazo, 2020).

Cada uno de estos parámetros del agregado grueso fueron establecidos en base a la norma INEN 857 “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso”. Para el presente proyecto se llegó a realizar el siguiente procedimiento:

- Se satura en agua una muestra del agregado grueso por un periodo de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Luego se procede a retirar el agua de la muestra, con un paño seco y absorbente se pretende retirar toda

la lámina visible de agua del material; finalmente obteniendo la masa del material en el estado saturado superficialmente seco (SSS) (NTE-INEN-857, 2010).

Gráfico 19. Secado del agua superficial de la muestra y determinación de la masa en estado SSS.



Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente la muestra del material se coloca dentro de un recipiente denominado picnómetro, el cual se lo llena de agua y se trata de eliminar todo el aire que se encuentre atrapado dentro; determinando así la masa aparente en agua de la muestra. Luego se seca la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de ± 24 horas, obteniendo la masa seca al horno del material (NTE-INEN-857, 2010).

Gráfico 20. Muestra del material en el picnómetro más agua y eliminación del aire atrapado dentro del recipiente.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 21. Determinación de la masa aparente en agua y material seco al horno.



Fuente: Elaboración propia.

- Una vez determinada las masas descritas anteriormente, por medio del método del picnómetro, se determina el peso específico y porcentaje de absorción que se encuentran dados por las siguientes ecuaciones (NTE-INEN-857, 2010):

$$\text{Peso Especifico seco} = \frac{D}{A - (B - C)}$$

$$\text{Peso Especifico S.S.S} = \frac{A}{A - (B - C)}$$

$$\text{Peso especifico Aparente} = \frac{D}{D - (B - C)}$$

$$\% \text{ De Absorción} = \frac{100 (A - D)}{D}$$

Tabla 16. Datos del ensayo del peso específico del ripio por el método del picnómetro.

PESO ESPECÍFICO DEL RIPIO: MÉTODO DEL PIGNÓMETRO			
A=	1107.0	g.	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B=	3516.00	g.	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	2825.00	g.	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D=	1077.00	g.	PESO DEL MATERIAL SECO
PESO ESPECÍFICO SECO:		$\frac{D}{A - (B - C)}$	= 2.59 g/cm3.
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:		$\frac{A}{A - (B - C)}$	= 2.66 g/cm3.
PESO ESPECÍFICO APARENTE:		$\frac{D}{D - (B - C)}$	= 2.79 g/cm3.
% DE ABSORCIÓN:		$\frac{100 (A - D)}{D}$	= 2.79

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.1.3 *Peso Unitario Compactado.*

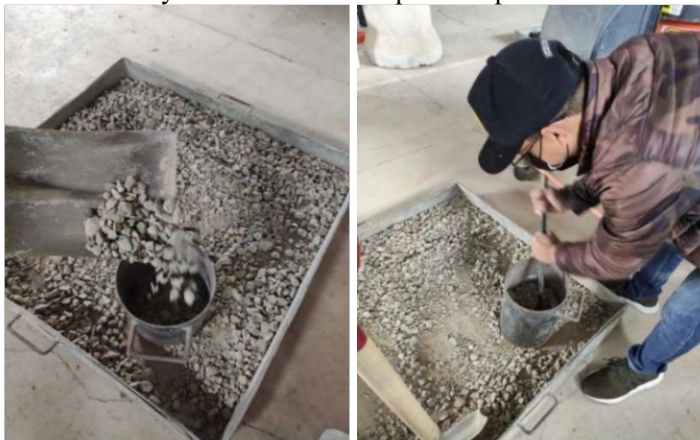
El peso unitario compactado (PUC) del agregado grueso no es más que el volumen absoluto del agregado en condiciones de encontrarse compactado; este ensayo se caracteriza por someter a cada capa del material grueso al apisonamiento disminuyendo el contenido de vacíos al igual que la masa unitaria y a su vez se produce un aumento en el reacomodamiento de las partículas (LLONTOP ESQUERRE, 2019).

El ensayo del PUC del agregado grueso fue realizado en base a la norma INEN 858 “*Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*”. Para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- De una muestra ripio se procede a llenar un molde cilíndrico de 20 cm. de diámetro por 30 cm. de alto, hasta una tercera parte de la capacidad del molde, la cual luego se varilla o golpea por 25 veces. De igual forma se realiza el mismo procedimiento con dos capas más de ripio, de lo cual la última capa con la que se llena el molde, se debe procurar que quede el material

al ras del molde y finalmente se procede a pesar el molde más el ripio apasionado (NTE-INEN-858, 2010).

Gráfico 22. Llenado y varillado de las capas de ripio en el molde cilíndrico.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 23. Enrasado y determinación del peso del molde cilíndrico con el agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

- El procedimiento del ensayo detallado anteriormente se lo lleva a cabo 3 veces, de tal manera que se llega a determinar un peso promedio del material compactado con lo cual se determina el PUC, que está dado por la relación del peso del material del agregado grueso con respecto al volumen del molde cilíndrico (NTE-INEN-858, 2010). De esta manera se llegó a determinar lo siguiente:

Tabla 17. Determinación del PUC del agregado grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO RIPIO		
Datos Molde Cilíndrico		
Peso Molde (gr)		5768
Volumen Molde (cm ³)		9709.66
Volumen Molde (m³)		0.0097
Pesos De Los Ensayos de PUC.		
N	P. Molde + Material (gr)	Peso Material (gr)
1	19656	13888
2	19709	13941
3	20057	14289
Promedio Peso del Material		14039.33
Promedio Peso del Material (kg)		14.04
PUC =	1445.913	kg/m³

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.2 Agregado fino

El agregado fino es un material uniforme que pasa el tamiz N°4 hasta llegar al tamiz N°100, el porcentaje del agregado fino que pasa los tamices 50 y 100 dan una mejor manejabilidad y acabado al hormigón.

3.6.2.1 Análisis granulométrico

Para realizar el análisis granulométrico de los agregados finos, se usa la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696 Áridos. Para el proceso de tamizado se coloca la muestra del agregado fino desde la parte superior y se tapa. Se enciende la tamizadora y se deja agitar durante 3 a 5 minutos.

Gráfico 24. Tamizador agregado fino.



Fuente: *Elaboración propia.*

Luego del proceso de tamizado se procede a pesar la cantidad de material retenido en cada tamiz, además del porcentaje que pasa por cada uno de ellos como se muestra en la siguiente imágenes y tabla del proceso:

Gráfico 25. Porcentaje de arena que pasa los tamices.



Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino.

Tabla 16: Análisis granulométrico del agregado fino.				
Peso Bandeja:		642.5	gr	
Peso Muestra + Bandeja		1058.5	gr	
Peso Muestra		416	gr	
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO				
Tamiz No.	PESO (gr)		PORCENTAJE	
	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Retenido o Acumulado	% Que Pasa
4	1.5	1.5	0.36%	100%
8	10.5	12	2.88%	97.12%
16	24.5	36.5	8.76%	91.24%
30	35	71.5	17.17%	82.83%
50	170	241.5	57.98%	42.02%
100	125.5	367	88.12%	11.88%
200	45	412	98.92%	1.08%
Fondo	4.5	416.5	100.00%	0.00%
Total:	416.5			

Fuente: *Elaboración propia.*

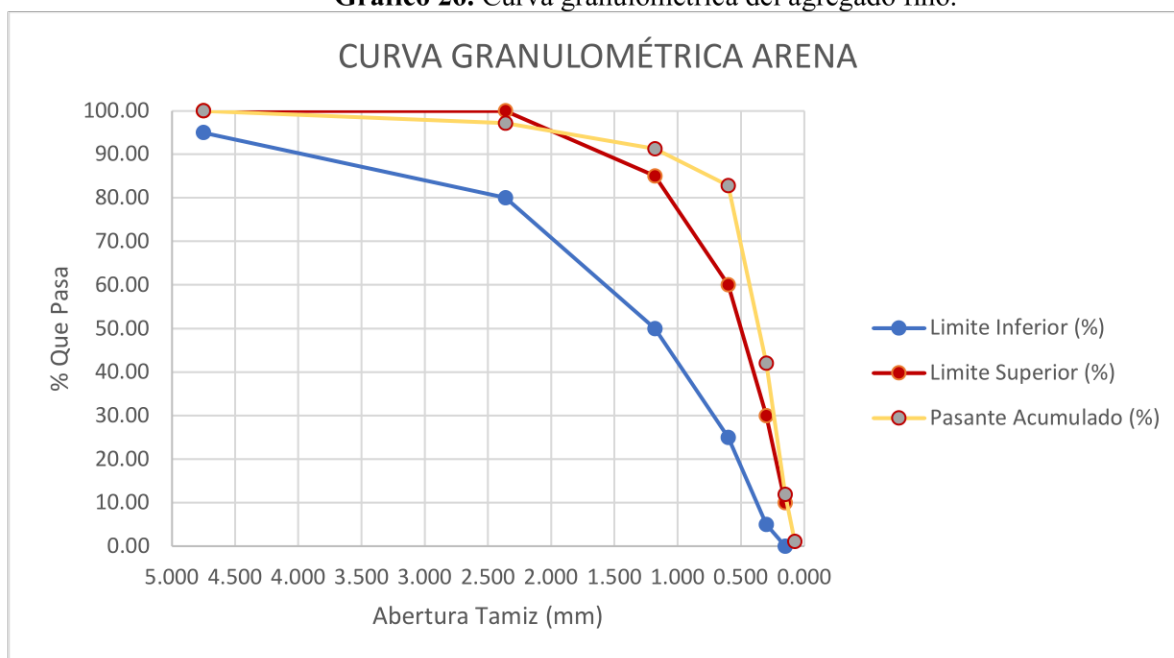
- Tamaño máximo del agregado fino: 2,36 mm.
- Módulo de finura conforme la normativa INEN 696 de lo cual se encuentra dado por la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenidos Acumulados de la serie de tamices}}{100}$$

De lo cual, **MF = 1.75%**

- A continuación, se tiene la curva granulométrica del agregado fino, en la cual se presenta también los límites de gradación dados según la norma NTE INEN 872:

Gráfico 26. Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

La norma NTE INEN 872 recomienda que el módulo de finura del agregado fino debe estar entre el rango de 2.3 y 3.1, sin embargo dado que se obtuvo un módulo de finura menor a 2.3, para el diseño del hormigón se consideró emplear la misma arena, teniendo en cuenta las recomendaciones de la guía de diseño de la ACI 211.1, en la cual para casos de tener módulos de finura fuera del rango recomendado por la NTE INEN 872 sugiere el empleo de extrapolaciones especiales dadas por otros autores para obtener el parámetro de diseño del hormigón que está en función del módulo de finura del agregado fino.

3.6.2.2 *Peso específico y porcentaje de absorción*

Los parámetros de densidad relativa y absorción se describen en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 856. Áridos. El procedimiento para determinar estos parámetros es el siguiente:

- Cuartear la muestra para obtener un peso de un 1 kg, sumergir en agua el agregado fino por 24 horas para alcanzar el estado de saturación. Luego verter el agua sin perder partículas de

la muestra, colocar en un recipiente que no absorba humedad y se deja secar la muestra en llama baja para que se concentre el aire caliente, removiendo constantemente el agregado.

Gráfico 27. Secado de agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente se procede a determinar el punto óptimo de la humedad con la ayuda del cono y pisón. Se llena el cono con la arena previamente seca y con la ayuda del pisón se procede a dar 25 golpes. Una vez dados los golpes se procede a enraizar el material y luego alzar para observar un ligero derrumbamiento de material, el cual determina que la arena está en el punto óptimo para hacer el ensayo.

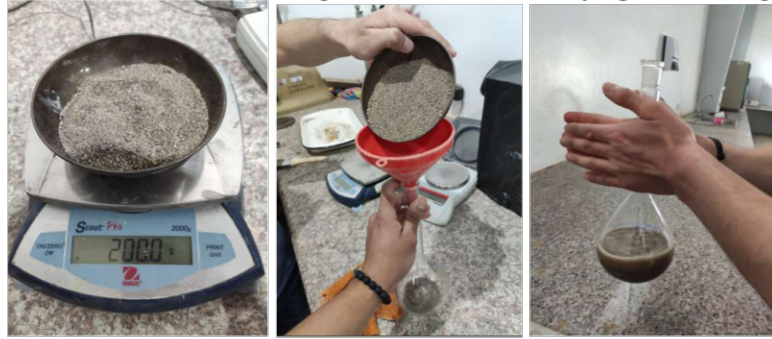
Gráfico 28. Cono de arena.



Fuente: Elaboración propia.

- Luego de toma una muestra de arena, se procede a calibrar el picnómetro con agua. Con la ayuda de un embudo se deja caer toda la muestra en el picnómetro, para luego sacar la cantidad de vacíos, se procede a agitar el picnómetro manualmente hasta sacar todos los vacíos que se encuentran en él.

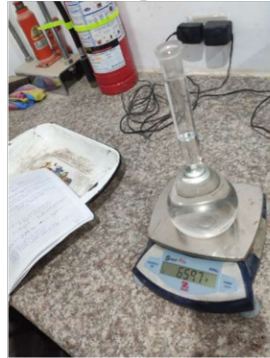
Gráfico 29. Peso de la muestra fina, picnómetro con arena y agitación del picnómetro.



Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente se retira el árido del picnómetro y se deja secar en el horno hasta conseguir una muestra constante para determinar su masa. De igual manera se determina el peso del picnómetro más agua para determinar los respectivos cálculos.

Gráfico 30. Peso de picnómetro con agua.



Fuente: Elaboración propia.

- Una vez determinada las masas como se describió anteriormente por medio del método del picnómetro, se puede llegar a determinar los parámetros del peso específico y porcentaje de absorción que se encuentran dados por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso Especifico seco} = \frac{D}{A - (B - C)}$$

$$\text{Peso Especifico S.S.S} = \frac{A}{A - (B - C)}$$

$$\text{Peso especifico Aparente} = \frac{D}{D - (B - C)}$$

$$\% \text{ De Absorción} = \frac{100 (A - D)}{D}$$

Tabla 19. Enrasado y determinación del peso del molde cilíndrico con el agregado fino.

PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA: MÉTODO DEL PIGNÓMETRO			
A=	200.0	g.	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B=	780.00	g.	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	659.70	g.	PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D=	192.00	g.	PESO DEL MATERIAL SECO
PESO ESPECÍFICO SECO:	$\frac{D}{A - (B - C)}$		= 2.41 g/cm3.
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:	$\frac{A}{A - (B - C)}$		= 2.51 g/cm3.
PESO ESPECÍFICO APARENTE:	$\frac{D}{D - (B - C)}$		= 2.68 g/cm3.
% DE ABSORCIÓN:	$\frac{100 (A - D)}{D}$		= 4.17

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.3 Contenido de humedad.

El contenido de humedad de un agregado se lo puede definir como la cantidad de agua retenida por las partículas del material en estado natural, de tal manera que la humedad varia o dependerá de las condiciones ambientales en las cuales se encuentre el agregado. Es importante determinar este parámetro que influye particularmente en el diseño de la mezcla del hormigón ya que el contenido de agua a agregar a la mezcla se encuentra en función de la cantidad de agua retenida naturalmente por los agregados, así como del porcentaje de absorción de los mismos.

Para la determinación de la humedad del agregado grueso se basó en la norma NTE INEN 862 “*Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*”. Este parámetro es determinado a través de una muestra húmeda del agregado en estado natural, la cual es llevada al horno a una temperatura de entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente durante un tiempo alrededor de 24 horas, posteriormente se determina el contenido de humedad siendo este el porcentaje de agua

evaporada en relación a la masa seca de la muestra, de lo cual este porcentaje se encuentra dado por la siguiente ecuación (NTE-INEN-862, 2011):

$$\%W = \frac{WH - WS}{WS} \times 100$$

De donde, WH = Masa de la muestra húmeda en estado natural.

WS = Masa de la muestra seca al horno.

3.6.4 Cemento

Durante todo el proceso experimental de la investigación se empleó el cemento Atenas, CEMENTO HIDRÁULICO TIPO GU. EL cemento Atenas Tipo GU cumple y excede la Norma INEN 2380 y se destaca por sus características de durabilidad, desempeño y resistencia (Atenas).

Gráfico 31. Cemento Atenas.



Fuente: (Atenas)

3.6.4.1 Resistencia

Cumple los requisitos de la norma INEN 2380 que exige a los 28 días una resistencia de 28 MPa. Los beneficios son los siguientes:

- Obtención de mejor calidad.
- Mejor optimización de dosificación.
- Menor cantidad de cemento.
- Genera ahorro de materia prima.

3.6.4.2 Durabilidad

La resistencia sigue en aumento desde los 28 días hasta llegar a los 60 días. Los beneficios son los siguientes:

- Mayor tiempo de vida útil.
- Genera un ahorro en mantenimiento.

3.6.4.3 Trabajabilidad

- Obtiene mejor terminado.
- Aumenta el rendimiento del personal.
- Genera un ahorro de producción de obra.

3.7 Fibras de zanahoria y banano.

3.7.1 Fibras de zanahoria.

En la presente investigación, dadas las características y propiedades de la zanahoria como se mencionó algunas de ellas en el marco teórico, se consideró la fibra de zanahoria como un refuerzo sostenible ambientalmente y económico a incorporarse en el hormigón. De esta manera las zanahorias fueron adquiridas en un mercado local de la ciudad de Cuenca, las cuales no representaron un costo alto de adquisición sino más bien todo lo contrario.

Gráfico 32. Lote de zanahorias.



Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez adquirida las zanahorias se sigue el siguiente procedimiento para la obtención de las fibras de las mismas.

- Las zanahorias traídas o adquiridas del mercado son lavadas con el fin de posteriormente cortar la cascara que envuelven al fruto, que sería la fibra de zanahoria. Luego por medio de una navaja se procede a cortar las zanahorias en laminas delgadas como se muestra a continuación:

Gráfico 33. Laminas delgadas de zanahoria



Fuente: *Elaboración propia.*

- Posteriormente se procede cortar las láminas obtenidas anteriormente en pequeños filamentos de entre 3 a 5 cm. aproximadamente (ACI-544.1R-96, 2009)

Gráfico 34. Cortado de las láminas de zanahoria en pequeños filamentos (fibras de zanahoria).



Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez obtenido estos filamentos de zanahoria que prácticamente serían las fibras, las mismas deberán pasar por un tratamiento químico previa su incorporación al hormigón.

3.7.2 Fibras de banano.

Se han considerado las fibras de banano para reforzar al hormigón de manera sostenible y económica; siendo adquiridas de igual forma en un mercado local de la ciudad de Cuenca a bajo costo, ya que el banano es de alta producción en el Ecuador. Una vez adquiridos los bananos se sigue el siguiente procedimiento para la obtención de las fibras de los mismos.

- La cascara de los bananos es sacada del fruto y lavada para su utilización como fibra. Luego por medio de una navaja se procede a cortar las cascara en laminas delgadas como se muestra a continuación:

Gráfico 35. Laminas delgadas de cascara de banano.



Fuente: *Elaboración propia.*

- Posteriormente se procede a cortar las láminas obtenidas anteriormente en pequeños filamentos de entre 3 a 5 cm. aproximadamente (ACI-544.1R-96, 2009)

Gráfico 36. Cortado de las láminas de banano en filamentos (fibras de banano)



Fuente: *Elaboración propia.*

3.7.3 Tratamiento de las fibras

Como se sabe todo compuesto orgánico se encuentra expuesto a distintos microorganismos que afectan su composición hasta el punto de llegar a su discontinuidad aún más si se encuentran a la

intemperie, es por ello que requieren una forma adecuada de mantenimiento para conservar sus propiedades el mayor tiempo posible, como en la mayoría de los casos se suele aplicar la refrigeración. De una manera similar sucede con las fibras naturales, sin embargo, las mismas al ser incorporadas en una mezcla de cemento, estas pueden conservar sus propiedades sin afectar su durabilidad, aún más si antes de la mezcla pasan por un tratamiento particular y adecuado que ayude de mejor manera a conservar sus características y propiedades (Chagua VLA-Gil).

Dada la recopilación de información del tratamiento de fibras naturales, para el presente proyecto se optó el tratamiento químico con cal para las fibras de zanahoria como de banano, lo cual básicamente consiste en el empleo de 10 gr de cal por litro de agua, a esta solución es añadida las fibras con el fin de limpiarlas de todo tipo de impurezas que puedan estar presentes, a la vez de protegerlas del ataque de microorganismos que puedan afectar sus características y propiedades así como también su durabilidad (Tandazo, 2020). Además, este tratamiento ayuda también a proteger a la fibra del deterioro que se pueda dar por la alcalinidad de la mezcla cementante con lo cual se favorece de mejor manera la conservación de las propiedades y características de las fibras. (Salas Quiroz, 2021)

3.7.3.1 Tratamiento fibras de zanahoria y banano.

Tanto las fibras de zanahoria como de banano pasan por el mismo tratamiento, de lo cual ambas fibras son colocadas respectivamente en la solución de agua con cal para su debido tratamiento químico (10 gr/L), las mismas se las deja en esta solución alrededor de 24 horas y posteriormente a este tiempo, se las lava y se las deja secar a temperatura ambiente, de tal manera que la humedad de las fibras no incida en la absorción del agua de la mezcla, es decir que se encuentran en condición Saturado Superficialmente Seco (SSS). Por último, la cantidad de las fibras de zanahoria y banano a ser incorporadas al hormigón estarán dadas en un 0.40, 1, 1.6 y 3% en función del peso del cemento, de lo cual las fibras del 1 y 3%, además de la condición anteriormente mencionada también serán

secadas totalmente para su incorporación en estado Seco (S) en la mezcla del hormigón, este último como se había mencionado con anterioridad, como fin investigativo del presente proyecto.

Gráfico 37. Tratamiento con cal de las fibras de zanahoria.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 38. Lavado y secado de las fibras de zanahoria para su incorporación en condición SSS a la mezcla de hormigón.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 39. Tratamiento con cal de las fibras de banano.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 40. Secado total de las fibras de banano para su incorporación en condición S a la mezcla de hormigón.



Fuente: *Elaboración propia.*

3.7.4 Caracterización de las propiedades mecánicas para las fibras naturales.

La caracterización de las propiedades mecánicas de fibras de zanahoria y banano como es el caso, se podrían realizar mediante una máquina de ensayo a tracción empleada principalmente para fibras vegetales, para esto se siguen varios parámetros los cuales se detallan a continuación:

- **Molde para las probetas:**

Para realizar los ensayos de tracción y flexión de fibras naturales previamente se procede a la fabricación de moldes de material acero ASTM A36, debido a que es un material de propiedades adecuadas. El molde se realiza de dimensiones similares al tamaño de la fibra (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

Gráfico 41. Molde para probetas.

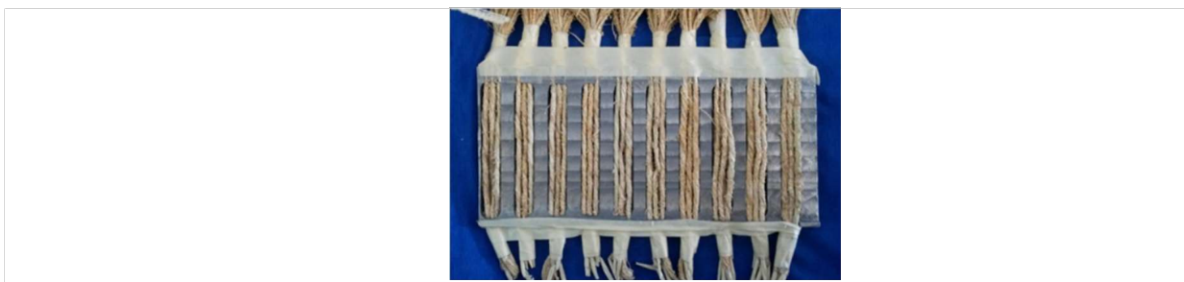


Fuente: (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

- **Probetas compuestas (resina poliéster y fibras):**

Las probetas se realizan en los moldes anteriormente mencionados y con las dimensiones según la norma ISO 178 (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

Gráfico 42. Probetas compuestas.



Fuente: (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

- **Ensayo de tracción:**

Para este tipo de ensayo a tracción se recomienda utilizar la maquina universal marca AMSLER modelo 02-2H-11. Este ensayo consiste en someter una probeta normalizada de resina poliéster y fibras naturales, a esfuerzos progresivos y crecientes de tracción en la dirección de su eje hasta que llegue a la deformación y a la rotura correspondiente (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

Gráfico 43. Ensayo a tracción.



Fuente: (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, & Narváez, 2016).

3.8 Diseño del hormigón $f'c$ 210 kg/cm² incorporando fibras naturales de zanahoria y banano.

Para el diseño o la dosificación tanto del hormigón patrón como el hormigón con fibras naturales, se siguió el método de diseño ACI. 211.1 “*Guía Práctica Para El Diseño De Mezclas De Hormigón*” y la norma ACI 544.1R-96 “*Report on Fiber Reinforced Concrete*”. Para lo cual fue necesario los siguientes datos de los agregados:

Tabla 20. Datos necesarios de los agregados para la dosificación del hormigón.

Cemento Atenas				
Peso específico	2.95	g/cm ³	2950	kg/m ³
Agregado Fino - Arena				
MF	1.75	%		
Peso específico S.S.S	2.51	g/cm ³	2509.41	kg/m ³
Absorción	4.17	%		
Agregado Grueso - Ripio				
Tamaño Max	1	plg	25.4	mm
Peso específico S.S.S	2.66	g/cm ³	2661.06	kg/m ³
Absorción	2.79	%		
PUC	1445.91	kg/m ³		

Fuente: Elaboración propia.

Con las características y propiedades determinadas de los agregados, que son considerados como datos iniciales, se obtuvieron las respectivas dosificaciones de las mezclas conforme a los lotes de arena y ripio que fueron llevados al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca; a continuación, se detallan los procesos involucrados en la dosificación de las mezclas del hormigón patrón e incorporando las respectivas fibras de banano y zanahoria. En cuanto al contenido de humedad tanto del agregado fino como grueso, este es determinado al momento que se va a realizar cada mezcla, con la finalidad de obtener como dato la humedad natural y real de los agregados.

3.8.1 Diseño de la mezcla del hormigón patrón.

Siguiendo el manual de la guía de diseño de la ACI 211.1; se sigue el siguiente procedimiento para el diseño de la mezcla de hormigón:

- ❖ El asentamiento considerado de acuerdo al gráfico 42, corresponde al promedio entre el máximo y el mínimo del tipo: Construcción, de donde:

Asentamiento = 5 cm.

Gráfico 44. Asentamiento recomendado para varios tipos de construcción.

ASENTAMIENTO RECOMENDADO PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN		
TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
Fundaciones: paredes y zapatas reforzadas	12.7	5
Zapatas simples, caissons y muros de subestructura	10	2.5
Losas, Vigas y Paredes reforzadas	15	7.6
Columnas de edificaciones	15	7.6
Pavimentos y veredas	7.6	5
Construcción	7.6	2.5

Fuente: (ACI 211.1-91, Reapproved 2009)

- ❖ El contenido de agua por metro cubico es determinado por medio de la tabla 8 de la guía de diseño de la ACI 211.1, en base a los de datos del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento, de lo cual:

Contenido de agua x m3 (A) = 180 kg.

Gráfico 45. Contenido de agua para diferentes asentamientos y tamaño máximo de agregados.

TABLA 5. Valores aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaño máximo de agregado¹⁸.

Asentamiento (cm.)	Agua en Kgfl. por metro cúbico de hormigón para los diferentes tamaños de agregados especificados en mm. (Pulg.)							
	10mm (3/8")	12.5 (1/2")	20 (3/4")	25 (1")	40 (3/2")	50** (2")	70** (3")	150** (6")
Hormigón sin aire incluido								
3 - 5	205	200	185	180	150	155	145	125
8 - 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 - 18	240	230	210	205	195	180	170	---
% de aire atrapado	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Hormigón con aire incluido								
3 - 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 - 10	200	190	180	175	150	155	150	135
15 - 18	215	205	190	185	170	165	160	---
% de aire recomendado Para niveles de exposición								
Bajas	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Mediadas	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Altas	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fuente: (Bolivar, 1987).

- ❖ La resistencia crítica de diseño (f'_{cr}) en el caso de no conocer σ_n , como es el caso, está dado según la resistencia de diseño (f'_c) y según los siguientes criterios:

Gráfico 46. Valores de F'_{cr} .

TABLA 4. Valores de f'_{cr} cuando se desconozca σ_n

Si $f'_c \leq 210 \text{ Kgfl/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ Kgfl/cm}^2$
$210 < f'_c \leq 350$ "	$f'_{cr} = f'_c + 84$ "
$f'_c > 350$ "	$f'_{cr} = f'_c + 100$ "

Fuente: (Bolivar, 1987).

De lo cual: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \therefore$

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- ❖ La relación A/C se encuentra determinada por el gráfico 45, en función de la resistencia crítica de diseño (f'_{cr}):

$$A/C = 0.43$$

Gráfico 47. Determinación de la relación A/C.

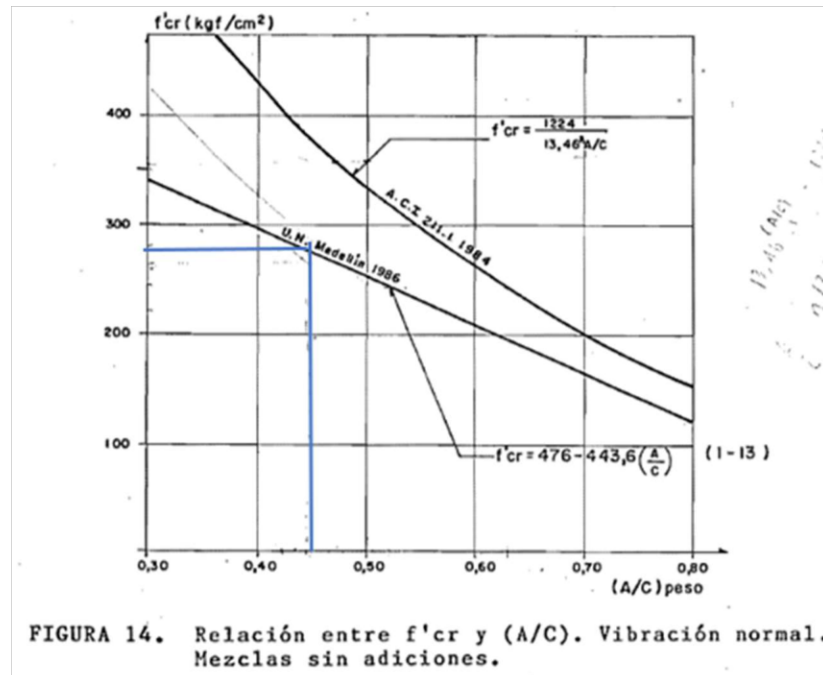


FIGURA 14. Relación entre f'_{cr} y (A/C). Vibración normal. Mezclas sin adiciones.

Fuente: (Bolívar, 1987).

- ❖ El contenido de cemento esta dado por la siguiente relación:

$$C = \frac{\text{Cantidad de agua}}{A/C} \text{ kg.}$$

$$\text{Contenido de cemento (C) x m3} = 419 \text{ kg.}$$

- ❖ El contenido de agregado grueso esta dado en función del tamaño máximo del mismo y del módulo de finura de la arena. El manual de diseño de la ACI 211.1, para casos de tener un módulo de finura mayor a 3.10 e inferior a 2.10 como es el caso, recomienda el empleo de la siguiente tabla para la determinación del volumen del agregado grueso:

Gráfico 48. Volumen del agregado grueso para MF fuera del rango de entre 2.3 y 3.10.

TABLA 11. Volúmenes de agregado grueso seco y compactado con varilla (Vgsc) por metro cúbico de hormigón (m³). (Según Baladó, Ref. 5).

Tamaño máximo del agregado grueso mm (Pulg.)	Módulo de finura del agregado fino									
	0	1,00	2,00	2,40	2,75	3,10	4,00	5,00	6,00	
10 (3/8)	0,70	0,63	0,54	0,50	0,45	0,39	---	---	---	
12,5 (1/2)	0,74	0,69	0,61	0,57	0,53	0,48	0,30	---	---	
20 (3/4)	0,80	0,75	0,68	0,65	0,62	0,58	0,44	---	---	
25 (1)	0,82	0,78	0,72	0,69	0,66	0,63	0,51	0,21	---	
40 (3/2)	0,85	0,81	0,76	0,73	0,71	0,68	0,59	0,38	---	
50 (2)	0,87	0,83	0,79	0,76	0,74	0,71	0,64	0,47	---	
70 (3)	0,89	0,86	0,82	0,80	0,78	0,76	0,64	0,56	0,21	
150 (6)	0,93	0,91	0,87	0,86	0,84	0,82	0,76	0,66	0,51	

Fuente: (Bolívar, 1987).

Dado el MF de la arena de 1.75%, el parámetro del Vgsc es determinado por la interpolación de los datos de entre 1 y 2 de los módulos de finura del gráfico 46, para un tamaño máximo del agregado grueso de 25 mm (1”), de lo cual:

$$V_{gsc} = 0.74$$

$$\text{Contenido de Agregado grueso} = V_{gsc} \times PUC(\text{del agregado grueso})$$

$$\text{Contenido de Agregado grueso x m}^3 (G) = 1070 \text{ kg.}$$

- ❖ El contenido de agregado fino es determinado según el método por volumen absoluto, el cual consiste en llegar a determinar el volumen de arena en base a los volúmenes absolutos de los agregados conocidos por m³ de hormigón, de lo cual:

$$V_H = V_C + V_A + V_f + V_g$$

$$\text{De donde: } V_C = \frac{C}{\text{Peso específico del cemento}} = \text{Volumen absoluto del cemento.}$$

$$V_A = \frac{A}{\text{Peso específico del agua}} = \text{Volumen absoluto de agua.}$$

$$V_F = \frac{F}{\text{Peso específico aparente seco finos}} = \text{Volumen absoluto del agregado fino.}$$

$$V_g = \frac{G}{\text{Peso específico aparente gruesos}} = \text{Volumen absoluto del agregado grueso.}$$

De donde: $V_F = 0.276 \text{ m}^3$ y al ser multiplicada por el peso específico aparente seco de los finos se tiene:

$$\text{Contenido de arena (F)} \times \text{m}^3 = 693 \text{ kg}$$

❖ Dosificación por m³:

Cemento (C) = 419 kg.

Ripio (G) = 1070 kg.

Arena (F) = 693 kg.

Agua (A) = 180 kg.

Corrección por humedad:

Los agregados finos y gruesos por lo general en su estado natural se van a encontrar en condiciones húmedas, debido a que suelen estar expuestos a condiciones climáticas adversas, siendo necesario corregir la dosificación obtenida previamente; esta corrección se la conoce como corrección por humedad. Esta corrección de igual forma se basó en la guía de diseño ACI 211.1, de tal manera que se empieza determinado el porcentaje o contenido de humedad de los agregados tanto grueso como fino según las recomendaciones de la normativa NTE INEN 862 “*Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*”. La cual establece la siguiente ecuación (Bolívar, 1987):

$$P = \%W = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

De donde:

- W: Masa de la muestra original o muestra húmeda (Wh).
- D: Masa de la muestra secada al horno a $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, también se la conoce como masa seca de la muestra (Ws).

A partir de una muestra del lote de arena se determina el porcentaje de humedad del agregado fino:

$$Wh = 2785 \text{ g.}$$

$$Ws = 2632 \text{ g.}$$

$$\%W_F = \frac{Wh - Ws}{Ws} \times 100 = 5.81$$

De igual forma partir de una muestra del lote de ripio se determina el porcentaje de humedad del agregado grueso:

$$Wh = 3446.50 \text{ g.}$$

$$Ws = 3395.50 \text{ g.}$$

$$\%W_G = \frac{Wh - Ws}{Ws} \times 100 = 1.502$$

Luego de determinar los contenidos de humedad evaporable del agregado fino y grueso, se determina el aumento de agua por agregado ($\pm\Delta_{OT}$), este aumento se encuentra dado por la siguiente ecuación:

$$\pm\Delta_{OT} = \frac{WS * (\%W - \%ABS)}{100}$$

La masa de arena determinada en primera instancia en la dosificación x m3 (F) previa la corrección por humedad, correspondería a la masa seca del agregado fino (WS_F), con lo cual se llega a determinar el aumento de agua por arena:

$$WS_F = 693 \text{ kg.}$$

$$\%Abs = 4.17$$

$$\pm\Delta_{AF} = \frac{WS_F * (\%Abs - \%W_F)}{100} = -11.40 \text{ kg}$$

De igual forma la masa de ripio obtenida en la dosificación x m3 (G) previa la corrección por humedad, correspondería a la masa seca del agregado grueso (WS_G), de lo cual se determina el aumento de agua por ripio:

$$WS_G = 1070 \text{ kg.}$$

$$\%Abs = 2.79$$

$$\pm \Delta_{AG} = \frac{WS_G * (\%Abs - \%W_G)}{100} = 13.7 \text{ kg.}$$

Dada la cantidad de agua obtenida en la dosificación x m3 (A) y los aumentos de agua determinados por agregado, se determina el nuevo contenido real de agua:

$$AGUA = A + \Delta_{AF} + \Delta_{AG} = \text{nueva cantidad de agua en kg}$$

$$AGUA = 182 \text{ kg}$$

También se llega a determinar los pesos húmedos de los agregados finos y gruesos a partir de la siguiente ecuación:

$$WH = WS * \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

De donde el peso húmedo de la arena sería el siguiente:

$$WH_{AF} = WS_F * \left(1 + \frac{\%W_F}{100}\right) = 733 \text{ kg.}$$

De igual manera el peso húmedo del ripio estaría dado por:

$$WH_{AG} = WS_G * \left(1 + \frac{\%W_G}{100}\right) = 1086 \text{ kg}$$

De esta manera se llega a tener la nueva dosificación x m3 de los agregados ya realizada la corrección por humedad del diseño:

$$\text{Cemento (C)} = 419 \text{ kg.}$$

$$\text{Ripio (G)} = 1086 \text{ kg.}$$

$$\text{Arena (F)} = 733 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua (A)} = 182 \text{ kg.}$$

Cantidad de los materiales o agregados para el diseño del hormigón f'c=210 kg/cm²:

Como se había mencionado en el apartado 3.4.2 la muestra por cada diseño o dosificación corresponde a 9 moldes cilíndricos de 10cm. de diámetro x 20cm de alto, sin embargo, para la

dosificación de los mismo se optó por sobre dosificar el diseño de la mezcla para compensar cualquier pérdida de la misma como lo recomienda la norma NTE INEN 3124, debido a que se suele dar una pérdida de material durante el proceso de mezclado ya sea en la concretera u otros. De esta manera el volumen total a diseñar se optó para 11 cilindros, de lo cual:

$$\text{Volumen total para 11 cilindros} = 17278.8 \text{ cm}^3 = 0.01728 \text{ m}^3$$

Es entonces que la nueva dosificación de los agregados estaría dada de la siguiente manera:

$$\frac{1\text{m}^3}{0.01728\text{m}^3} \longrightarrow \frac{\text{Cant. Agua (A)}}{x \text{ Nueva Cant. Agua}}$$

$$x \text{ Nueva cant. Agua} = 3.15 \text{ kg}$$

$$\frac{1\text{m}^3}{0.01728\text{m}^3} \longrightarrow \frac{\text{Cant. Cemento (C)}}{x \text{ Nueva Cant. Cemento}}$$

$$x \text{ Nueva cant. Cemento} = 7.23 \text{ kg}$$

$$\frac{1\text{m}^3}{0.01728\text{m}^3} \longrightarrow \frac{\text{Cant. Agregado Grueso (G)}}{x \text{ Nuev Cant. Agregado Grueso}}$$

$$x \text{ Nueva cant. Agregado Grueso} = 18.77 \text{ kg}$$

$$\frac{1\text{m}^3}{0.01728\text{m}^3} \longrightarrow \frac{\text{Cant. Agregado Fino (F)}}{x \text{ Nueva Cant. Agregado Fino}}$$

$$x \text{ Nueva cant. Agregado Fino} = 12.66 \text{ kg}$$

Agua (A) = 3.15 kg.

Cemento (C) = 7.23 kg.

Ripio (G) = 18.77 kg.

Arena (F) = 12.66 kg.

Una vez obtenida la mezcla de concreto, de manera casi inmediata se realiza el ensayo del asentamiento de la mezcla, para verificar la trabajabilidad de la misma. Este ensayo es realizado en un cono truncado (cono de Abrams), según las especificaciones y el procedimiento de la norma NTE INEN 1578 “*Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento*”.

VISTA EN PLANTA

Technical drawing showing the top view (VISTA EN PLANTA) of a circular base plate. The plate has a central hole and four mounting tabs. Dimensions are as follows:

- Central hole diameter: 75 mm
- Tab width: 15 mm
- Tab height: 15 mm
- Plate thickness: 2 mm
- Overall diameter: 100 mm

105

Gráfico 50. Realización del ensayo de asentamiento de la mezcla de concreto.



Fuente: *Elaboración propia.*

En caso de no cumplir el asentamiento del diseño se debe realizar la corrección por asentamiento la cual está dada por el gráfico 54 y según lo especificado en la guía de diseño de la ACI 211.1. Dada la corrección se cambiaría la cantidad de agua del inicio del diseño de la mezcla con lo cual se tendría una diferente cantidad de cemento y de agregado fino, de donde para la dosificación final el procedimiento a seguir sería el mismo del diseño (Bolívar, 1987).

Gráfico 51. Corrección por asentamiento.

Por cada 25mm de aumento o disminución en el asentamiento	± 3%*
Arenas trituradas	+ 6,8%
Hormigones poco trabajables	- 3,6%
* El signo + indica aumento y el - disminución, del contenido de agua en la mezcla.	

Fuente: *Elaboración propia.*

Por otro lado, las tolerancias del asentamiento para una mezcla dependiendo el caso, ya sea que se tenga una especificación de un máximo-mínimo o de un asentamiento nominal, siendo este último el dado en la presente investigación, el asentamiento puede tener las siguientes tolerancias recomendadas por la tabla 21 según la norma NTE INEN 1855 “*Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos*”.

Tabla 21. Tolerancias en el asentamiento.

Especificaciones con un asentamiento nominal	
Asentamiento especificado	Tolerancias
≤ 50 mm.	± 15 mm.
Entre 50 mm. y 100 mm.	± 25 mm.
> 100 mm.	± 40 mm.

Fuente: (NTE-INEN-1855-2, 2015).

La norma NTE INEN 1578 recomienda los siguientes valores de precisión y desviación según varios resultados de ensayos de asentamiento:

Gráfico 52. Rangos de precisión y desviación para el asentamiento de una mezcla de hormigón.

Asentamiento e índice de tipo	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador: Asentamiento 30 mm Asentamiento 85 mm Asentamiento 160 mm	6 mm 9 mm 10 mm	17 mm 25 mm 28 mm
Precisión multilaboratorio: Asentamiento 30 mm Asentamiento 85 mm Asentamiento 160 mm	7 mm 10 mm 13 mm	20 mm 28 mm 37 mm
^A Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la norma ASTM C 670.		

Fuente: (NTE-INEN-1578, 2010).

De esta manera, al realizar la primera mezcla del diseño se obtuvo un asentamiento de 2.4cm. por lo cual se realizó la corrección por asentamiento agregando un +3% de la cantidad de agua ya que por cada 25mm. de disminución en el asentamiento se debe corregir este porcentaje del agua (Bolívar, 1987). De tal forma que, siguiendo el mismo procedimiento del diseño, cambiando la cantidad de agua dada la corrección por asentamiento y por ende los demás parámetros que dependan de esta, se llega a tener la siguiente dosificación del hormigón tipo (HT):

Tabla 22. Dosificación final por m³ del hormigón tipo.

DOSIFICACIÓN FINAL HT x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.45	kg
Ripio (G) =	18.77	kg
Arena (F) =	12.22	kg
Agua (A) =	3.25	kg

Fuente: *Elaboración propia.*

3.8.2 Diseño de la mezcla del hormigón incorporando fibras naturales de banano y zanahoria.

El diseño del hormigón con fibras naturales tanto de banano como de zanahoria, sigue el mismo procedimiento del diseño de la mezcla del hormigón tipo hasta la obtención de la dosificación final por volumen total de cilindros, siendo en este último proceso en donde se incorpora el porcentaje de fibras naturales que; dado las bibliografías revisadas, los porcentajes de fibras considerados para este proyecto son: 0.4%, 1%, 1,6%. Sin embargo, la norma ACI 544.1R-96 dice “El porcentaje en volumen de fibras naturales sin procesar utilizadas en una mezcla varía del 3 al 30 por ciento dependiendo del tipo de fibra utilizada”, analizado esto, se consideró también por optar el mínimo recomendado por la norma que es del 3% de fibras, ya que, las revisiones bibliográficas analizadas recomiendan emplear un porcentaje mínimo de fibras naturales, debido a que se puede obtener mejores resultados en los ensayos y una mayor resistencia a la compresión (ACI-544.1R-96, 2009).

Determinado los porcentajes de diseño de las fibras de banano y zanahoria, estos son considerados en función de la cantidad de cemento para su incorporación a la mezcla de hormigón, esto quiere decir que los porcentajes de fibras detallados anteriormente se multiplican por la cantidad de cemento, obteniendo así las cantidades de fibras a añadir a la mezcla según sus respectivos porcentajes. Posteriormente se sustituye un porcentaje de la cantidad de cemento por la cantidad que representa el porcentaje de fibra, obteniendo así la dosificación final del diseño de hormigón con fibras de zanahoria y banano; teniendo en cuenta además la condición del estado SSS o S en la que serán incorporadas las fibras a la mezcla como se especifica en el apartado 3.4.2.

El procedimiento de diseño del hormigón tanto con fibras de zanahoria como de banano es el mismo para todos los porcentajes de fibras que fueron considerados, teniendo únicamente en cuenta la variación de las cantidades de los agregados por la humedad que es tomada de cada lote de agregado antes de realizar cada mezcla. De esta manera se obtienen las siguientes dosificaciones:

Tabla 23. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 0.4% de fibras de zanahoria y banano en condición Saturado Superficialmente Seco.

DOSIFICACIÓN 0.4 % - SSS- HZ y HB x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.45	kg
Ripio (G) =	18.77	kg
Arena (F) =	12.22	kg
Agua (A) =	3.25	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de zanahoria y banano (respectivamente):	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
0.40%	29.80 gr.	7420.18 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 24. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% de fibras de zanahoria y banano en condición Saturado Superficialmente Seco.

DOSIFICACIÓN 1% - SSS - HZ y HB x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.45	kg
Ripio (G) =	18.77	kg
Arena (F) =	12.22	kg
Agua (A) =	3.25	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de zanahoria y banano (respectivamente):	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
1.00%	74.50 gr.	7375.48 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 25. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% en condición Seco y 1.6% en condición Saturado Superficialmente Seco de fibras de zanahoria.

DOSIFICACIÓN 1% - S- HZ y 1.6% - SSS - HZ x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.45	kg
Ripio (G) =	18.96	kg
Arena (F) =	12.36	kg
Agua (A) =	2.92	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de zanahoria:	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
1.00%	74.50 gr.	7375.48 gr.
1.60%	119.20 gr.	7330.78 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 26. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 3% de fibras de zanahoria en condición Saturado Superficialmente Seco y condición Seco.

DOSIFICACIÓN 3% - SSS - HZ y 3% - S - HZ x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.67	kg
Ripio (G) =	18.92	kg
Arena (F) =	12.17	kg
Agua (A) =	2.79	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de zanahoria:	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
3.00%	230 gr.	7439.79 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 27. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1% de fibras de banano en condición Seco.

DOSIFICACIÓN 1% - S - HB x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.67	kg
Ripio (G) =	18.84	kg
Arena (F) =	12.62	kg
Agua (A) =	2.42	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de banano:	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
1.00%	77 gr.	7596.74 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 28. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 1.6% de fibras de banano en condición Saturado Superficialmente Seco.

DOSIFICACIÓN 1.6% - SSS - HB x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.67	kg
Ripio (G) =	18.87	kg
Arena (F) =	12.34	kg
Agua (A) =	2.68	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de banano:	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
1.60%	123 gr.	7550.7 gr.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 29. Dosificación final de la mezcla de hormigón con 3% de fibras de banano en condición Saturado Superficialmente Seco y condición Seco.

DOSIFICACIÓN 3% - SSS- HB y 3% - S - HB x V. Total Cilindros		
Cemento (C) =	7.67	kg
Ripio (G) =	18.8	kg
Arena (F) =	12.34	kg
Agua (A) =	2.75	kg
Proporción de fibras de zanahoria y banano en función del cemento		
% de fibra de banano:	Cantidad en masa de fibras a incorporar en la mezcla:	Cantidad de cemento final en función del porcentaje de fibra:
3.00%	230 gr.	7443.27 gr.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: - Con el diseño de la dosificación 1.6% HZ, se obtuvo un asentamiento con una disminución de 1.35 cm. encontrándose dentro del rango de tolerancia aceptable según lo recomendado por la norma NTE INEN 1855, sin embargo, para una mayor optimización, los diseños o dosificaciones posteriores se realizaron con una corrección por asentamiento a la cantidad de agua de la última dosificación mencionada.

3.9 Elaboración y curado de especímenes de hormigón f'c 210 kg/cm² con fibras de zanahoria y banano.

La fundición y el curado de los moldes cilíndricos de hormigón se llevó a cabo en base a la norma NTE INEN 3124 “Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio”. De esta manera se realizó lo siguiente:

- Se consideraron 9 moldes cilindros de hierro fundido de 10cm. de diámetro x 20cm. de alto, para la toma de muestras de la mezcla, los cuales antes de su uso fueron recubiertos con aceite mineral o grasa para así proporcionar un mejor desmolde de los especímenes, asegurando también el ensamblaje (NTE-INEN-3124, 2017).

Gráfico 53. Ensamblaje y recubrimiento con aceite mineral o grasa de los moldes cilíndrico para las muestras de la mezcla de hormigón.



Fuente: *Elaboración propia.*

- **Incorporación de fibras a la mezcla:**

Al utilizar un método de mezclado incorrecto se produce la formación de bolas en la fibra, dando menor resistencia y un mal curado del hormigón, razón por la cual se siguió el procedimiento de mezcla detallada en la norma ACI 544.1R-96, siendo este el método de la mezcla seca-compactada la elegida para el proyecto, incorporando las fibras en estado saturado superficialmente secas al cemento y agregados; además se agrega una cantidad de agua limitada. Cabe recalcar que para los porcentajes de fibras del 1% y 3% se consideraron también su incorporación en la mezcla en estado seco (S) como se especifica en el apartado 3.4.2; esto con el fin de saber si existe influencia alguna en la resistencia según el estado de incorporación de la fibra (ACI-544.1R-96, 2009).

Gráfico 54. Masas de agregados y de fibras de zanahoria para la incorporación en la mezcla.



Fuente: *Elaboración propia.*

Gráfico 55. Masas de agregados y de fibras de banano para la incorporación en la mezcla.



Fuente: *Elaboración propia.*

- Previamente a iniciar el proceso de mezclado, la concretera debe ser humedecida con el fin de evitar que se adhieran los agregados a las paredes de la máquina, posteriormente a ello se adiciona el agregado grueso y parte del agua, con lo cual se enciende la maquina y mientras la concretera se encuentre funcionando se añade el agregado fino, el cemento, las fibras naturales y el resto del agua. Se deja mezclar por 3 minutos, luego se deja 3 minutos en reposo y por último se mezcla por 2 minutos, durante el proceso de mezclado se puede ir dando pequeños golpes con un mazo de cabeza de caucho de 0.6 kg aproximadamente, esto con el fin de evitar un poco la adherencia de la mezcla en las paredes de la concretera (NTE-INEN-3124, 2017).

Gráfico 56. Proceso de mezclado a máquina.



Fuente: *Elaboración propia.*

- Luego del proceso de mezclado, este debe ser depositado en una bandeja húmeda y limpia y se debe remezclar hasta llegar a tener una apariencia uniforme de la mezcla y casi inmediatamente se realiza el ensayo del asentamiento.

Gráfico 57. Vaciado de la mezcla de concreto en una bandeja húmeda y limpia.



Fuente: *Elaboración propia.*

- **Elaboración de especímenes de hormigón.**

El moldeado de los especímenes de hormigón se realiza de ser posible lo más cercano al lugar de almacenamiento. A partir de la bandeja de mezclado del hormigón con fibras se toma las muestras respectivas de la mezcla para ir colocando el mismo y llenando los moldes cilíndricos por medio ya sea de una pala o una cuchara de albañil despuntada (bailejo), con la cual se debe ir adicionando la mezcla hasta que se tenga una distribución simétrica y una mínima segregación (NTE-INEN-3124, 2017).

En el presente proyecto se empleó moldes cilíndricos de 10cm. de diámetro x 20cm. de altura, el número de capas de la mezcla de hormigón a ser añadido a los mismos fue determinado por la tabla

de la gráfica 58, lo que corresponde a 2 capas por molde cilíndrico. Además, el método de consolidación fue por varillado, dado la tabla de la gráfica 58 se tiene un número total de 25 golpes o varillado uniformemente distribuidos por capa adicionada de la mezcla, también luego del varillado de cada capa se hace necesario golpear ligeramente el molde cilíndrico alrededor de 10 a 15 golpes con un mazo de caucho, este último con el fin de cerrar los vacíos que se puedan dar por el varillado. Finalmente, luego de la última capa adicionada y consolidada, se procede a dar el acabado a los especímenes de hormigón, enrasando los mismos en una superficie lisa que se encuentre a nivel del borde superior de los moldes cilíndricos, se debe procurar que no se dé depresiones significativas en los moldes (NTE-INEN-3124, 2017).

Gráfico 58. Nuro de capas requeridas para especímenes de hormigón.

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de consolidación	Número de capas aproximadamente igual profundidad
Cilindros Diámetro, mm (plg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta 225 (9)	vibrado	2
Prismas y cilindros horizontales de flujo plástico: Profundidad, mm (plg)		
hasta 200 (8)	varillado	2
más de 200 (8)	varillado	3 o más
hasta 200 (8)	vibrado	1
más de 200 (8)	vibrado	2 o más

Fuente: (NTE-INEN-3124, 2017).

Gráfico 59. Número de capas requeridas para especímenes de hormigón.

Cilindros		
Diámetro de cilindro, mm (plg)	Diámetro de varilla, mm (plg)	Número de golpes/capa
75 (3) hasta < 150 (6)	10 ± 2 ($3/8 \pm 1/16$)	25
150 (6)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	25
200 (8)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	50
250 (10)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	75
Vigas y prismas		
Área de la superficie superior del espécimen, cm^2 (plg^2)	Diámetro de varilla mm (plg)	Número de golpes/capa
160 (25) o menos	10 ± 2 ($3/8 \pm 1/16$)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 ± 2 ($3/8 \pm 1/16$)	Uno por cada 7 cm^2 (1 plg^2) de superficie
320 (50) o más	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	Uno por cada 14 cm^2 (2 plg^2) de superficie
Cilindros de flujo plástico horizontales		
Diámetro de cilindro mm (plg)	Diámetro de la varilla mm (plg)	Número de golpes/capa
150 (6)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: (NTE-INEN-3124, 2017).

Gráfico 60. Consolidación por varillado.



Fuente: Elaboración propia.

- **Curado.**

Para el curado de los especímenes de hormigón patrón, con fibras de zanahoria y banano, además de las recomendaciones de la normativa NTE INEN 3124 se siguió también las medidas de la Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma NEC 2015. Luego de un tiempo aproximado de 24 ± 8 horas de haber fundido todos los especímenes se procede a desmoldar los mismos y son llevados a un tanque de agua de almacenamiento, donde los especímenes van a ser curados en este ambiente húmedo hasta el momento en el que se realiza los respectivos ensayos a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Gráfico 61. Curado de los especímenes de hormigón patrón y con fibras naturales.



Fuente: *Elaboración propia.*

3.10 Ensayos a compresión de probetas cilíndricas de hormigón f'c 210 kg/cm2 con fibras de zanahoria y banano.

Según la Norma NTE INEN 1 573:2010, este método consiste en aplicar a la probeta una carga axial de compresión que tiende a provocar un acortamiento y cuyo valor se irá incrementando hasta la rotura. Esta resistencia se calcula dividiendo la carga máxima que se alcanza en el ensayo para el área de la sección transversal del cilindro. Previamente a la rotura, los cilindros deben ser medidos tanto su altura como también el área de su circunferencia, para que se puedan procesar estos datos en la maquina y conseguir la resistencia exacta de cada espécimen (NTE-INEN-1573, 2010).

Gráfico 62. Medición de los especímenes de hormigón patrón, con fibras de zanahoria y banano.



Fuente: Elaboración propia.

La máquina utilizada para los ensayos debe ser calibrada previamente y verificar que, además de una carga continua, el espacio en donde van a ser ensayados los especímenes debe ser lo suficientemente grande como para acomodarlo. Además, se deben equipar dos bloques de carga de acero con caras endurecidas, siendo uno de ellos un bloque de forma esférica que se apoya sobre la parte superior del espécimen y el otro es un bloque sólido sobre el cual se asienta el espécimen o cilindro (NTE-INEN-1573, 2010).

El porcentaje de error para las cargas dentro del rango asignado no debe exceder de $\pm 1,0\%$ de la carga indicada y los especímenes a ser ensayados deben ser curados en húmedo, además de ser ensayados en la misma condición húmeda. Los especímenes deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles señaladas a continuación:

Tabla 30. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	$\pm 0,5$ h o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

Fuente: (NTE-INEN-1573, 2010)

Para la colocación del espécimen, se debe colocar el bloque de carga plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo del

bloque de carga esférico (superior); de igual manera se debe limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo, colocar este sobre el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico, se debe verificar también que el indicador de carga este ajustado a cero, así como también la velocidad de carga debe ser continua y sin impacto (NTE-INEN-1573, 2010).

Gráfico 63. Colocación y ruptura de especímenes de hormigón con fibras de zanahoria y banano.

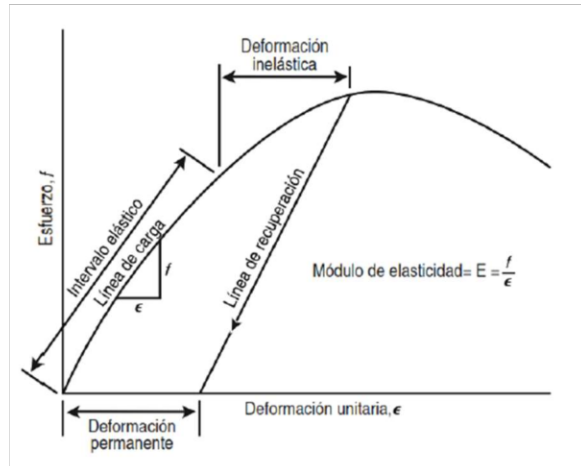


Fuente: Elaboración propia.

3.11 Determinación del módulo de elasticidad según la normativa

El módulo de elasticidad es definido como la relación entre esfuerzo y deformación unitaria en el rango elástico de la curva esfuerzo-deformación del hormigón, es una medida de la rigidez de este material y su magnitud depende de la resistencia a compresión del hormigón y de la cantidad, tipo y gradación de los agregados (Serpa & Vazquéz, 2018).

Gráfico 64. Curva esfuerzo deformación.

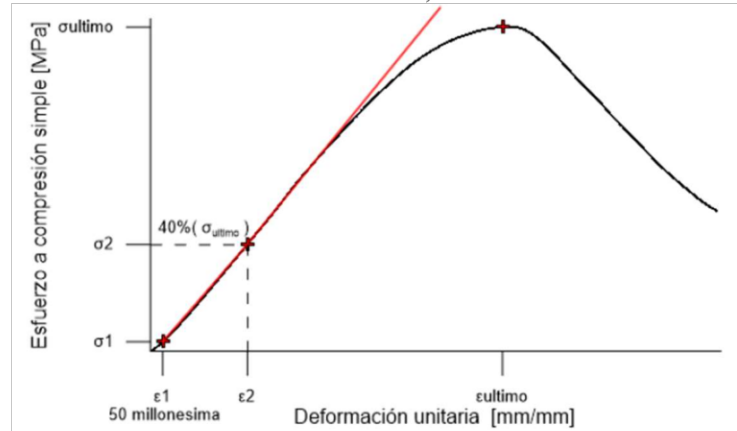


Fuente: (Serpa & Vazquez, 2018).

3.11.1 Módulo de elasticidad (ASTM C- 469)

Según la norma ASTM C-469, se obtiene la pendiente a la cuerda de la curva Esfuerzo – Deformación, según lo especificado a continuación.

Gráfico 65. Método de cuerda o secante, curva Esfuerzo – Deformación.



Fuente: (Serpa & Vazquez, 2018).

Se calcula el módulo de elasticidad, próximo a 50,000 psi (344.74 Mpa) con la siguiente formula:

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

Donde:

Ec = Módulo de elasticidad de cuerda [Mpa]

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal ϵ_1 de 5 millonésimas [Mpa]

ϵ_2 = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo σ_2

3.11.2 Módulo de elasticidad (ACI, NEC-SE-DS)

En los modelos elásticos de estructuras que se diseñan para acciones sísmicas de acuerdo a los métodos de la NEC-SE-DS, el módulo de elasticidad del hormigón E_c (GPa), será calculado para hormigones de densidad normal con la siguiente formula:

$$E_c = 4.7 * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

Ec = Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)

f'c = Resistencia a la compresión del hormigón (MPa)

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados que se llegaron a obtener en el presente proyecto investigativo del diseño del hormigón patrón y hormigón incorporando fibras de zanahoria y banano con porcentajes del 0.4%, 1%, 1.6% y del 3% en función de la cantidad del cemento, a cual también como parte investigativa se consideraron dos formas de la condición del estado de incorporación de las fibras siendo en estado Saturado Superficialmente Seco (SSS) como se menciona en el apartado 2.5.2.7.2, todos los porcentajes y en condición Seco (S) los porcentajes del 1% y 3% como se especifica en el apartado 3.4.2. La elaboración de los especímenes de hormigón sin fibras y con adición de fibras fueron realizados según la normativa y procedimiento detallado en la metodología, de lo cual posteriormente para el análisis del cumplimiento de los objetivos se procedió a realizar el ensayo de la resistencia a la compresión, así como también el análisis de precios unitarios. De esta manera se muestran a continuación los resultados obtenidos y la interpretación de los mismos.

4.1 Resultados de la resistencia a la compresión.

De la realización de los ensayos a compresión de los especímenes de hormigón patrón y con fibras de zanahoria y banano a las edades de 7, 14 y 28 días se pudieron obtener los siguientes resultados de las resistencias máximas alcanzada por cada espécimen de hormigón

A continuación, de acuerdo a la tabla 31 de resultados a los 7 días (ver anexo 1 para más detalle de los ensayos a compresión de cada muestra) se puede evidenciar como las resistencias máximas alcanzadas por las muestras con incorporación de fibras de zanahoria superan porcentualmente a la resistencia alcanzada por el hormigón patrón, siendo la más destacada la del 1% en condición saturado superficialmente seco con 129.1%, comparando con la condición en seco del mismo porcentaje que tiene 112.44%, viendo que para este caso, el primer estado de incorporación de las fibras aporta una mayor resistencia; sucediendo lo contrario con el mayor porcentaje del 3% de adición de fibras de zanahoria donde la condición seca llega a una resistencia

del 124.13%, pero aun así con respecto a este último, el porcentaje del 1.6% tiene una mayor resistencia alcanzada del 125.87% con respecto al hormigón patrón. De tal forma que a los 7 días de fraguado los porcentajes más optimo son en condición saturado superficialmente seco con el 1% y 1.6%. En cuanto a las fibras de banano solamente los porcentajes del 0.4% en condición saturado superficialmente seco y 1% en condición seco alcanzaron mayor resistencia con respecto al hormigón patrón, con 109.2% y 117.16% respectivamente, destacando que en condición seca a los 7 días de fraguado de las fibras de banano se tiene una mayor resistencia en comparación al hormigón patrón.

Tabla 31. Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS								
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Resistencia a la Compresión			
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo	Carga F (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Resistencia promedio (kgf/cm2)	% obtenido de la resistencia con respecto al patrón
HT - I		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	11600	143	134	100
HT - II					11900	144		
HT - III					9860	115		
Hz - I - 0.4%	Saturado	Superficialmente	Zanahoria	0.40%	10350	122	140	104.48
Hz - II - 0.4%					12375	151		
Hz - III - 0.4%					12225	147		
Hb - I - 0.4%	Saturado	Superficialmente	Banano	0.40%	12825	151	146	109.2
Hb - II - 0.4%					11925	143		
Hb - III - 0.4%					12075	145		
Hb - I - 1%	Saturado	Superficialmente	Banano	1.00%	9600	122	131	97.76
Hb - II - 1%					11100	139		
Hb - III - 1%					10575	132		
Hz_SSS - I - 1%	Saturado	Superficialmente	Zanahoria	1.00%	12500	156	173	129.1
Hz_SSS - II - 1%					13900	170		
Hz_SSS - III - 1%					15500	193		
Hz_S - III - 1%	Seco	Zanahoria	1.00%	1.00%	12600	160	151	112.44
Hz_S - V - 1%					10300	129		
Hz_S - IV - 1%					12800	163		
Hz - I - 1.6%	Saturado	Superficialmente	Zanahoria	1.60%	14400	183	169	125.87
Hz - II - 1.6%					11900	146		
Hz - III - 1.6%					14200	177		
Hz_SSS - II - 3%	Saturado	Superficialmente	Zanahoria	3%	12600	160	157	117.16
Hz_SSS - III - 3%					14000	175		
Hz_SSS - I - 3%					11100	136		
Hz_S - I - 3%	Seco	Zanahoria	3%	3%	12200	155	166	124.13
Hz_S - II - 3%					13300	166		
Hz_S - III - 3%					14300	178		
Hb_S - I - 1%	Seco	Banano	1.00%	1.00%	12200	152	157	117.16
Hb_S - II - 1%					13200	165		
Hb_S - III - 1%					12300	154		
Hb - I - 1.6%	Saturado	Superficialmente	Banano	1.60%	9860	123	116	86.57
Hb - II - 1.6%					9820	110		
Hb - III - 1.6%					990	115		
Hb_SSS - I - 3%	Saturado	Superficialmente	Banano	3%	10400	127	133	99.43
Hb_SSS - II - 3%					14100	173		
Hb_SSS - III - 3%					8150	99.7		
Hb_S - I - 3%	Seco	Banano	3%	3%	9280	114	132	98.51
Hb_S - II - 3%					10600	130		
Hb_S - III - 3%					12400	152		

Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla 32 de los resultados a los 14 días (ver anexo 2 para más detalle de los ensayos a compresión de cada muestra) se puede observar que de las resistencias máximas alcanzadas a comparación con la del hormigón patrón solamente las del 1% y 1.6% de fibras de zanahoria en condición saturado superfinaamente seco serían los que más destacan con 104.2% y 110.88%

respectivamente, mientras que de las fibras de banano solamente el porcentaje del 3% en condición saturado superficialmente seco llega a superar por poco a la resistencia alcanzada por el hormigón patrón a los 14 días de fraguado.

Tabla 32. Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS								
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Resistencia a la Compresión			
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo	Carga F (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Resistencia promedio (kgf/cm2)	% obtenido de la resistencia con respecto al patrón
HT - IV		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	15840	198	175	100
HT - V					14220	164		
HT - VI					13230	162		
Hz - IV - 0.4%		Saturado Superficialmente Seco	Zanahoria	0.40%	12420	149	167	95.42
Hz - V - 0.4%					14850	175		
Hz - VI - 0.4%					14670	176		
Hb - IV - 0.4%		Saturado Superficialmente Seco	Banano	0.40%	15390	188	176	100.57
Hb - V - 0.4%					14310	172		
Hb - VI - 0.4%					14490	167		
Hb - IV - 1%		Saturado Superficialmente Seco	Banano	1.00%	11520	138	154	88.36
Hb - V - 1%					13320	170		
Hb - VI - 1%					12690	155		
Hz_SSS - IV - 1%		Saturado Superficialmente Seco	Zanahoria	1.00%	13300	163	182	104.2
Hz_SSS - V - 1%					15700	196		
Hz_SSS - VI - 1%					15300	187		
Hz_S - IV - 1%		Seco	Zanahoria	1.00%	11500	146	157	89.69
Hz_S - V - 1%					12900	164		
Hz_S - VI - 1%					12600	160		
Hz - IV - 1.6%		Saturado Superficialmente Seco	Zanahoria	1.60%	15200	182	194	110.88
Hz - V - 1.6%					15700	200		
Hz - VI - 1.6%					15656	199		
Hz_SSS - IV - 3%		Saturado Superficialmente Seco	Zanahoria	3%	14000	175	175	100.19
Hz_SSS - V - 3%					12300	154		
Hz_SSS - VI - 3%					15700	196		
Hz_S - IV - 3%		Seco	Zanahoria	3%	14200	174	173	99.24
Hz_S - V - 3%					14500	177		
Hz_S - VI - 3%					13800	169		
Hb_S - IV - 1%		Seco	Banano	1.00%	13800	169	162	92.75
Hb_S - V - 1%					13000	159		
Hb_S - VI - 1%					12900	158		
Hb - IV - 1.6%		Saturado Superficialmente Seco	Banano	1.60%	10800	135	138	78.82
Hb - V - 1.6%					12000	147		
Hb - VI - 1.6%					10700	131		
Hb_SSS - IV - 3%		Saturado Superficialmente Seco	Banano	3%	16000	200	180	103.24
Hb_SSS - V - 3%					13300	166		
Hb_SSS - VI - 3%					14000	175		
Hb_S - IV - 3%		Seco	Banano	3%	13200	165	150	86.07
Hb_S - v - 3%					13200	168		
Hb_S - VI - 3%					9420	118		

Fuente: *Elaboración propia.*

Por otro lado, de la tabla 33 de resultados a los 28 días (ver anexo 3 para más detalle de los ensayos a compresión de cada muestra) se puede observar que de las resistencias máximas alcanzadas con respecto a la del hormigón patrón, en cuanto a la adición de fibras de zanahoria se destacan los

porcentajes del 1.6% en condición saturado superficialmente seco y del 3% en condición seco, con 105.17% y 106.83 respectivamente. Mientras que de las fibras de banano solamente el porcentaje del 1% en condición seco llega a presentar un poco de aumento en la resistencia con 103.17% a comparación con la del hormigón patrón, aunque también el porcentaje del 0.4% de adición de fibras de banano supera por poco a la resistencia del hormigón patrón a los 28 días de fraguado.

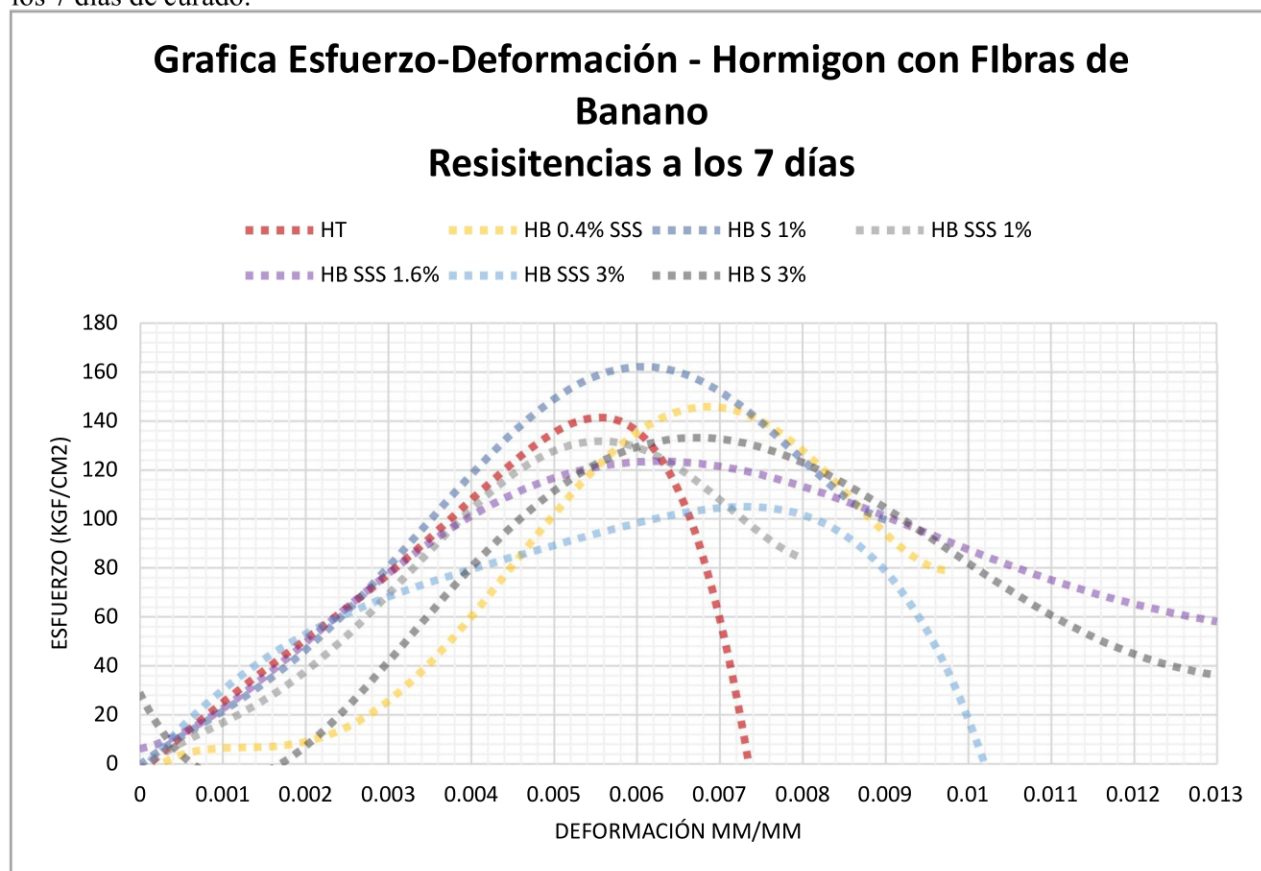
Tabla 33. Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS								
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Resistencia a la Compresión			
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo	Carga F (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Resistencia promedio (kgf/cm2)	% obtenido de la resistencia con respecto al patrón
HT - I		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	17600	220	200	100
HT - II					15800	197		
HT - III					14700	183		
Hz - VII - 0.4%		Saturado	Zanahoria	0.40%	13800	172	192	96.17
Hz - VIII - 0.4%		Superficialmente			16500	206		
Hz - XI - 0.4%		Seco			16300	199		
Hb - I - 0.4%		Saturado	Banano	0.40%	17100	213	202	100.83
Hb - II - 0.4%		Superficialmente			15900	195		
Hb - III - 0.4%		Seco			16100	197		
Hb - SSS - VII - 1%		Saturado	Banano	1.00%	12800	160	170	85.17
Hb - SSS - VIII - 1%		Superficialmente			14800	178		
Hb - SSS - XI - 1%		Seco			14100	173		
Hz_SSS - VII - 1%		Saturado	Zanahoria	1.00%	16300	196	190	95
Hz_SSS - VIII - 1%		Superficialmente			15600	187		
Hz_SSS - XI - 1%		Seco			15600	187		
Hz_S - VII - 1%		Seco	Zanahoria	1.00%	14900	182	179	89.67
Hz_S - VIII - 1%					13800	169		
Hz_S - XI - 1%					15000	187		
Hz - VII - 1.6%		Saturado	Zanahoria	1.60%	17000	212	210	105.17
Hz - VIII - 1.6%		Superficialmente			17100	222		
Hz - XI - 1.6%		Seco			15800	197		
Hz_SSS - VII - 3%		Saturado	Zanahoria	3%	15600	195	188	94
Hz_SSS - VIII - 3%		Superficialmente			12800	163		
Hz_SSS - XI - 3%		Seco			16500	206		
Hz_S - VII - 3%		Seco	Zanahoria	3%	18000	220	214	106.83
Hz_S - VIII - 3%					18200	223		
Hz_S - XI - 3%					14700	198		
Hb_S - VII - 1%		Seco	Banano	1.00%	15700	196	206	103.17
Hb_S - VIII - 1%					16400	201		
Hb_S - XI - 1%					18100	222		
Hb - VII - 1.6%		Saturado	Banano	1.60%	13700	161	159	79.33
Hb - VIII - 1.6%		Superficialmente			13400	158		
Hb - XI - 1.6%		Seco			13400	157		
Hb_SSS - VII - 3%		Saturado	Banano	3%	16400	209	178	88.83
Hb_SSS - VIII - 3%		Superficialmente			13400	171		
Hb_SSS - XI - 3%		Seco			12000	153		
Hb_S - VII - 3%		Seco	Banano	3%	14300	178	187	93.33
Hb_S - VIII - 3%					15400	192		
Hb_S - XI - 3%					14900	190		

Fuente: Elaboración propia.

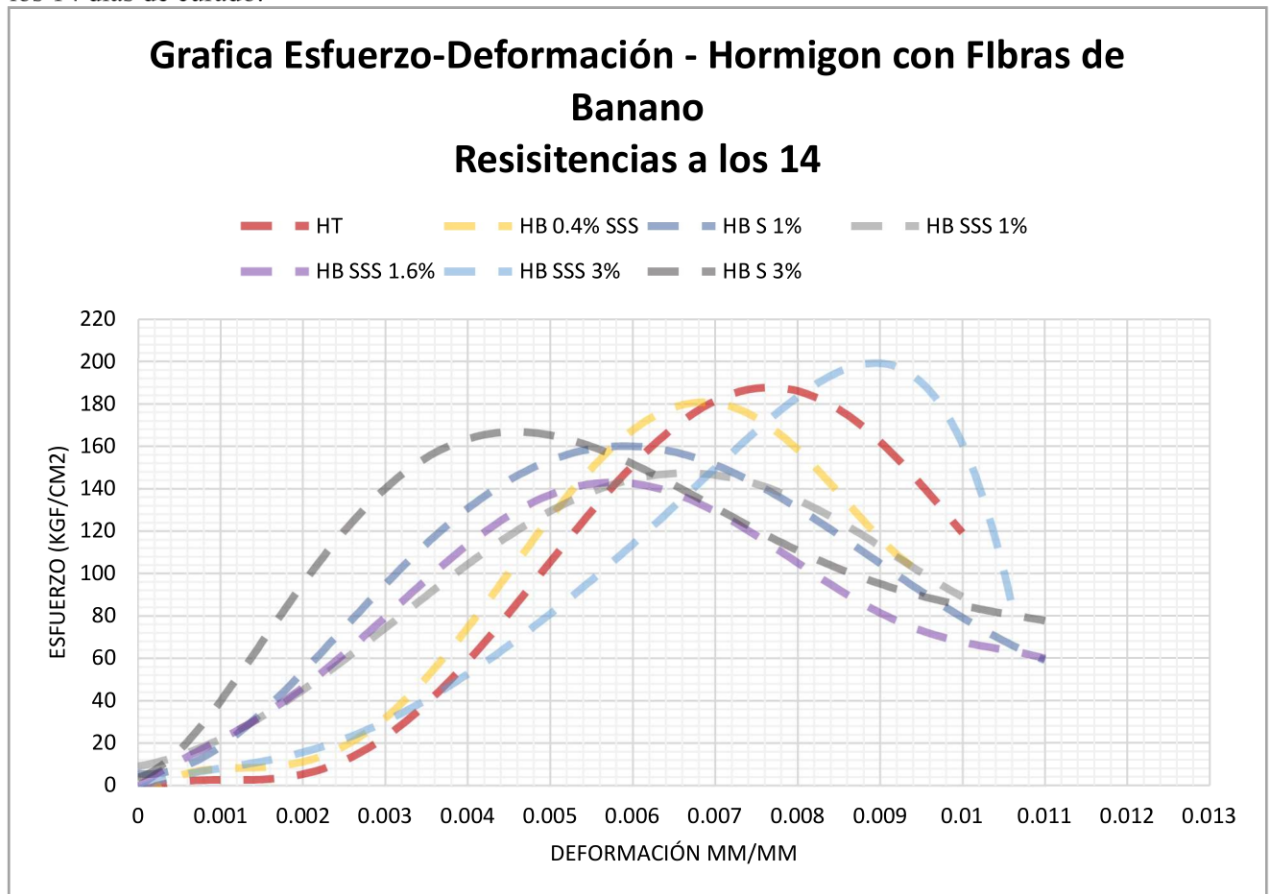
A continuación, se tiene los resultados de las gráficas esfuerzo-deformación de las fibras de banano a los 7, 14 y 28 días de curado:

Gráfico 66. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 7 días de curado.



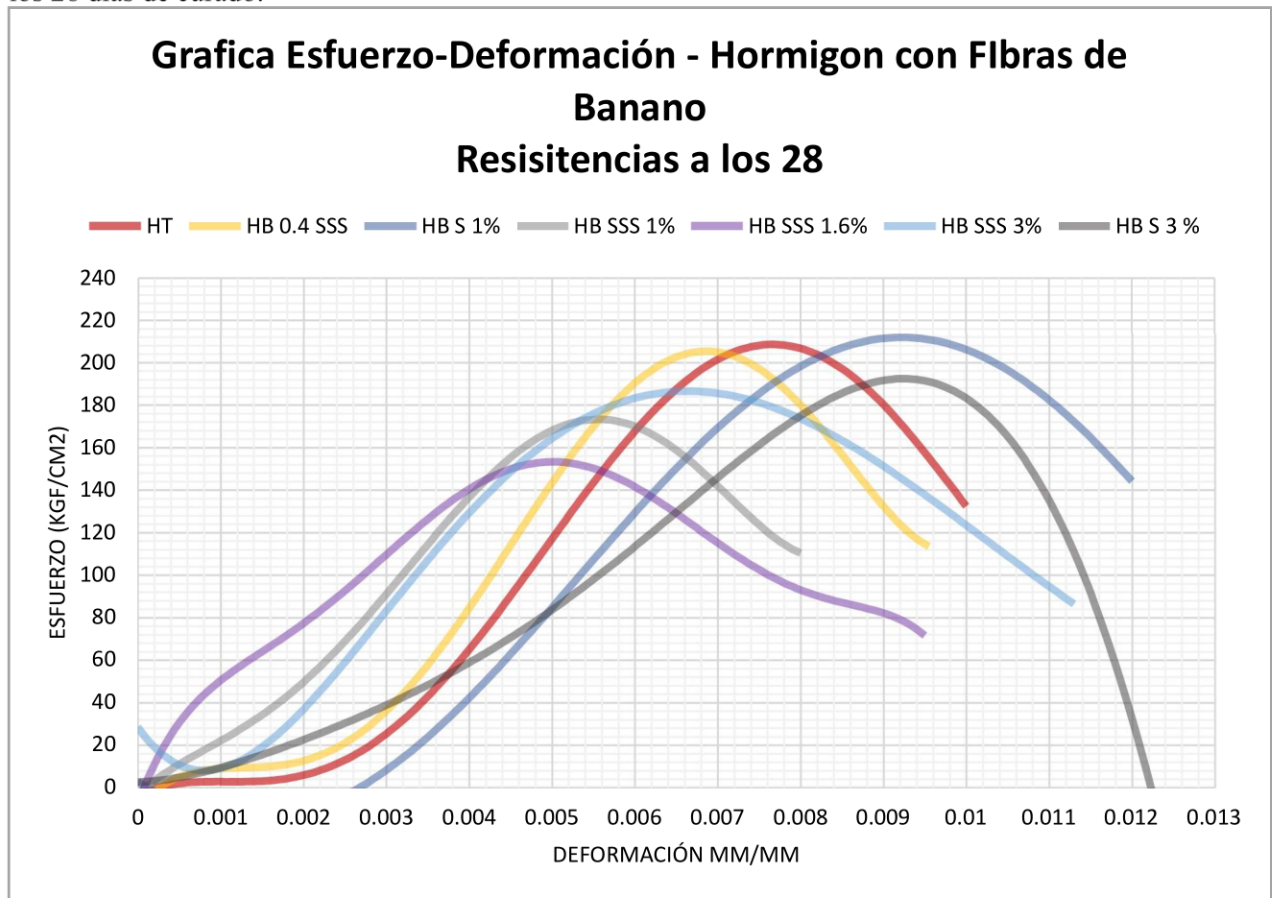
Fuente: *Elaboración propia.*

Gráfico 67. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 14 días de curado.



Fuente: *Elaboración propia.*

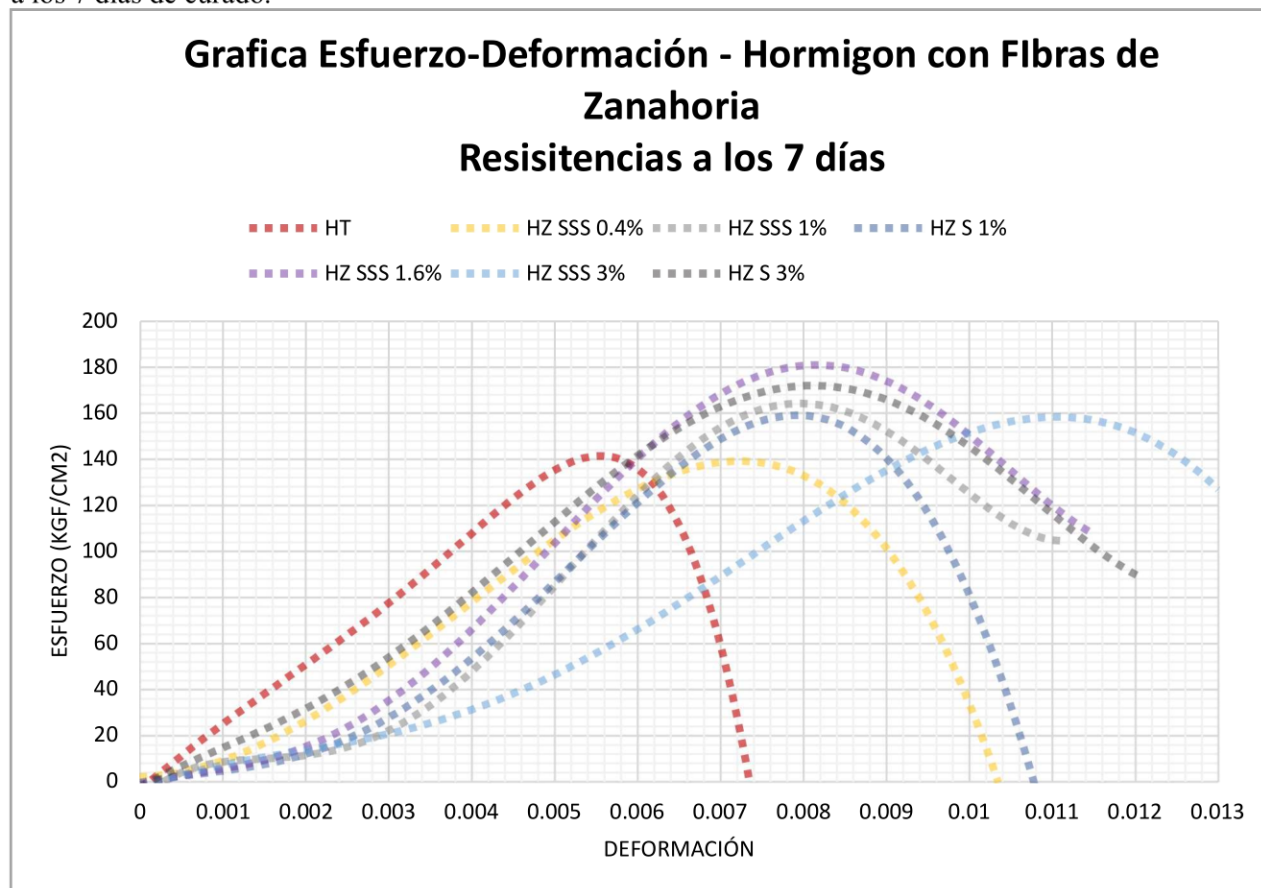
Gráfico 68. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de banano a los 28 días de curado.



Fuente: *Elaboración propia.*

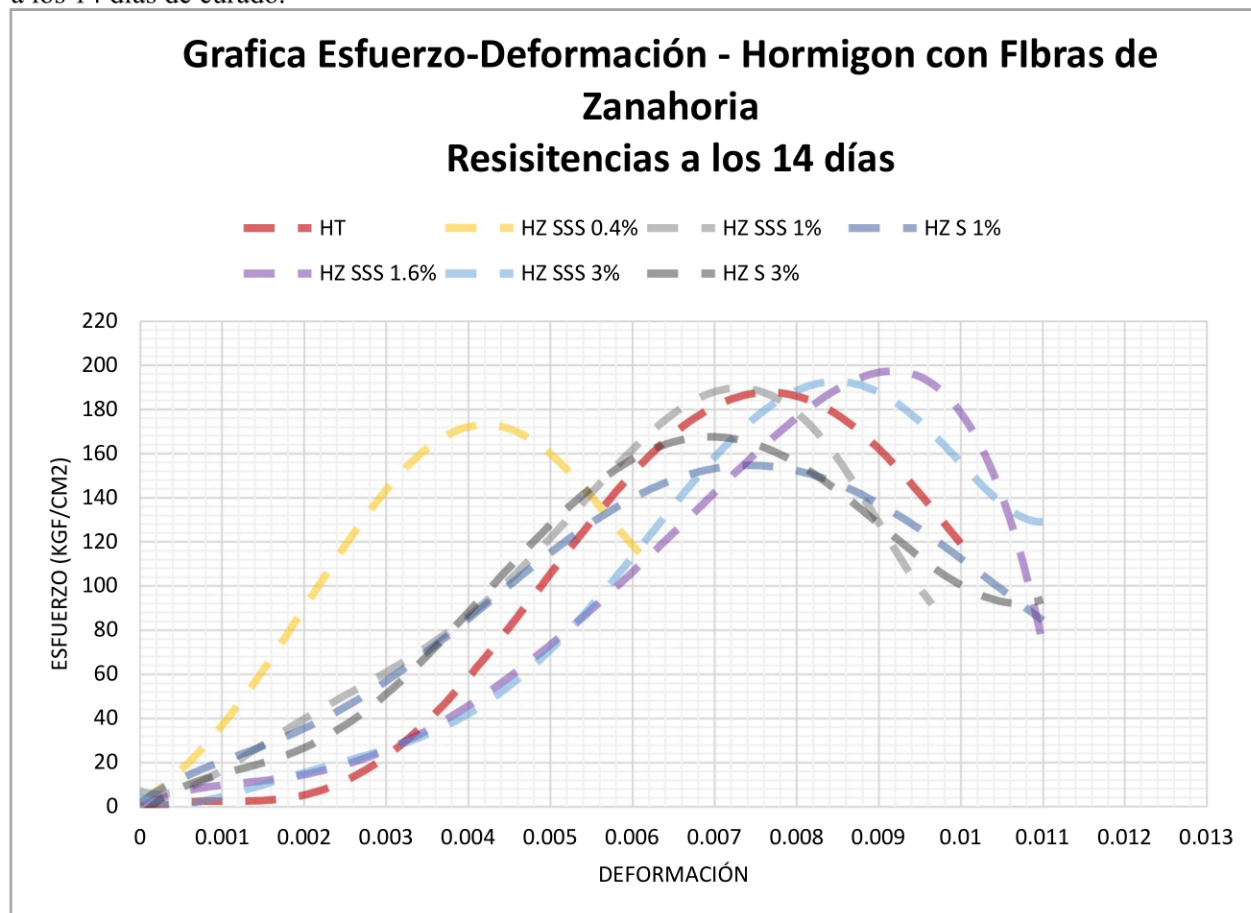
De igual forma a continuación, se tiene los resultados de las gráficas esfuerzo-deformación de las fibras de zanahoria a los 7. 14 y 28 días de curado:

Gráfico 69. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 7 días de curado.



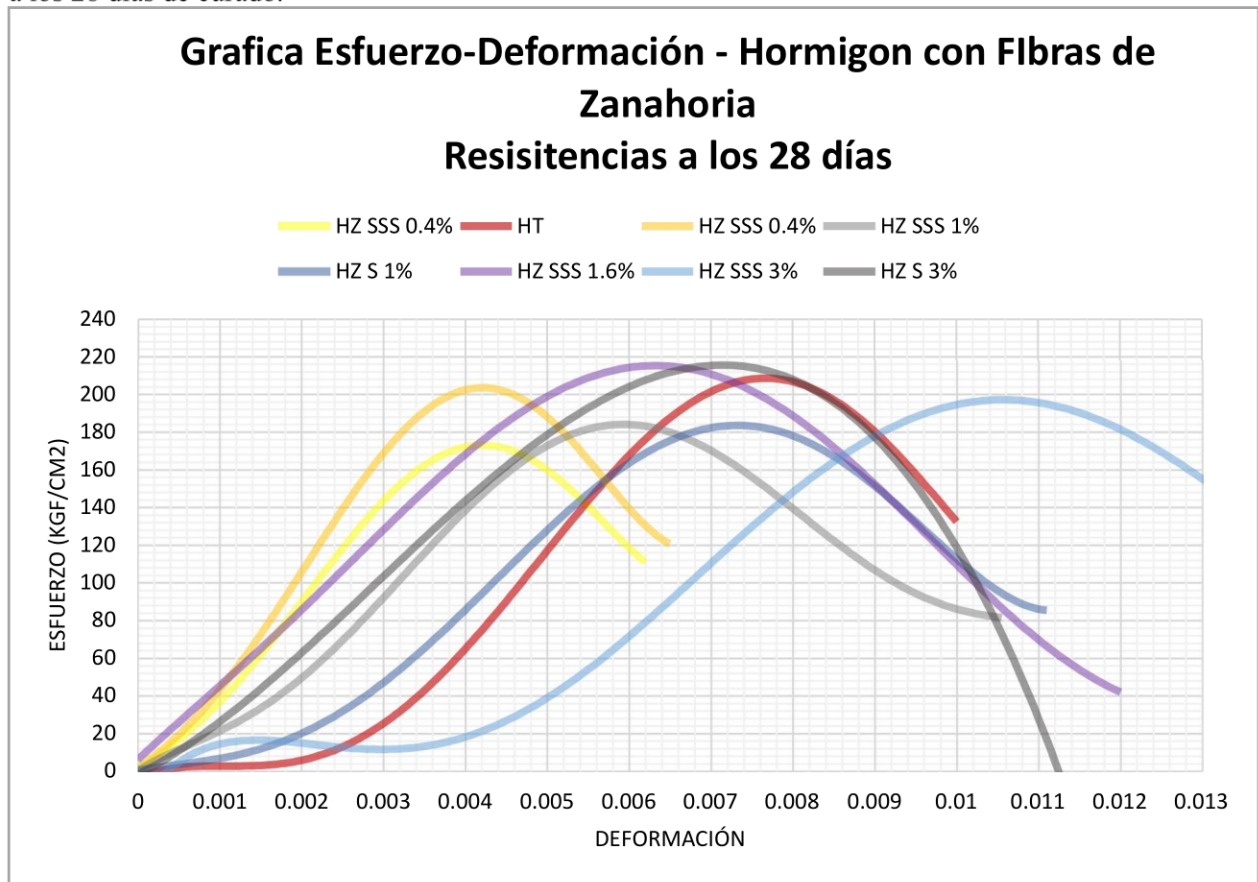
Fuente: *Elaboración propia.*

Gráfico 70. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 14 días de curado.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 71. Curvas Esfuerzo-Deformación, muestras del hormigón con fibras de zanahoria a los 28 días de curado.



Fuente: *Elaboración propia.*

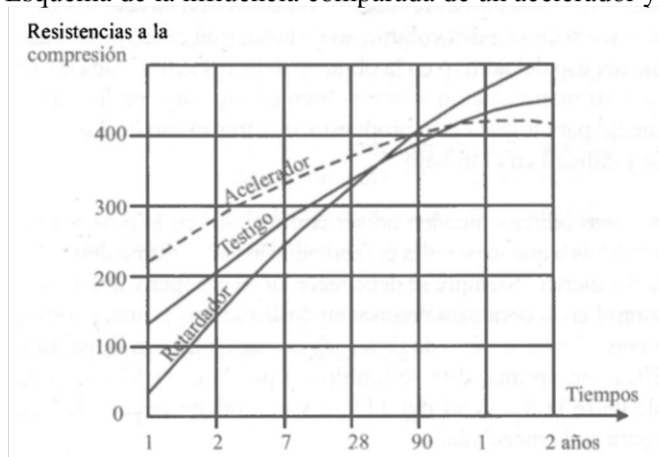
De los resultados obtenidos de las resistencias máximas alcanzadas y el comportamiento de las curvas esfuerzo-deformación en cuanto a las fibras de zanahoria, se puede destacar la adición de fibras del 1.6% en condición saturado superficialmente seco que tanto a los 7, 14 y 28 días, a pesar de que en este último no sea muy representativa, llega a alcanzar una resistencia superior a la del hormigón patrón. Así como también del 3% en condición seco de fibras de zanahoria, llega a alcanzar la mayor resistencia de todas las muestras.

En cuanto a las fibras de banano el porcentaje del 0.4% en condición saturado superficialmente seco de los resultados de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días llega a alcanzar una buena resistencia ante la del hormigón patrón. A la vez que del 1% en condición seco que alcanza la mayor resistencia de las fibras de banano a los 28 días de fraguado.

Un punto importante a destacar de los resultados en general es el comportamiento de las curvas esfuerzo-deformación, así como también las resistencias máximas alcanzadas (ver anexo 4), ya que a los 7 días todos los porcentajes de las fibras de zanahoria y los porcentajes del 0.4% (SSS) y 1% (S) de fibras de banano, presentan resistencias superiores con respecto a la del hormigón patrón, sin embargo, a los 14 y 28 días la mayoría de estas mantienen las resistencias o incluso van decreciendo en comparación a la del hormigón patrón, demostrando así tener un comportamiento de un acelerante.

El acelerante es un material que se agrega al hormigón con el fin de reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo temprano de resistencia; con el uso de acelerantes se reduce el tiempo inicial y final de fraguado y aumenta los cambios de volumen. La resistencia a la compresión aumenta notablemente a temprana edad, pero se reduce a los 28 días, es decir, que las resistencias finales suelen quedar aumentadas con los retardadores y disminuidas con los acelerantes y en este último caso, tanto cuanto más acelerante sea el producto (Gutiérrez de López, 2003).

Gráfico 72. Esquema de la influencia comparada de un acelerador y un retardador



Fuente: (Gutiérrez de López, 2003).

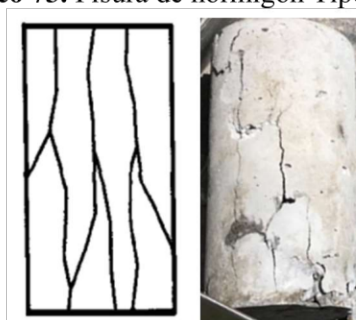
De acuerdo con la definición anterior y los resultados obtenidos se puede determinar que las fibras naturales utilizadas, sobre todo de zanahoria actúan como acelerantes, ya que la resistencia a compresión del hormigón con fibras a los 7 días de fraguado es mayor, es decir, aumenta

notablemente su resistencia a temprana edad, mientras que a los 28 días disminuye notablemente su resistencia con respecto al hormigón patrón.

4.2 Mecanismo de falla.

De los ensayos de la resistencia a compresión, al terminar el procedimiento, al momento que el indicador de carga muestre que está decreciendo constantemente y el cilindro de hormigón muestre un patrón de fractura bien definido, se procede a visualizar el tipo de rotura que según la Norma NTE INEN 1 573:2010 existen seis tipos de fracturas, de los cuales dado el caso se llega a tener una fractura Tipo 3 (Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos) que es la que se asemeja a los resultados de los ensayos realizados a los especímenes de hormigón patrón y con fibras naturales de zanahoria y banano.

Gráfico 73. Fisura de hormigón Tipo 3.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.3 Módulo de elasticidad y deformación unitaria:

4.3.1 Comparación del módulo de elasticidad

Se comparó el módulo de elasticidad calculado por la norma ASTM y ACI con los valores de los ensayos realizados para fibras de banano y zanahoria. En la siguiente tabla se detalla la diferencia que existe entre los valores del módulo de elasticidad que existe entre estas dos normas.

Tabla 34. Comparación de Em para fibras de banano.

Comparación de Em		
Porcentaje de fibra (HB)	Módulo de elasticidad según ASTM	Módulo de elasticidad según ACI
0.0%	2632,830	20864,513
0.4%	1650,508	20488,080
1%- S	3268,317	19319,834
1%- SSS	2284,216	18768,366
1.6%	2759,330	18146,267
3%- S	1930,860	20044,564
3%-SSS	3866,802	19127,503

Fuente: *Elaboración propia.***Tabla 35.** Comparación de Em para fibras de zanahoria.

Comparación de Em		
Porcentaje de fibra (HZ)	Módulo de elasticidad según ASTM	Módulo de elasticidad según ACI
0.0%	2632,830	20864,513
0.4%	4349,168	20314,525
1%- S	1134,432	19488,988
1%- SSS	2305,899	19917,990
1.6%	4091,942	21036,477
3%- S	2084,261	21069,461
3%-SSS	4327,406	19934,783

Fuente: *Elaboración propia.*

En las tablas anteriores se observa que los valores obtenidos con la norma (ACI, NEC-SE-DS) son mayores a la norma (ASTM C- 469).

4.3.2 Comparación de deformaciones unitarias

A continuación, en la tabla 36 se muestra la comparación de las deformaciones según su porcentaje y fibras usadas.

Tabla 36. Comparación de deformaciones unitarias.

Deformaciones Unitarias Promedio					
Indicador Muestra	Fibras	Porcentaje de fibras	Zona elástica		Zona Plástica
			Principio de curva (δ_0)	Limite elástico (δ_e)	Limite ultimo (δ_u)
HT	Sin fibras	0%	0,0000	0,00593	0,00660
HB-0.4%	Banano	0.4%	0,0000	0,00767	0,00842
HB-S-1%	Banano	1%	0,0000	0,00562	0,007
HB-SSS-1%	Banano	1%	0,0000	0,00497	0,00620
HB-1.6%	Banano	1.6%	0,0000	0,00455	0,00568
HB-S-3%	Banano	3%	0,0000	0,00698	0,00805
HB-SSS-3%	Banano	3%	0,0000	0,00348	0,00483
HZ-0.4%	Zanahoria	0.4%	0,0000	0,00418	0,00502
HZ-S-1%	Zanahoria	1%	0,0000	0,00737	0,00890
HZ-SSS-1%	Zanahoria	1%	0,0000	0,00560	0,00677
HZ-1.6%	Zanahoria	1.6%	0,0000	0,00510	0,00625
HZ-S-3%	Zanahoria	3%	0,0000	0,00667	0,00832
HZ-SSS-3%	Zanahoria	3%	0,0000	0,00532	0,00685

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 37 se puede observar que los hormigones con fibras con mejor deformación al hormigón patrón son el HB-0.4% con una zona elástica de 0,00767 y una zona plástica de 0,00842, HB-S-3% con una zona elástica de 0,00698 y una zona plástica de 0,00805, HZ-S-1% % con una zona elástica de 0,00737 y una zona plástica de 0,00890, HZ-S-3% con una zona elástica de 0,00667 y una zona plástica de 0,00832.

4.4 Analisis de precios y presupuesto del hormigón con fibras naturales de zanahoria y banano.

Tabla 37. Presupuesto del hormigón f'c 210 kg/cm2 por m3 sin incorporación de fibras naturales.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO. D= C*R
Herramientas varias	9.22000	0.40000	3.68800	0.90000	3.32000
Concretera un saco	0.84303	3.15000	2.65554	0.90000	2.39000
Vibrador	1.00000	1.80000	1.80000	0.90000	1.62000
SUBTOTAL M					7.33000
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil	0.99914	3.87000	3.87000	0.90000	3.48000
Operador de equipo liviano	0.84410	3.87000	3.27000	0.90000	2.94000
Técnico obras civiles	0.92000	4.09000	3.76000	0.90000	3.39000
Peón	8.22000	3.83000	31.48000	0.90000	28.34000
SUBTOTAL N					38.15000
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Arena	m3	0.27000	17.50000	4.72500	
Ripio	m3	0.41000	17.50000	7.17500	
Agua	lt	169.00000	0.01000	1.69000	
Cemento Portland Tipo I	saco	9.15000	7.10000	64.96500	
SUBTOTAL O				78.55500	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00000	
		TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			124.03500
		INDIRECTOS. 10%			12.40350
		UTILIDAD % 8%			9.92280
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			146.36130
		VALOR OFERTADO			146.36

PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	1.00	146.36	146.36
SUBTOTAL					146.36
IVA				12%	17.56
TOTAL					163.92

Fuente: Elaboración propia.

El precio unitario y presupuesto del hormigón F'c 210 kg/cm2 por m3, que se puede observar en la tabla 38, se gastara en equipos \$ 7.33, en mano de obra se tendría \$ 38.15 y en materiales

corresponde a \$ 78.55, todo esto sumado más los costos indirectos (10%) y las utilidades (8%) resulta un total de \$ 146.36, a este último sumado el valor del IVA se llega a tener un presupuesto total de \$ 163.92 sin considerar las fibras de zanahoria y banano.

Tabla 38. Presupuesto del hormigón F'c 210 kg/cm2 por m3 con fibras de zanahoria.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO. D= C*R
Herramientas varias	9.22000	0.40000	3.68800	0.90000	3.32000
Concretera un saco	0.84303	3.15000	2.65554	0.90000	2.39000
Vibrador	1.00000	1.80000	1.80000	0.90000	1.62000
SUBTOTAL M					7.33000
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil	0.99914	3.87000	3.87000	0.90000	3.48000
Operador de equipo liviano	0.84410	3.87000	3.27000	0.90000	2.94000
Técnico obras civiles	0.92000	4.09000	3.76000	0.90000	3.39000
Peón	8.22000	3.83000	31.48000	0.90000	28.34000
SUBTOTAL N					38.15000
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Arena	m3	0.27000	17.50000	4.72500	
Ripio	m3	0.41000	17.50000	7.17500	
Agua	lt	169.00000	0.01000	1.69000	
Cemento Portland Tipo I	saco	8.87000	7.10000	62.97700	
Cal	Lb	2.56000	0.35000	0.89600	
Fibra de zanahoria	kg	13.72000	0.80000	10.97600	
SUBTOTAL O				88.43900	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00000	
		TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			133.91900
		INDIRECTOS. 10%			13.39190
		UTILIDAD % 8%			10.71352
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			158.02442
		VALOR OFERTADO			158.02442

PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Hormigón f'c=210 kg/cm2 incorporado fibras de zanahoria	m3	1.00	158.02	158.02
SUBTOTAL					158.02
IVA				12%	18.96
TOTAL					176.99

Fuente: Elaboración propia.

El precio unitario y presupuesto del hormigón F'c 210 kg/cm² por m³ con fibras de zanahoria, es realizado para el 3% de incorporación de fibras de las mismas en condición seca, este porcentaje de adición es tomado en cuenta ya que es el más representativo y favorable en cuanto a la resistencia a la compresión del hormigón con incorporación de fibras de zanahoria. De lo cual se puede observar una reducción en la cantidad de cemento y por ende en el costo total del mismo que el presupuesto anterior del hormigón sin incorporación de fibras, esto dado que el porcentaje de adición de fibra de zanahoria es dado en función del cemento y a la vez de la sustitución de la cantidad que esta representa por las fibras, llegando a tener un costo en materiales de \$ 88.439, en lo cual también es considerado la cal para el tratamiento de las fibras, a todo esto sumado el costo de equipo, mano de obra, costos indirectos y utilidades se llega a tener un total de \$158.02, a este último sumado el valor del IVA se llega a tener un presupuesto total de \$ 176.99.

Tabla 39. Presupuesto del hormigón F'c 210 kg/cm2 por m3 con fibras de banano.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO. D= C*R
Herramientas varias	9.22000	0.40000	3.68800	0.90000	3.32000
Concretera un saco	0.84303	3.15000	2.65554	0.90000	2.39000
Vibrador	1.00000	1.80000	1.80000	0.90000	1.62000
SUBTOTAL M					7.33000
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil	0.99914	3.87000	3.87000	0.90000	3.48000
Operador de equipo liviano	0.84410	3.87000	3.27000	0.90000	2.94000
Técnico obras civiles	0.92000	4.09000	3.76000	0.90000	3.39000
Peón	8.22000	3.83000	31.48000	0.90000	28.34000
SUBTOTAL N					38.15000
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Arena	m3	0.28000	17.50000	4.90000	
Ripio	m3	0.41000	17.50000	7.17500	
Agua	lt	148.00000	0.01000	1.48000	
Cemento Portland Tipo I	saco	9.06000	7.10000	64.32600	
Cal	Lb	1.27000	0.35000	0.44450	
Fibra de banano	kg	4.57000	0.40000	1.82800	
SUBTOTAL O				80.15350	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00000	
		TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			125.63350
		INDIRECTOS. 10%			12.56335
		UTILIDAD % 8%			10.05068
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			148.24753
		VALOR OFERTADO			148.24753

PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incorporado fibras de banano	m3	1.00	148.25	148.25
SUBTOTAL					148.25
IVA				12%	17.79
TOTAL					166.04

Fuente: Elaboración propia.

El precio unitario y presupuesto del hormigón $F'c$ 210 kg/cm² por m³ con fibras de banano, es realizado para el 1% de incorporación de fibras de las mismas en condición seca, este porcentaje de adición de fibra es tomado en cuenta ya que es el más representativo y favorable en cuanto a la resistencia a la compresión del hormigón con incorporación de fibras de banano. De lo cual de igual forma que el presupuesto anterior con las fibras de zanahoria, se puede observar en este último (en menor cantidad) una reducción en la cantidad de cemento y a la vez en el costo total del mismo, esto dado que también el porcentaje de adición de fibra de banano es dado en función del cemento y a la vez de la sustitución de la cantidad que esta representa por las fibras, llegando a tener un costo en materiales de \$ 80.153, en lo cual también es considerado la cal para el tratamiento de las fibras, a todo esto sumado el costo de equipo, mano de obra, costos indirectos y utilidades se llega a tener un total de \$148.25, a este último sumado el valor del IVA se llega a tener un presupuesto total de \$ 166.04.

De los datos obtenidos de las tablas de costos unitarios y presupuestos para 1m³ de hormigón de $f'c=210$ kg/cm², como se puede observar se llegó a obtener un presupuesto de \$ 163.92, mientras que con la incorporación del 1% de fibras de banano en condición seca se tiene un presupuesto de \$ 166.04, en cuanto a la incorporación del 3% de fibras de zanahoria en condición seca se tiene un presupuesto de \$ 176.99. De lo cual se puede observar el aumento del precio con la adición de fibras de banano y zanahoria respectivamente.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De los resultados de la resistencia a la compresión, dado el comportamiento de las resistencias alcanzadas por los porcentajes de fibras de zanahoria a los 7, 14 y 28 días de fraguado, se puede concluir a estos como un acelerante ya que a temprana edad alcanzan resistencias superiores con respecto al hormigón patrón mientras que, a edades mayores la resistencia va decreciendo.
- En cuanto al estado de incorporación de fibras saturado superficialmente seco, se puede concluir que en esta condición y con un menor porcentaje de adición de fibras se puede llegar a obtener una buena resistencia y comportamiento tanto a los 7, 14 y 28 días, como se destacan los porcentajes del 1.6% de fibras de zanahoria y 0.4% de fibras de banano, con respecto al hormigón patrón.
- En estado seco con la incorporación del 3% de fibras de zanahoria y del 1% de fibras de banano, se alcanza las mayores resistencias a los 28 días, a pesar que de manera general las resistencias finales alcanzadas no representan mucho con respecto al hormigón patrón. Aunque con el 1.6% de fibras de zanahoria en condición saturado superficialmente seco, se llega a tener también una mayor resistencia, concluyendo a este el ultimo como el más optimo.
- Dados los resultados de las resistencias a la compresión podemos concluir a la incorporación de fibras de zanahoria en el hormigón, como las más favorables para obtener una mejor resistencia y comportamiento a compresión que con las fibras de banano.
- De los análisis de precios unitarios y presupuestos del hormigón por m³ sin fibras y con la incorporación de fibras de zanahoria y banano, se puede evidenciar como estos últimos al ser

incorporados al hormigón en función y sustitución en cierto porcentaje del peso del cemento se llega a reducir la cantidad del mismo a la mezcla y por ende el costo total de este, sin embargo, se produce un aumento en el presupuesto, debido al tratamiento que se le da a las fibras. De lo cual se puede decir que la adición de fibras de zanahoria y banano ayuda a reducir el costo y producción del cemento, pero dado el tratamiento por el cual deben pasar aumentan el presupuesto total, aunque este aumento no sea muy significativo en comparación al presupuesto del hormigón tipo.

- Hablando en cuanto a la proporción de una mejor resistencia al hormigón y a la vez del factor económico, se puede decir que la adición de fibras de banano con el 1% en condición seca sería el más favorable a comparación del 3% en condición seca de fibras de zanahoria que proporciona una mayor resistencia, pero el presupuesto por m³ es mayor

5.2 RECOMENDACIONES

- Los frutos de zanahoria y banano para la obtención de las fibras de los mismos empleadas en la presente tesis fueron compradas, elevando así un poco el costo de producción del hormigón, por esta razón se recomienda utilizar estos frutos reciclados o recolectados, para que de esta manera se ayude de mejor manera al medio ambiente y reducir los costos de producción.
- Dado el comportamiento por las altas resistencias alcanzadas de las fibras de zanahoria a los 7 días y un decrecimiento en la resistencia posteriormente a los 28 días, como se detalla de mejor manera en los resultados a la compresión, se puede recomendar la implementación de fibras de zanahoria como acelerantes de fraguado a temprana edad.
- Se recomienda la incorporación de fibras en condición saturado superficialmente seco y con un menor porcentaje de adición de fibras al hormigón ya que se obtiene una mejor resistencia y comportamiento a los 7, 14 y 28 días de fraguado a comparación de la condición en estado seco.

- En cuanto al aspecto económico y una mejor resistencia se recomienda el uso de fibras de banano como puede ser del 1% en condición seca, aunque el costo de incorporación de fibras de zanahoria tampoco es muy alto y se tendría una mejor resistencia en condición saturado superficialmente seco.
- Se recomienda realizar más investigaciones sobre las fibras de la cascara de banano, debido a que es la fruta con más incidencia en el Ecuador, que como se pudo observar en la presente investigación se le puede dar un uso técnico y constructivo favorable tanto económicamente como ambientalmente.
- Dada la influencia de la incorporación de fibras de zanahoria y banano en el hormigón, para futuras investigaciones se recomienda realizar ensayos mecánicos a tracción de las fibras naturales como puede ser en la maquina universal marca AMSLER modelo 02-2H-11.
- Es importante seguir investigando sobre la incorporación de fibras naturales en el hormigón ya que como se pudo observar se puede dar un aprovechamiento constructivo y ambiental, que incluso llegan a representar un menor costo en el ámbito constructivo.
- Para futuras investigaciones se recomienda utilizar aditivos que ayudaran al hormigón a tener una mayor resistencia en conjunto con las fibras naturales.

BIBLIOGRAFÍA:

ACI-544.1R-96. (2009). Report on Fiber Reinforced Concrete. *American Concrete Institute (ACI)*.

Afanador Charris, B. M. (2020). IMPLEMENTACIÓN DE MATERIALES Y TÉCNICAS
ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES
EN COLOMBIA. *UIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA*.

Ángel Francisco Nistal Cordero, M. J. (2012). EL HORMIGÓN: HISTORIA, ANTECEDENTES
EN OBRAS Y FACTORES INDICATIVOS DE SU RESISTENCIA. *TECNOLOGÍ@ y
DESARROLLO*.

APARICIO, F. A. (2015). CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS CON MAYOR DEMANDA
EN LA CIUDAD DE TUNJA. *UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS*.

Armas, D., Ruiz, S., Piován, M., Carrión, L., & Narváez, C. (2016). Caracterización de propiedades
mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo.

Atenas, C. (s.f.). Cemento estructural tipo GU. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Balarezo, J. (2017). Evaluación Estructural Usando Viga Benkelman Aplicando a un Pavimento .
Universidad de Piura.

Baquerizo Perez, C. D. (2019). Estudio del comportamiento de la resistencia del concreto F'c 210kg
/cm2 adicionando fibras de tallo del plátano, Lima 2019. *Universidad Cesar Vallejo*.

Bolivar, O. G. (1987). GUÍA PRÁCTICA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN -
ACI 211.1. *Escuela de Ingeniería Civil*.

Borsani, M. S. (2011). Materiales ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de los materiales
ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles.

Carvajal, M. J. (2015). COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO
CON FIBRAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR. *Universidad de Cuenca*.

- Celi, M. F. (2018). REGISTRO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON FIBRAS NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CANTÓN LOJA – ENSAYO Y PROPUESTA DE UN ADOBE MEJORADO. *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR – LOJA*.
- CENTROAMERICANA, U. (s.f.). ANALISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO EN AGREGADO FINO Y GRUESO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 (75 μ m) EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO. San Salvador, Salvador.
- Chagua Ventura, L. A. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de zanahoria, Lima 2021. *Universidad Cesar Vallejo*.
- Chagua Ventura, L. A. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de zanahoria, Lima 2021. *Universidad Cesar Vallejo*.
- FERIA, G. R. (2018). ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN Y TRACCIÓN EN EL HORMIGÓN HIDRÁULICO MODIFICADO CON FIBRA DE COCO. *UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO DEL MAGDALENA*.
- Gonzalo Ruano, S. O. (2017). MODELO NUMÉRICO PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES CEMENTICIOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES. *Mecánica Computacional*, 35(34), 977-1988.
- Guillen Berrios, C. J. (2019). Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Lima-Perú 2019. *Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú*.
- Gutiérrez de López, L. (Marzo de 2003). EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN .
- Guzman, K. P. (2013). EXPERIMENTACIÓN TECNOLÓGICA DE LA FIBRA DE BANANO APLICADA EN EL DISEÑO DE OBJETOS. *UNIVERSIDAD DEL AZUAY*.

- Héctor José Ciro Velásquez, M. L. (2005). CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES MEC DE PROPIEDADES MEC DE PROPIEDADES MECÁNICAS. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Hoffman, M. (1977). Application of Elasticity Models for the evaluation of flexible Pavements. Transportation Research Institute Technion. Israel. *Transportation Research Institute Technion*.
- Institute, A. C. (2009). Report on Fiber Reinforced Concrete.
- José Luis Chan Yam, R. S. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería 7-2*, 39-46.
- Karla Dnaiel Abad Barahona, X. D. (2012). EXPERIMENTACION Y POSIBLES APLICACIONES DE LA FIBRA DE BANANO EN EL CAMPO TEXTIL. *UNIVERSIDAD DEL AZUAY*.
- LLONTOP ESQUERRE, C. M. (2019). MEZCLA CON FIBRA DE ZANAHORIA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN. *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA*.
- Luna-Aroche, J. y.-G. (2006). Estudios de calidad de agregados para concreto (en Guatemala), aplicando las normas ASTM C-33, C-131, C-295 y C-289. *Boletín Geológico y Minero*.
- María Vanessa Rodríguez Pérez, M. Á. (2015). Análisis de la producción y comercialización del banano, su aceptación y evolución frente al Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea. *UNIVERSIDAD DEL ROSARIO, BOGOTÁ D.C.*
- Merizalde, L. N. (2021). Análisis de las tecnologías sostenibles implementadas en los proyectos de construcción BD Bacatá, Kubik Virrey y Edificio Terpel ubicados en Bogotá . *Corporación Universitaria Unitec - Escuela de Ciencias Económicas y Administrativas*.
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). INFORME SECTOR BANANNERO ECUATORIANO. *Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, Quito*.

- MONROY, J. M. (2014). CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y PRIORITARIO. *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA*.
- NORMALIZACIÓN, I. E. (Junio de 2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN. Quito, Ecuador.
- NORMALIZACIÓN, I. E. (Junio de 2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. Quito, Pichincha, Ecuador.
- NTE-INEN-1573. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.
- NTE-INEN-1578. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.
- NTE-INEN-1578. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.
- NTE-INEN-1855-2. (2015). HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN*.
- NTE-INEN-3124. (2017). HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN*.
- NTE-INEN-696. (2011). ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.

- NTE-INEN-857. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.
- NTE-INEN-858. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)*.
- NTE-INEN-862. (2011). ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
- Salas Quiroz, K. (2021). Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021. *Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú*.
- Serpa, J., & Vazquéz, D. (2018). Determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión del hormigón en función de la variabilidad y caracterización de los agregados. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Sornoza-Tituano, J. A., Robert, W. Z.-S., & José, F. C.-G.-P. (2022). Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión. *Polo del Conocimiento*.
- Tandazo, O. P. (2020). CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES DEL RAQUIS DE LA PALMA AFRICANA DE ACEITE Y LA ESTOPA DEL COCO. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*.
- URBANO, C. E. (2018). EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE SECADO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL BANANO (CAVENDISH VALERY). *UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA INGENIERÍA DE ALIMENTOS PALMIRA, VALLE DEL CAUCA*.

- Yépez, F., Guerra, M., Arias, J., Castillo, K., & Peñaherrera, R. (Septiembre de 2016). Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015. Quito, Ecuador: Imprenta Activa, Quito - Ecuador.
- Zerbino, R. (2020). EL HORMIGON REFORZADO CON FIBRAS Y SUS PROYECCIONES DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. *REVISTA DE INGENIERIA - Centro de Ingenieros Provincia de Buenos Aires*.

ANEXOS

ANEXO 1: Resistencia a los 7 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales.

Tabla 40. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 7 días de curado.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS (F'C 210 KG/CM2 DE DISEÑO)											
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Fecha de fundición o muestreo	Fecha de roptura	Datos Cilindros			Resistencia a la Compresión	
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo			Diametro (D) cm.	Altura (h) cm.	Peso gr.	Carga F (kgf)	Resistencia Promedio (kgf/cm2)
HT - I		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	8/8/2022	8/15/2022	10.2	20.6	3819.5	11600	134
HT - II					8/8/2022	8/15/2022	10.3	20.3	3824.5	11900	
HT - III					8/8/2022	8/15/2022	10.5	20.6	3851	9860	
Hz - I - 0.4%		SSS	Zanahoria	0.40%	8/5/2022	8/12/2022	10.4	20.2	3857	10350	140
Hz - II - 0.4%					8/5/2022	8/12/2022	10.2	20.2	3840	12375	
Hz - III - 0.4%					8/5/2022	8/12/2022	10.3	20.3	3835	12225	
Hb - I - 0.4%		SSS	Banano	0.40%	8/10/2022	8/17/2022	10.4	20.3	3821	12825	146
Hb - II - 0.4%					8/10/2022	8/17/2022	10.3	20.2	3862.5	11925	
Hb - III - 0.4%					8/10/2022	8/17/2022	10.3	20.5	3812	12075	
Hb - I - 1%		SSS	Banano	1.00%	8/11/2022	8/18/2022	10.0	20.2	3817	9600	131
Hb - II - 1%					8/11/2022	8/18/2022	10.1	20.4	3792.5	11100	
Hb - III - 1%					8/11/2022	8/18/2022	10.1	20.2	3894	10575	
Hz_SSS - I - 1%		SSS	Zanahoria	1.00%	8/25/2022	9/1/2022	10.1	20.2	3813	12500	173
Hz_SSS - II - 1%					8/25/2022	9/1/2022	10.2	20.2	3785	13900	
Hz_SSS - III - 1%					8/25/2022	9/1/2022	10.1	20.1	3770	15500	
Hz_S - III - 1%		SECO	Zanahoria	1.00%	8/26/2022	9/2/2022	10	20.4	3785	12600	151
Hz_S - V - 1%					8/26/2022	9/2/2022	10.1	20.3	3789	10300	
Hz_S - IV - 1%					8/26/2022	9/2/2022	10	20.3	3727	12800	
Hz - I - 1.6%		SSS	Zanahoria	1.60%	8/29/2022	9/5/2022	10.2	20.3	3774	14400	169
Hz - II - 1.6%					8/29/2022	9/5/2022	10	20.3	3801	11900	
Hz - III - 1.6%					8/29/2022	9/5/2022	10.1	19.8	3739	14200	
Hz_SSS - II - 3%		SSS	Zanahoria	3%	8/31/2022	9/7/2022	10	20.3	3714.5	12600	157
Hz_SSS - III - 3%					8/31/2022	9/7/2022	10.1	20.4	3746	14000	
Hz_SSS - I - 3%					8/31/2022	9/7/2022	10.2	20.4	3605	11100	
Hz_S - I - 3%		SECO	Zanahoria	3%	9/5/2022	9/12/2022	10	22	3770	12200	166
Hz_S - II - 3%					9/5/2022	9/12/2022	10.1	20.4	3747.5	13300	
Hz_S - III - 3%					9/5/2022	9/12/2022	10	19.9	3749	14300	
Hb_S - I - 1%		SECO	Banano	1.00%	9/6/2022	9/13/2022	9.9	20.2	3698.5	12200	157
Hb_S - II - 1%					9/6/2022	9/13/2022	10.1	20	3765	13200	
Hb_S - III - 1%					9/6/2022	9/13/2022	10	20.2	3781.5	12300	
Hb - I - 1.6%		SSS	Banano	1.60%	9/20/2022	9/27/2022	9.9	20.3	3766	9860	116
Hb - II - 1.6%					9/20/2022	9/27/2022	10.1	19.9	3766.5	9820	
Hb - III - 1.6%					9/20/2022	9/27/2022	10	20.2	3770	990	
Hb_SSS - I - 3%		SSS	Banano	3%	9/12/2022	9/19/2022	10.2	20.4	3793.5	10400	133
Hb_SSS - II - 3%					9/12/2022	9/19/2022	10.2	20.5	3815.5	14100	
Hb_SSS - III - 3%					9/12/2022	9/19/2022	10.1	20.3	36755	8150	
Hb_S - I - 3%		SECO	Banano	3%	9/13/2022	9/20/2022	10.1	20.4	3843	9280	132
Hb_S - II - 3%					9/13/2022	9/20/2022	10.1	20.5	3775.5	10600	
Hb_S - III - 3%					9/13/2022	9/20/2022	10.2	20.5	3827	12400	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: Resistencia a los 14 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales.

Tabla 41. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 14 días de curado.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS (F'C 210 KG/CM2 DE DISEÑO)												
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Fecha de fundicion o muestreo	Fecha de roptura	Datos Cilindros			Resistencia a la Compresión		
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo			Diametro (D) cm.	Altura (h) cm.	Peso gr.	Carga F (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Resistencia Promedio (kgf/cm2)
HT - IV		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	8/8/2022	8/22/2022	10.1	20	3869	15840	198	175
HT - V					8/8/2022	8/22/2022	10.5	20.2	3818	14220	164	
HT - VI					8/8/2022	8/22/2022	10.2	20.1	3875	13230	162	
Hz - IV - 0.4%		SSS	Zanahoria	0.40%	8/5/2022	8/19/2022	10.3	20.4	3845	12420	149	167
Hz - V - 0.4%					8/5/2022	8/19/2022	10.4	20.5	3805	14850	175	
Hz - VI - 0.4%					8/5/2022	8/19/2022	10.3	20.2	3832	14670	176	
Hb - IV - 0.4%		SSS	Banano	0.40%	8/10/2022	8/24/2022	10.2	20.1	3812	15390	188	176
Hb - V - 0.4%					8/10/2022	8/24/2022	10.3	20.1	3828	14310	172	
Hb - VI - 0.4%					8/10/2022	8/24/2022	10.5	20.3	3789	14490	167	
Hb - IV - 1%		SSS	Banano	1.00%	8/11/2022	8/25/2022	10.3	20.2	3824	11520	138	154
Hb - V - 1%					8/11/2022	8/25/2022	10	20	3804	13320	170	
Hb - VI - 1%					8/11/2022	8/25/2022	10.2	20.3	3912	12690	155	
Hz_SSS - IV - 1%		SSS	Zanahoria	1.00%	8/25/2022	9/8/2022	10.2	20.5	3805	13300	163	182
Hz_SSS - V - 1%					8/25/2022	9/8/2022	10.1	20.3	3845.5	15700	196	
Hz_SSS - VI - 1%					8/25/2022	9/8/2022	10.2	20	3805	15300	187	
Hz_S - IV - 1%		SECO	Zanahoria	1.00%	8/26/2022	9/9/2022	10	20.2	3855	11500	146	157
Hz_S - V - 1%					8/26/2022	9/9/2022	10	20.1	3783	12900	164	
Hz_S - VI - 1%					8/26/2022	9/9/2022	10.2	19.9	3735	12600	160	
Hz - IV - 1.6%		SSS	Zanahoria	1.60%	8/29/2022	9/12/2022	10.3	20.5	3753.5	15200	182	194
Hz - V - 1.6%					8/29/2022	9/12/2022	10	20.4	3809	15700	200	
Hz - VI - 1.6%					8/29/2022	9/12/2022	10	20.5	3767.5	15656	199	
Hz_SSS - IV - 3%		SSS	Zanahoria	3%	8/31/2022	9/14/2022	10.1	19.9	3731	14000	175	175
Hz_SSS - V - 3%					8/31/2022	9/14/2022	10	20.1	3749.5	12300	154	
Hz_SSS - VI - 3%					8/31/2022	9/14/2022	10	20.1	3755.5	15700	196	
Hz_S - IV - 3%		SECO	Zanahoria	3%	9/5/2022	9/19/2022	10	20.4	3744.5	14200	174	173
Hz_S - V - 3%					9/5/2022	9/19/2022	10.1	20.4	3763.5	14500	177	
Hz_S - VI - 3%					9/5/2022	9/19/2022	10.2	20.1	3686.5	13800	169	
Hb_S - IV - 1%		SECO	Banano	1.00%	9/6/2022	9/20/2022	10.1	20.5	3781	13800	169	162
Hb_S - V - 1%					9/6/2022	9/20/2022	10.2	20.3	3775.5	13000	159	
Hb_S - VI - 1%					9/6/2022	9/20/2022	10.2	20.6	3755.5	12900	158	
Hb - IV - 1.6%		SSS	Banano	1.60%	9/20/2022	10/4/2022	10.1	20	3801	10800	135	138
Hb - V - 1.6%					9/20/2022	10/4/2022	10.2	20.3	3751.5	12000	147	
Hb - VI - 1.6%					9/20/2022	10/4/2022	10.2	20.3	3793	10700	131	
Hb_SSS - IV - 3%		SSS	Banano	3%	9/12/2022	9/26/2022	10	20.4	3814.5	16000	200	180
Hb_SSS - V - 3%					9/12/2022	9/26/2022	10	20.3	3728	13300	166	
Hb_SSS - VI - 3%					9/12/2022	9/26/2022	10.1	20	3773	14000	175	
Hb_S - IV - 3%		SECO	Banano	3%	9/13/2022	9/27/2022	10.1	19.9	3767	13200	165	150
Hb_S - v - 3%					9/13/2022	9/27/2022	10	20.2	3770.5	13200	168	
Hb_S - VI - 3%					9/13/2022	9/27/2022	10.1	20.3	3675	9420	118	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: Resistencia a los 28 días de curado del hormigón tipo y con fibras naturales.

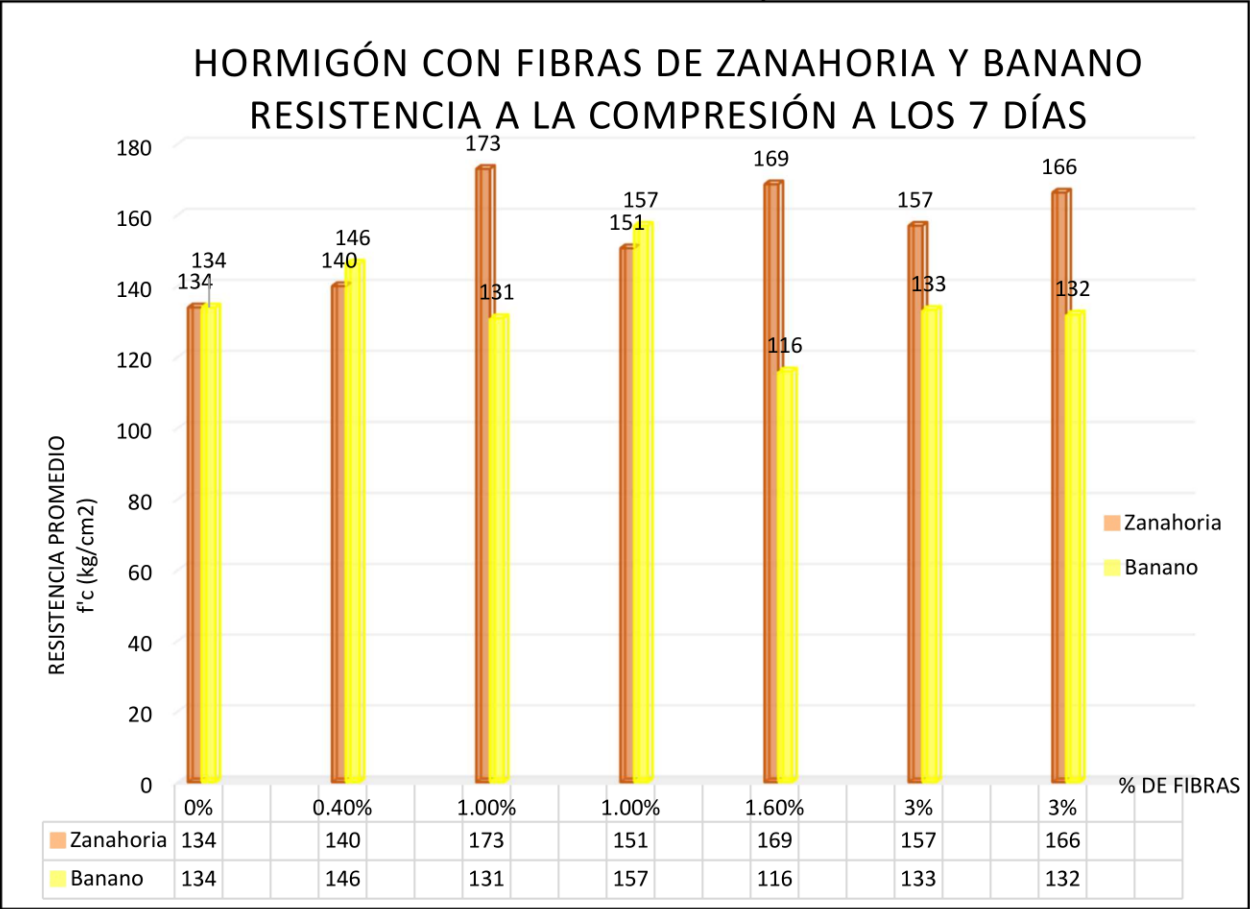
Tabla 42. Detalle de los ensayos de la resistencia a compresión de especímenes de hormigón tipo y con fibras naturales a los 28 días de curado.

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F' C 210 KG/CM2 DE DISEÑO)													
Marcador Cilindro	Nº	Condición	Fibras de refuerzo		Fecha de fundicion o muestreo	Fecha de roptura	Datos Cilindros			Resistencia a la Compresión			
			Tipo de fibras	% de fibras de refuerzo			Diametro (D) cm.	Altura (h) cm.	Peso gr.	Carga F (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Resistencia Promedio (kgf/cm2)	% obtenido de la resistencia de diseño
HT - I		-	Sin Fibras (Hormigón Tipo)	0%	8/8/2022	9/5/2022	10.1	20.3	3850	17600	220	200	95.24
HT - II					8/8/2022	9/5/2022	10.1	19.8	3805	15800	197		
HT - III					8/8/2022	9/5/2022	10.1	20.3	3887	14700	183		
Hz - VII - 0.4%		SSS	Zanahoria	0.40%	8/5/2022	9/2/2022	10.1	20.3	3864	13800	172	192	91.59
Hz - VIII - 0.4%					8/5/2022	9/2/2022	10.1	20.3	3819	16500	206		
Hz - XI - 0.4%					8/5/2022	9/2/2022	10.2	19.9	3827	16300	199		
Hb - I - 0.4%		SSS	Banano	0.40%	8/10/2022	9/7/2022	10.1	20.4	3815.5	17100	213	202	96.03
Hb - II - 0.4%					8/10/2022	9/7/2022	10.2	20.4	3834	15900	195		
Hb - III - 0.4%					8/10/2022	9/7/2022	10	20.5	3789	16100	197		
Hb - SSS - VII - 1%		SSS	Banano	1.00%	8/11/2022	9/8/2022	10.1	20.4	3819	12800	160	170	81.11
Hb - SSS - VIII - 1%					8/11/2022	9/8/2022	10.3	20.4	3772	14800	178		
Hb - SSS - XI - 1%					8/11/2022	9/8/2022	10	20.5	3908	14100	173		
Hz_SSS - VII - 1%		SSS	Zanahoria	1.00%	8/25/2022	9/22/2022	10.3	20.4	3800	16300	196	190	90.48
Hz_SSS - VIII - 1%					8/25/2022	9/22/2022	10.2	20.4	3812	15600	187		
Hz_SSS - XI - 1%					8/25/2022	9/22/2022	10.3	20	3761	15600	187		
Hz_S - VII - 1%		SECO	Zanahoria	1.00%	8/26/2022	9/23/2022	10.2	20.3	3753	14900	182	179	85.4
Hz_S - VIII - 1%					8/26/2022	9/23/2022	10.2	19.9	3766.5	13800	169		
Hz_S - XI - 1%					8/26/2022	9/23/2022	10.1	20.3	3785.5	15000	187		
Hz - VII - 1.6%		SSS	Zanahoria	1.60%	8/30/2022	9/27/2022	10.1	20	3778	17000	212	210	100.16
Hz - VIII - 1.6%					8/30/2022	9/27/2022	9.9	20.3	3773	17100	222		
Hz - XI - 1.6%					8/30/2022	9/27/2022	10.1	20.2	3843.5	15800	197		
Hz_SSS - VII - 3%		SSS	Zanahoria	3%	8/31/2022	9/28/2022	10.1	20.1	3770	15600	195	188	89.52
Hz_SSS - VIII - 3%					8/31/2022	9/28/2022	10	20.2	3784.5	12800	163		
Hz_SSS - XI - 3%					8/31/2022	9/28/2022	10.1	19.9	3740	16500	206		
Hz_S - VII - 3%		SECO	Zanahoria	3%	9/5/2022	10/3/2022	10.2	20.5	3767	18000	220	214	101.75
Hz_S - VIII - 3%					9/5/2022	10/3/2022	10.2	20.4	3811	18200	223		
Hz_S - XI - 3%					9/5/2022	10/3/2022	10.1	20.4	3734.5	14700	198		
Hb_S - VII - 1%		SECO	Banano	1.00%	9/6/2022	10/4/2022	10.3	20	3737.5	15700	196	206	98.25
Hb_S - VIII - 1%					9/6/2022	10/4/2022	10.2	20.4	3833.5	16400	201		
Hb_S - XI - 1%					9/6/2022	10/4/2022	10.2	20.2	3822.5	18100	222		
Hb - VII - 1.6%		SSS	Banano	1.60%	9/20/2022	10/18/2022	10.4	20.6	3879	13700	161	159	75.56
Hb - VIII - 1.6%					9/20/2022	10/18/2022	10.3	20.4	3835	13400	158		
Hb - XI - 1.6%					9/20/2022	10/18/2022	10.2	20.4	3827	13400	157		
Hb_SSS - VII - 3%		SSS	Banano	3%	9/12/2022	10/10/2022	10.1	20	3763.5	16400	209	178	84.6
Hb_SSS - VIII - 3%					9/12/2022	10/10/2022	10.2	20.4	3830	13400	171		
Hb_SSS - XI - 3%					9/12/2022	10/10/2022	10.1	20.2	3815	12000	153		
Hb_S - VII - 3%		SECO	Banano	3%	9/13/2022	10/11/2022	10	20.3	3787	14300	178	187	88.89
Hb_S - VIII - 3%					9/13/2022	10/11/2022	10.1	20.1	3808	15400	192		
Hb_S - XI - 3%					9/13/2022	10/11/2022	10	20.2	3770.5	14900	190		

Fuente: Elaboración propia.

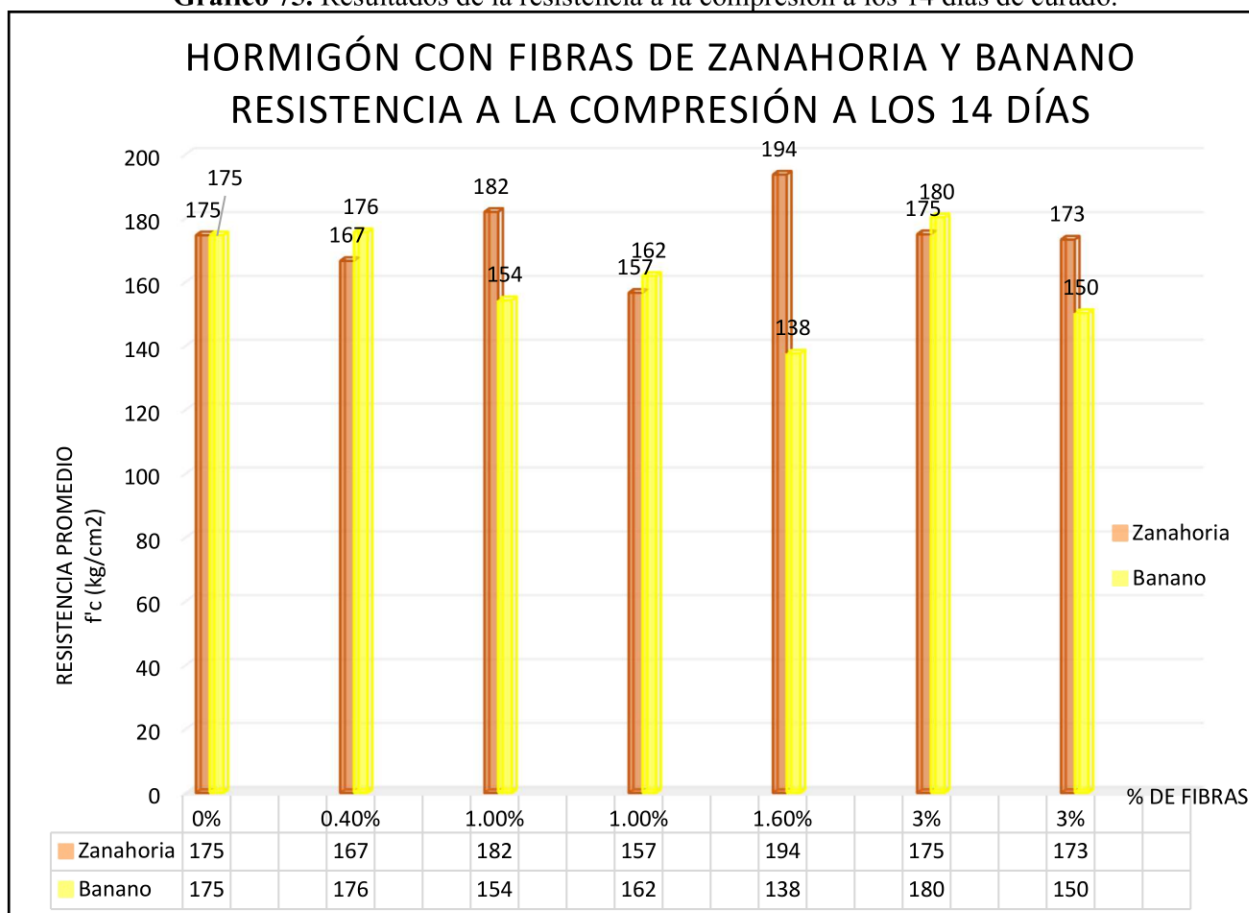
ANEXO 4: Resistencias máximas alcanzadas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de fraguado.

Gráfico 74. Resultados de las resistencias a la compresión a los 7 días de curado.



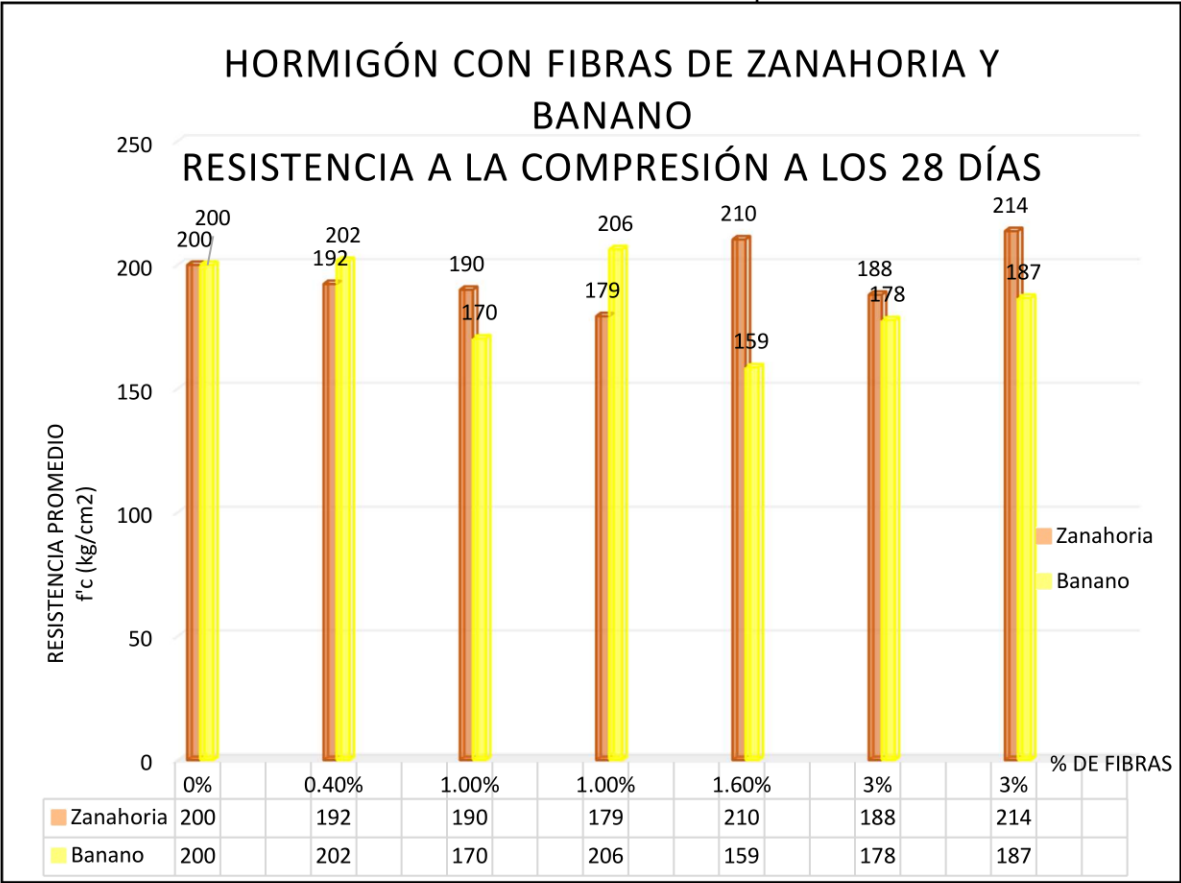
Fuente: *Elaboración propia.*

Gráfico 75. Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado.



Fuente: *Elaboración propia.*

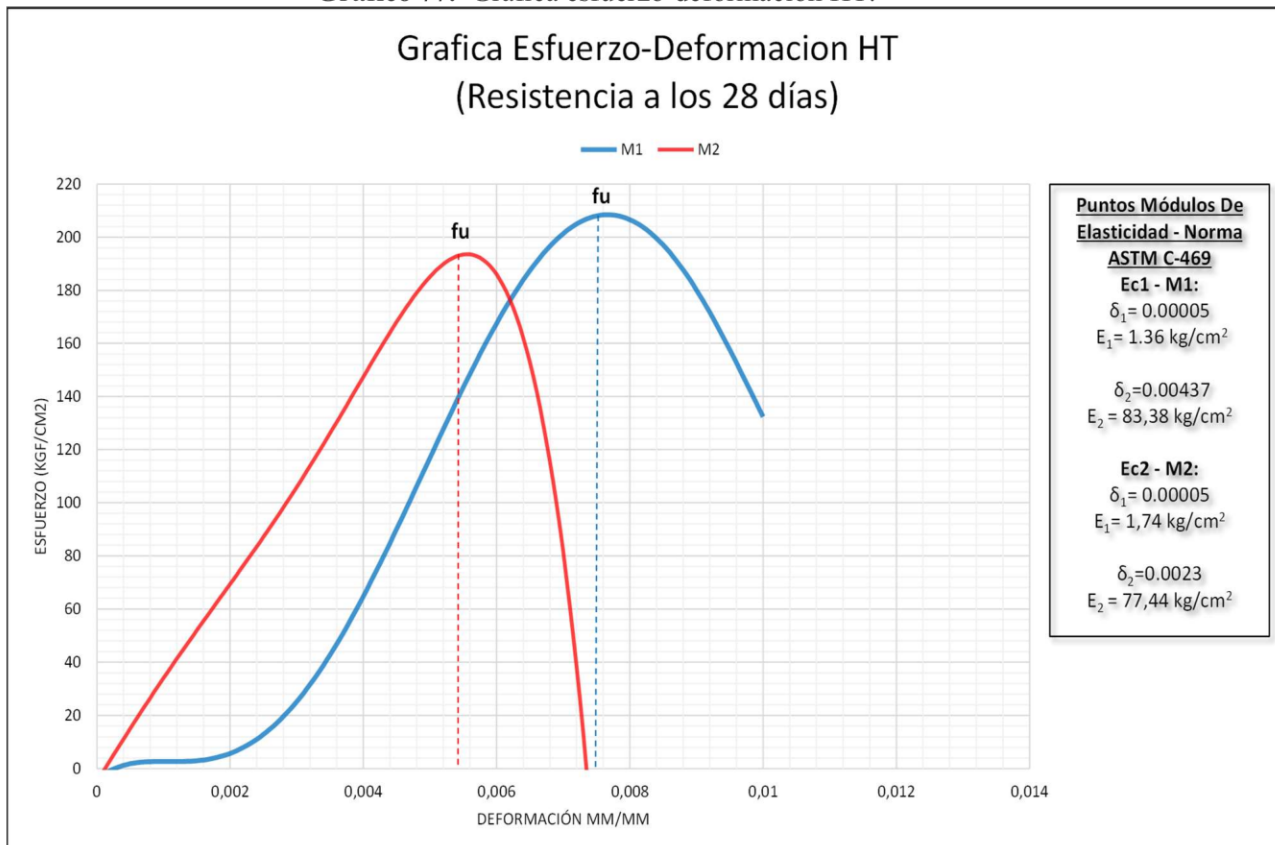
Gráfico 76. Resultados de las resistencias a la compresión a los 28 días de curado.



Fuente: *Elaboración propia.*

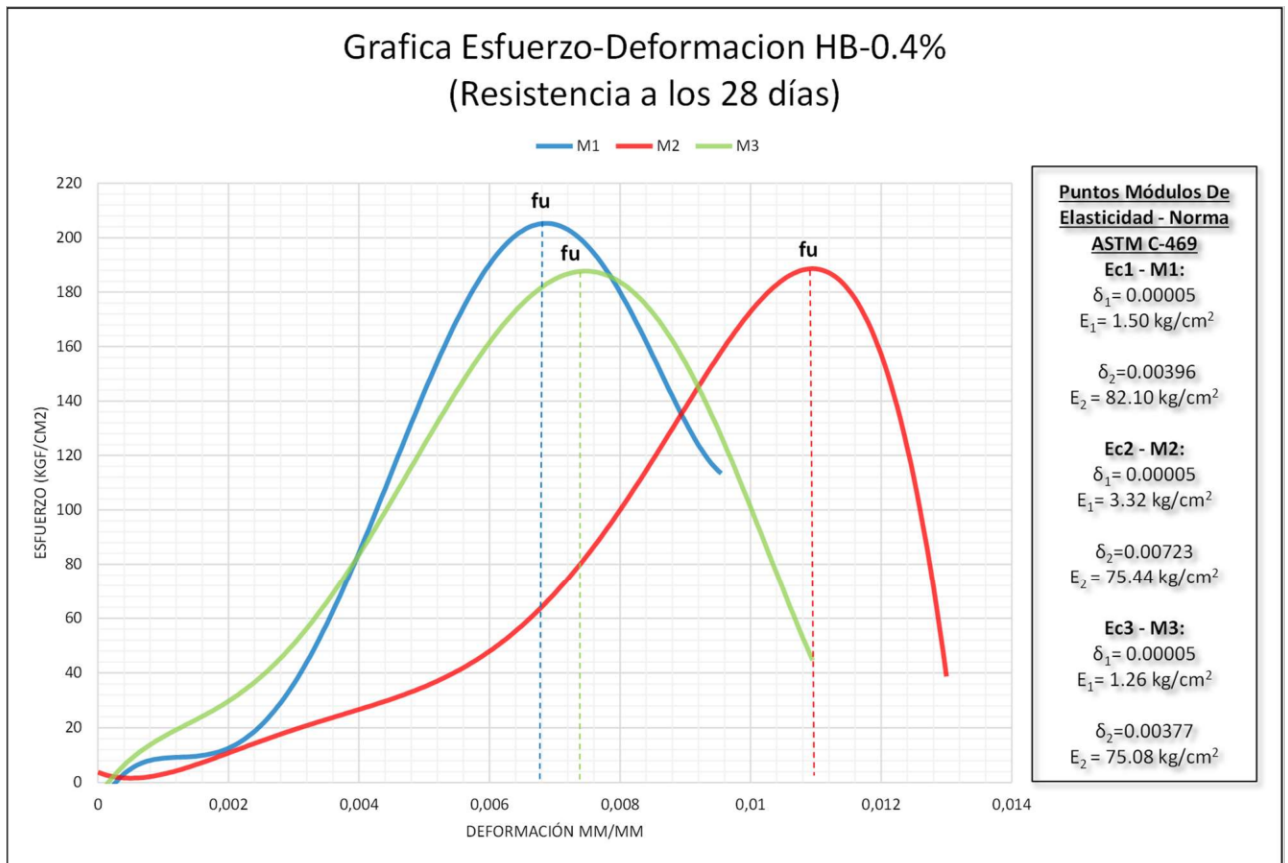
ANEXO 5: Graficas Esfuerzo-Deformación de muestras a los 28 días de curado.

Gráfico 77. Gráfica esfuerzo-deformación HT.



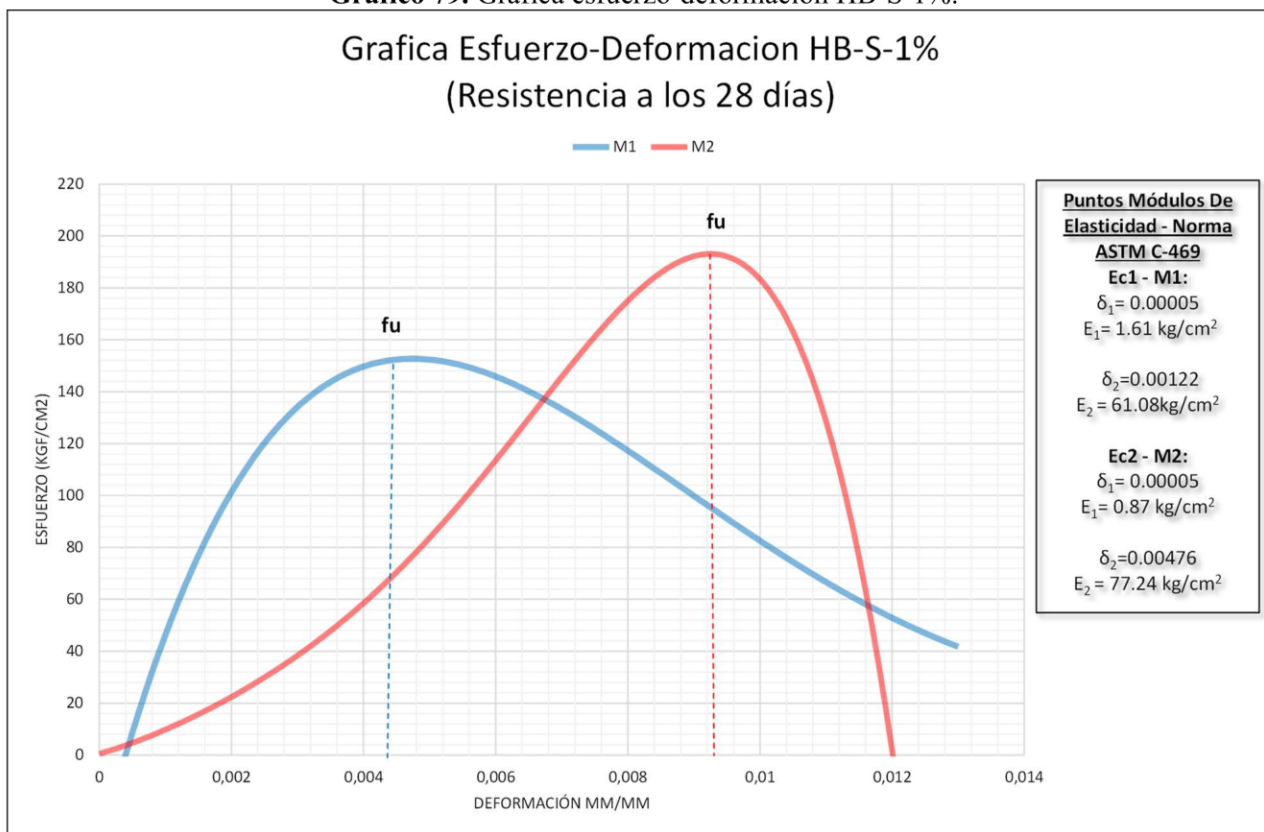
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 78. Gráfica esfuerzo-deformación HB-0.4%.



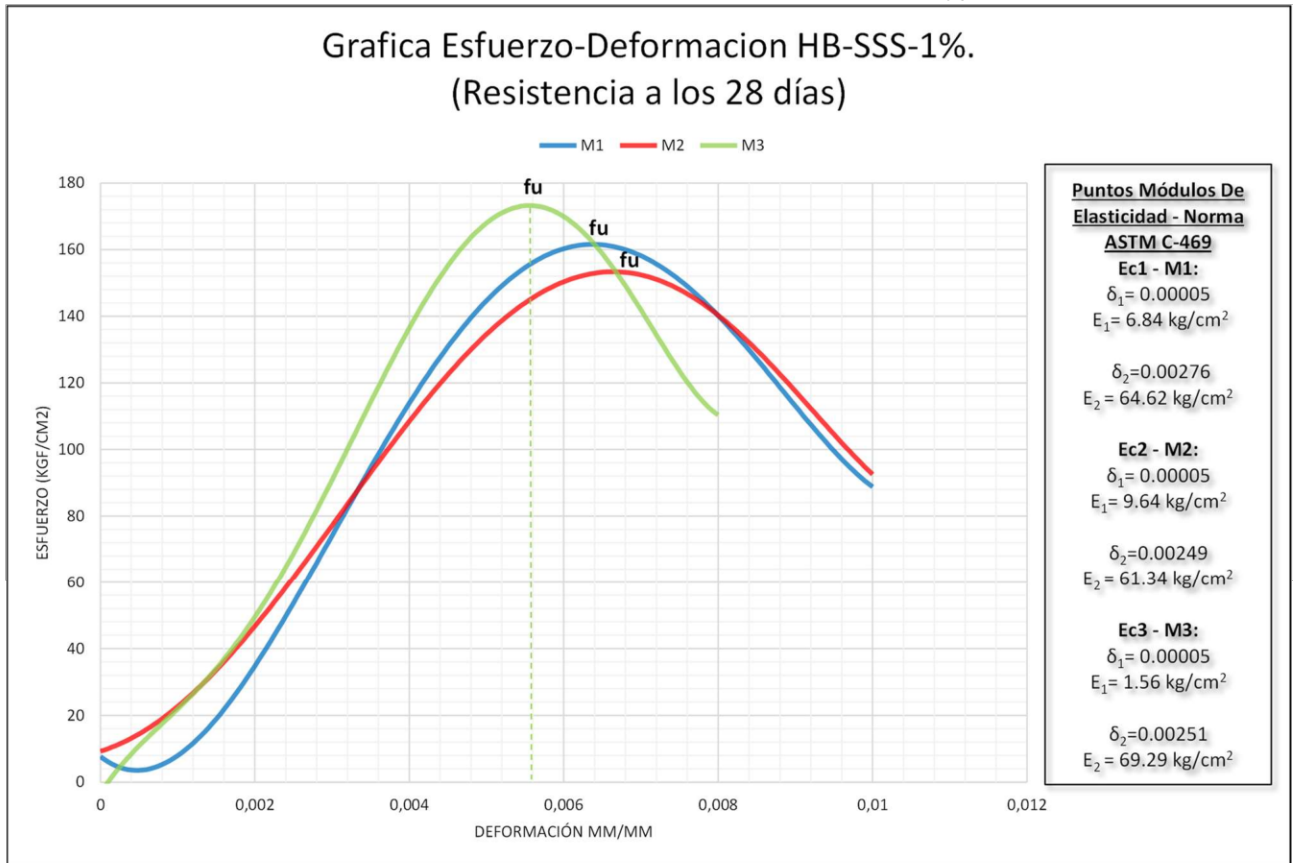
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 79. Gráfica esfuerzo-deformación HB-S-1%.



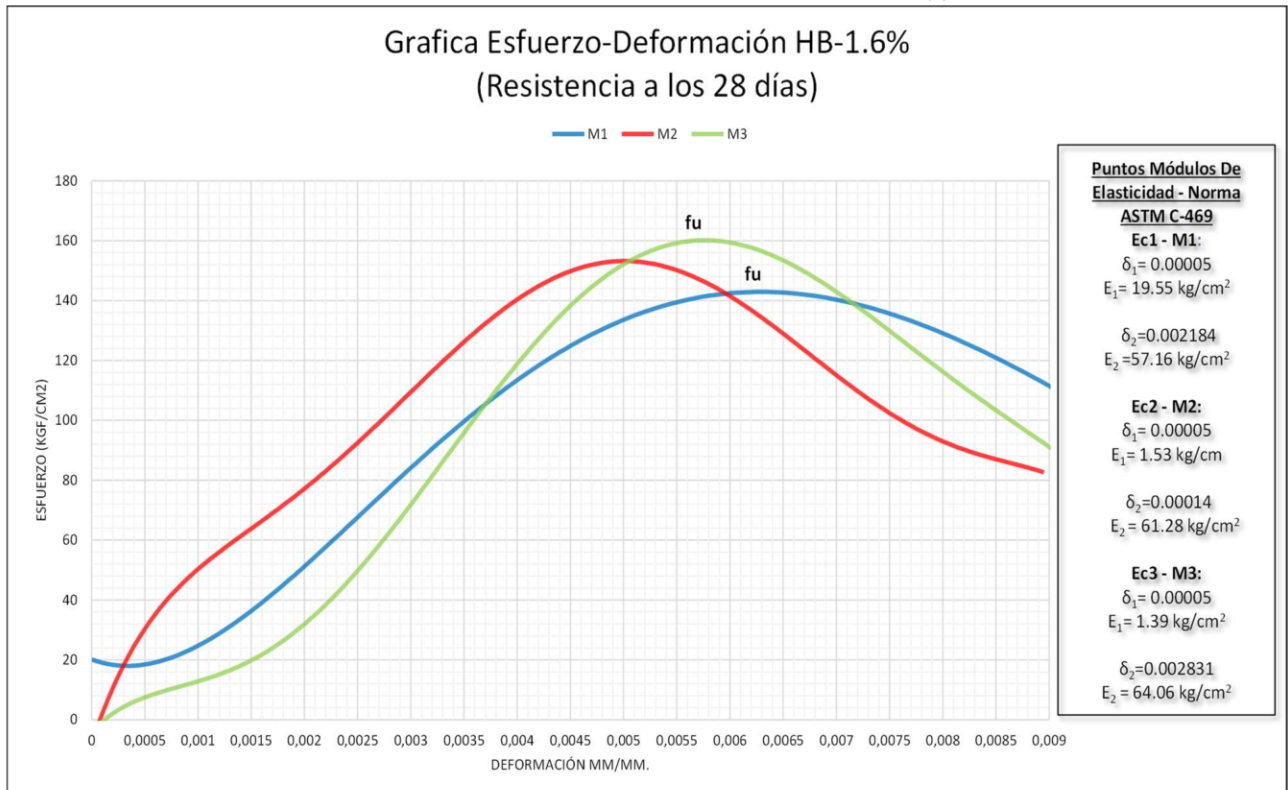
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 80. Gráfica esfuerzo-deformación HB-SSS-1%.



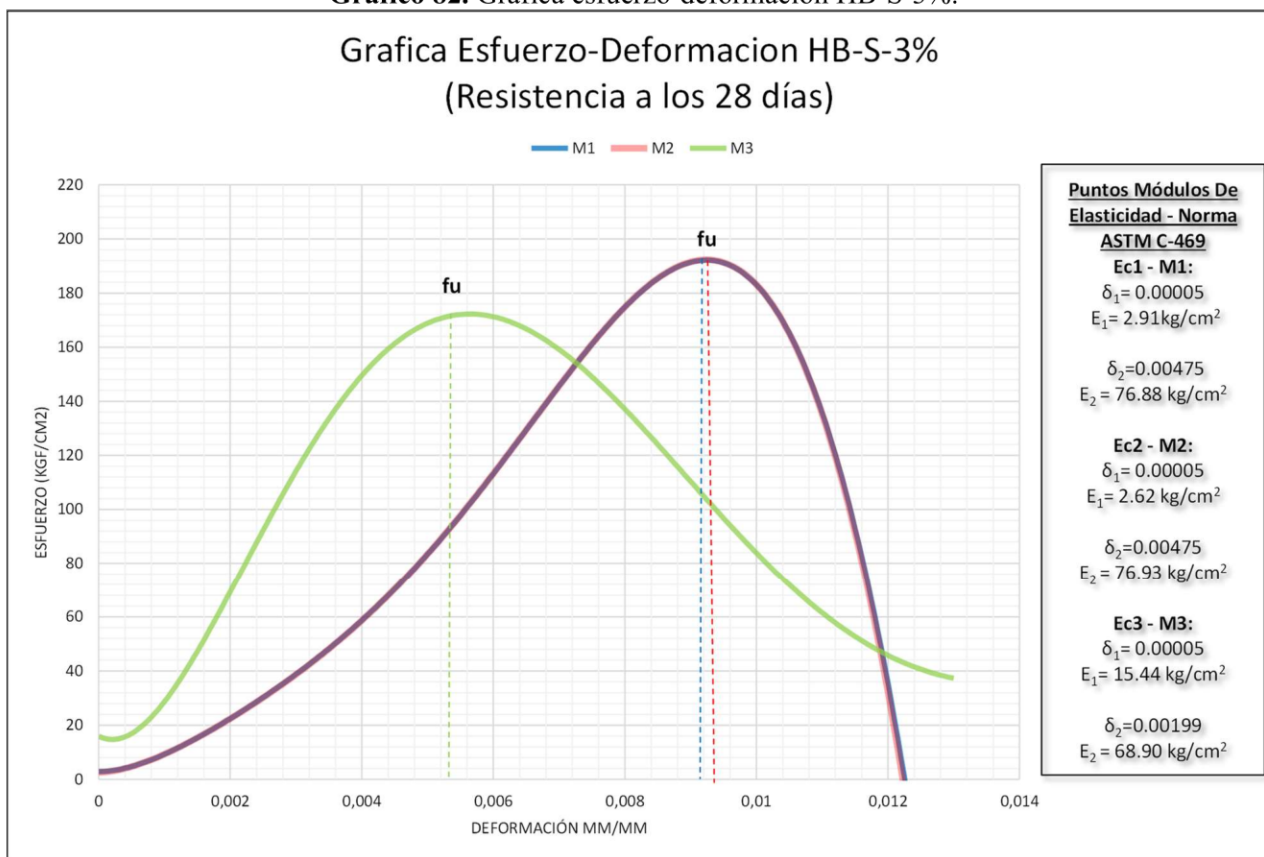
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 81. Gráfica esfuerzo-deformación HB-1.6%.



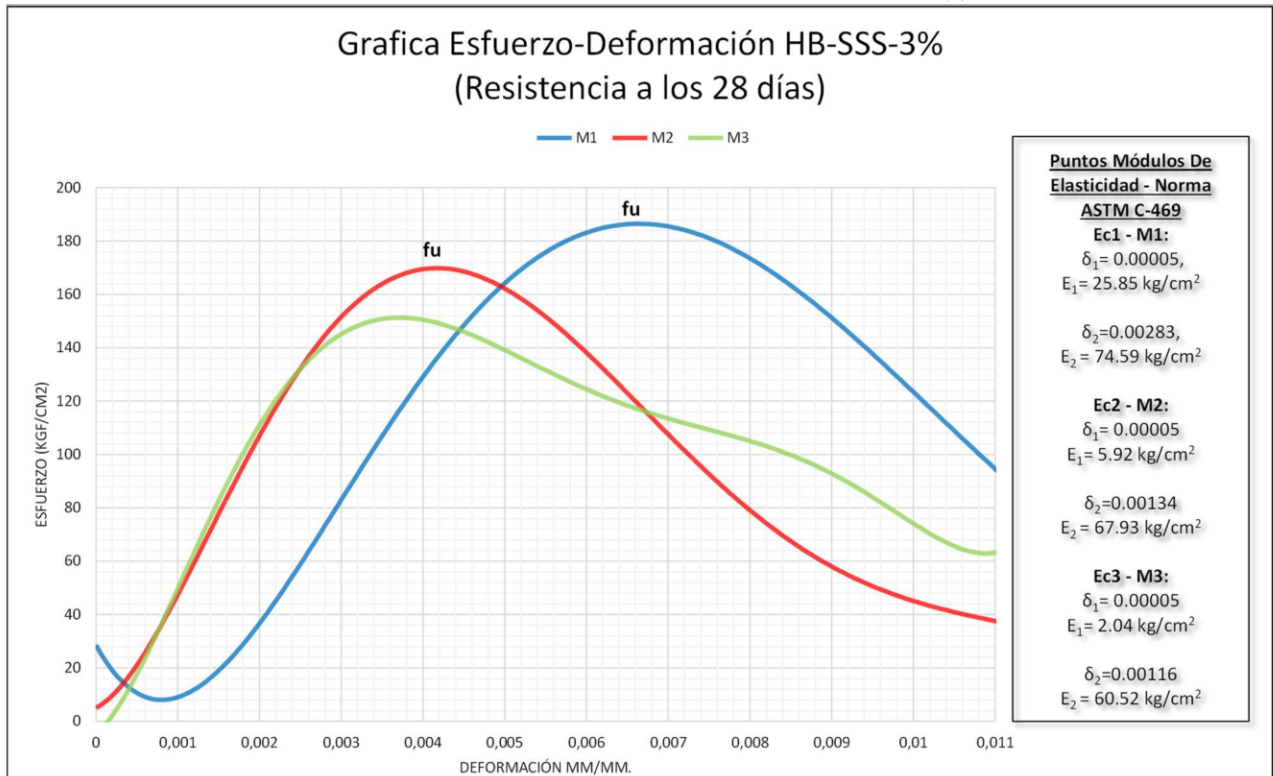
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 82. Gráfica esfuerzo-deformación HB-S-3%.



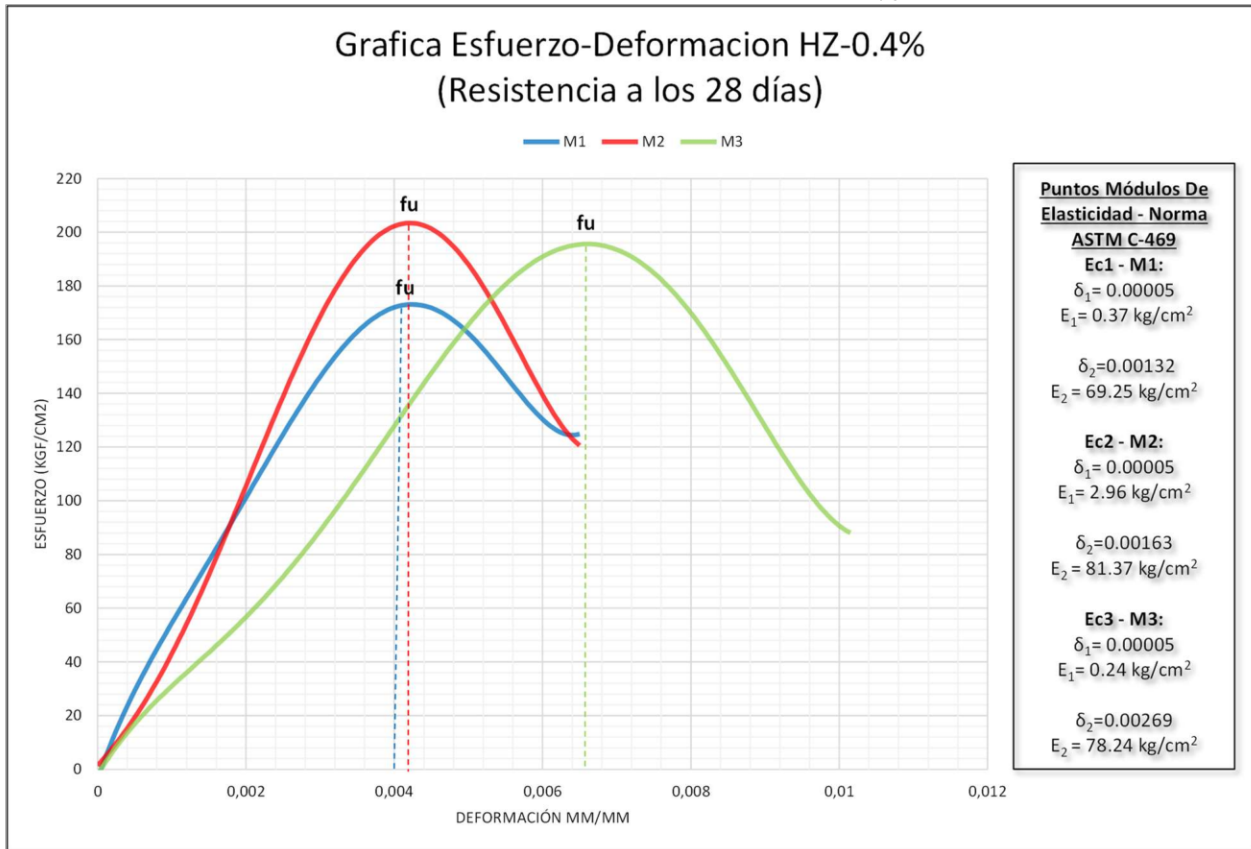
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 83. Gráfica esfuerzo-deformación HB-SSS-3%.



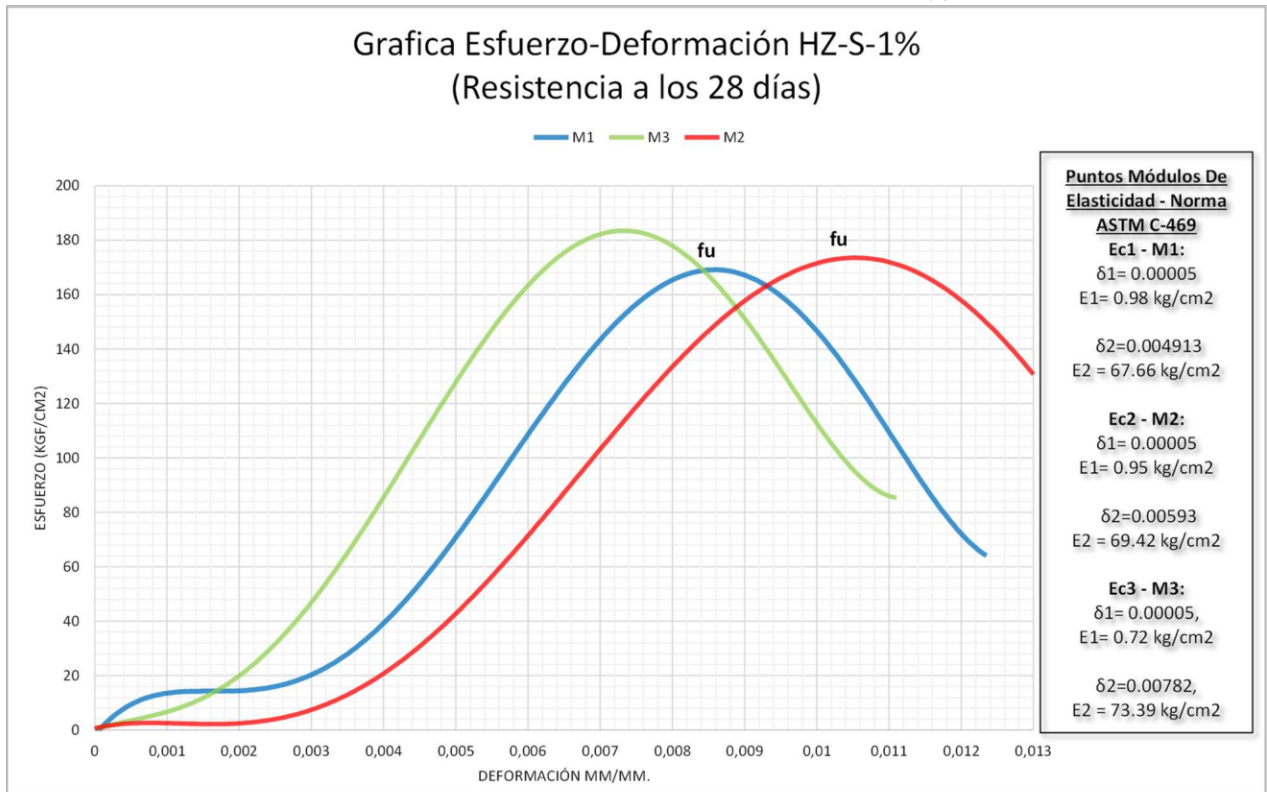
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 84. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-0.4%.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 85. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-S-1%.



Fuente: *Elaboración propia.*

Gráfico 86. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-SSS-1%.

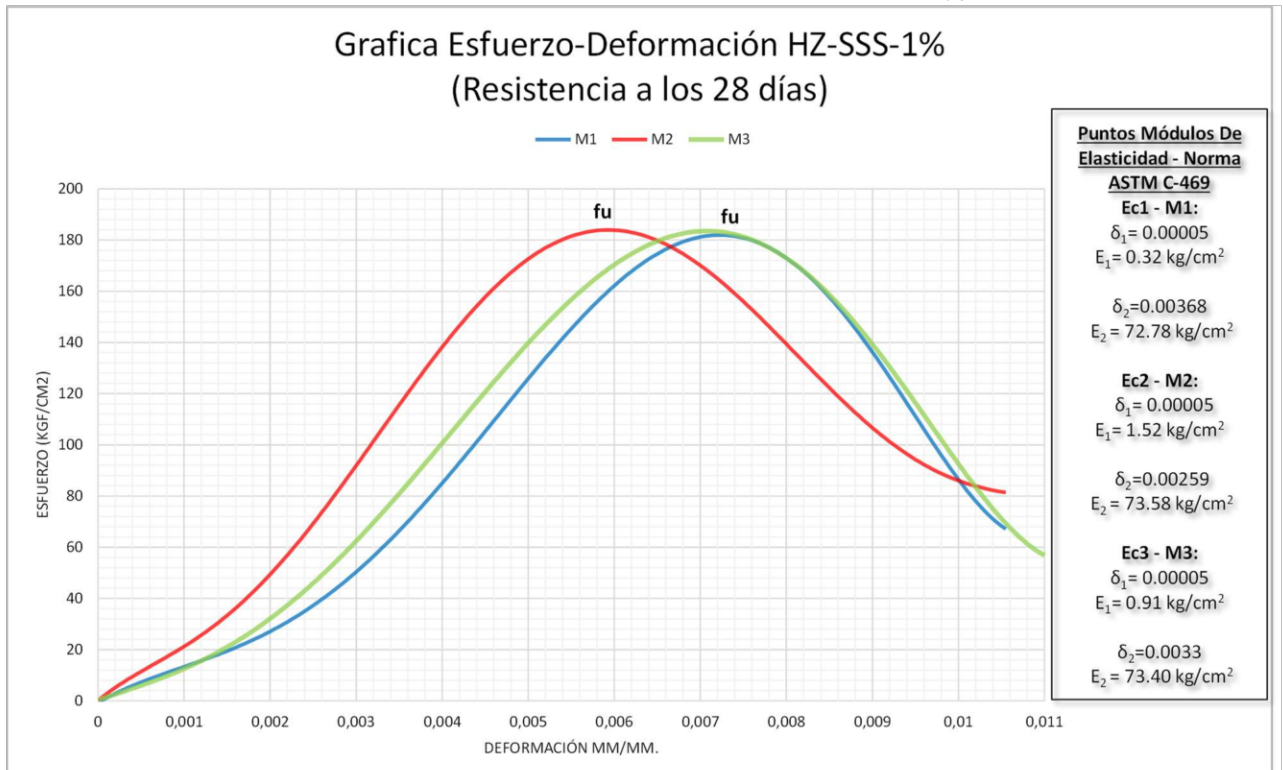
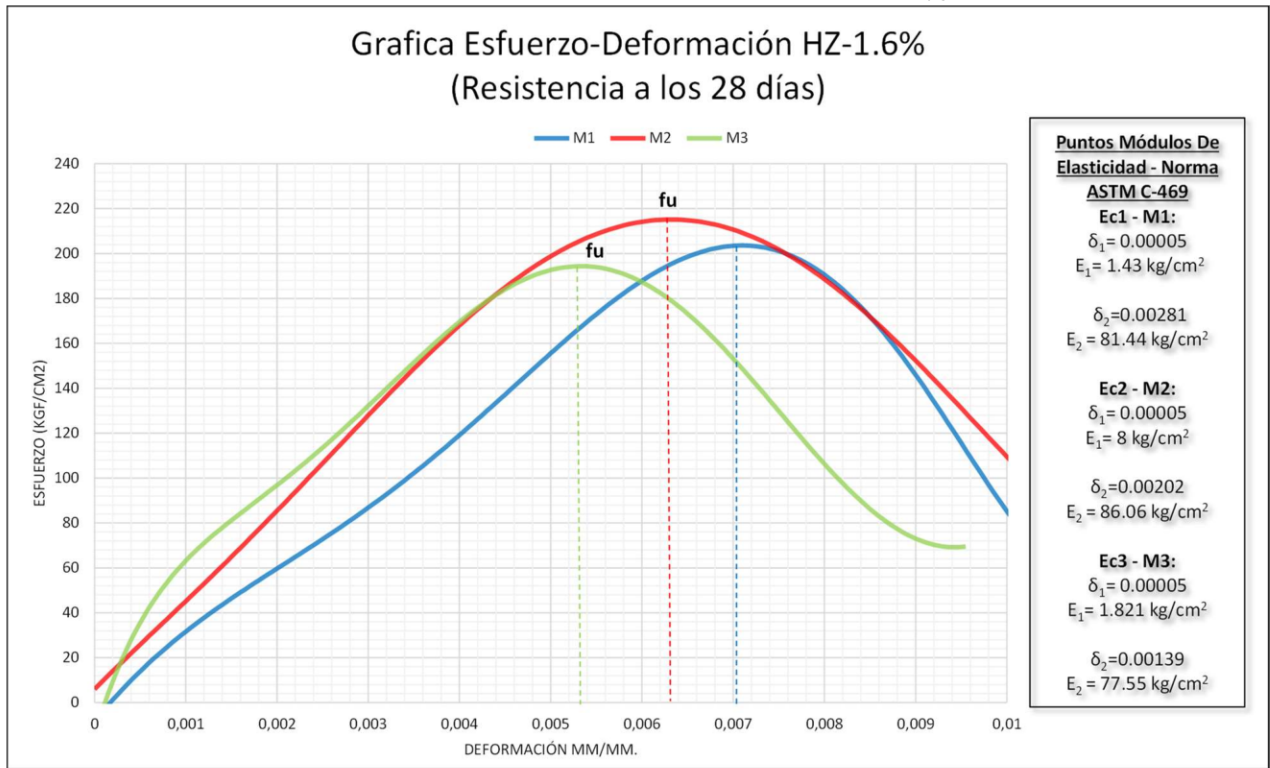
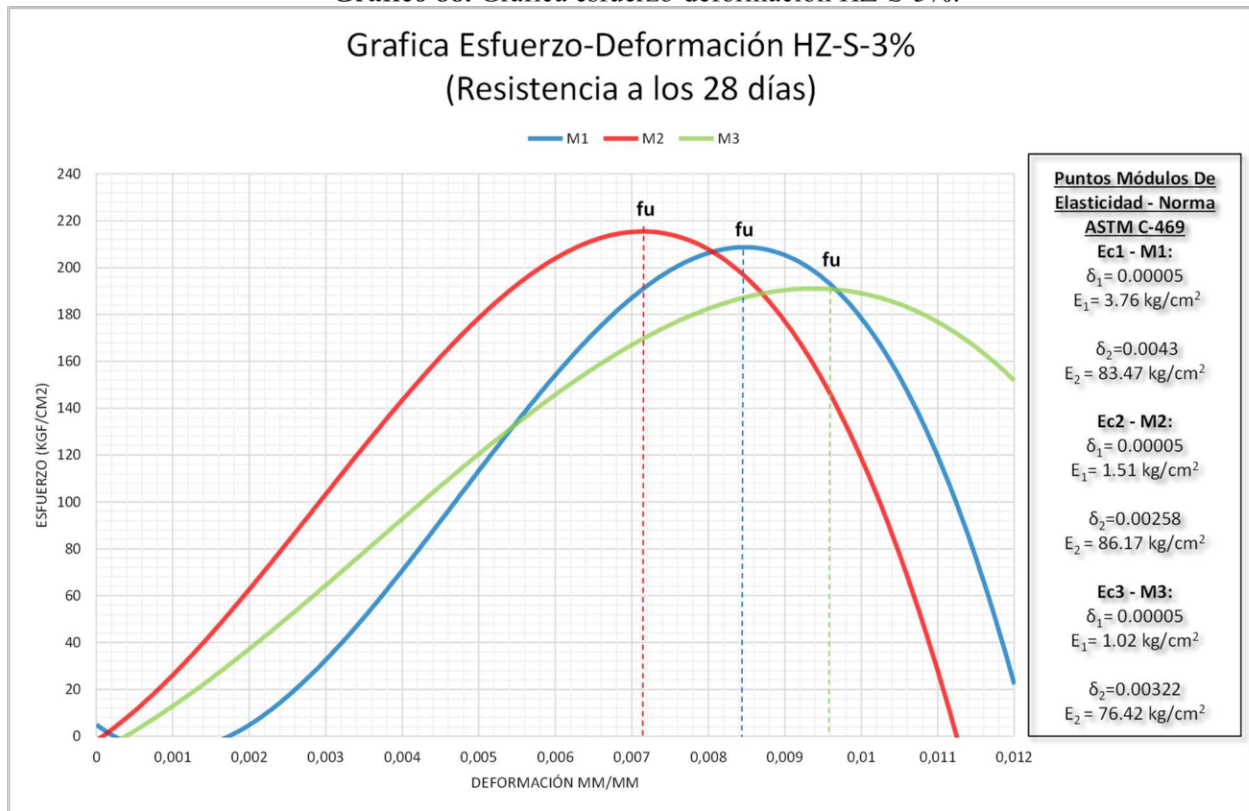


Gráfico 87. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-1.6%.



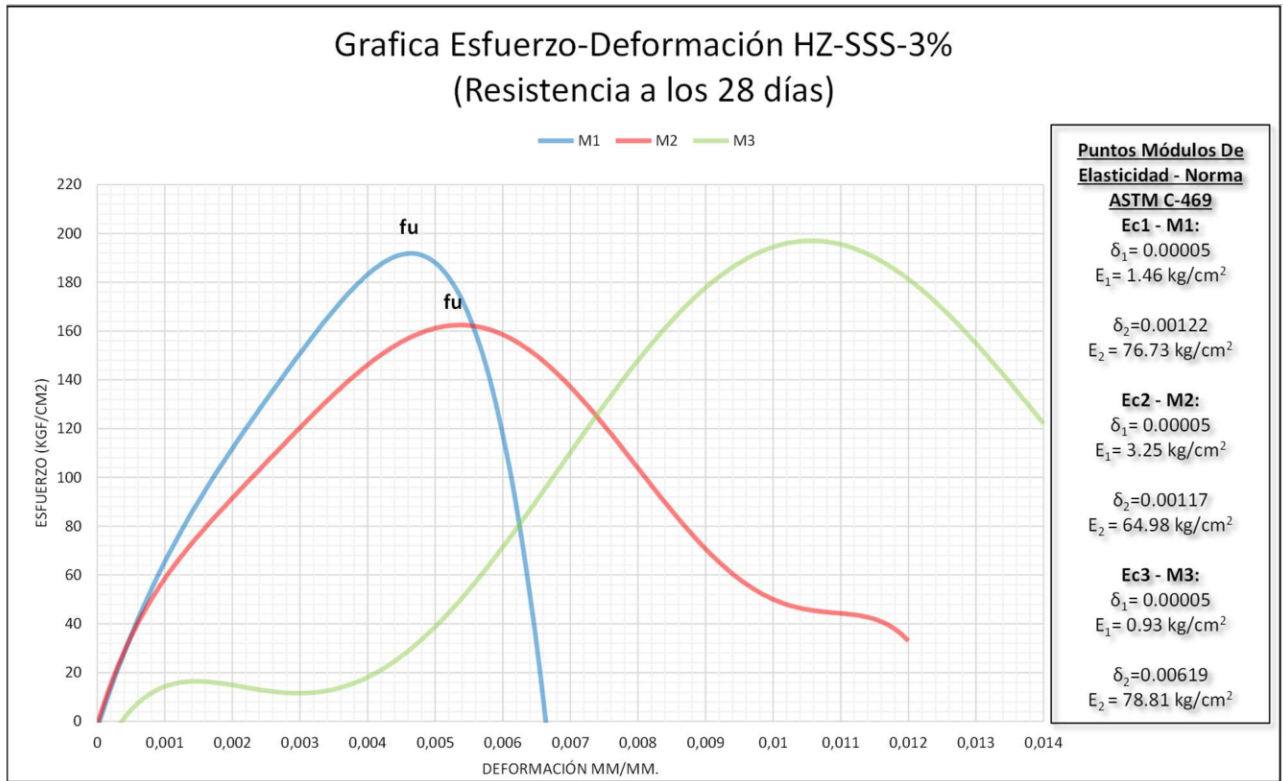
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 88. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-S-3%.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 89. Gráfica esfuerzo-deformación HZ-SSS-3%.

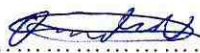


Fuente: Elaboración propia.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Christopher Geovanny Naranjo Urgiles y Pedro Esteban Rodas Torres portadores de las cédulas de ciudadanía N° 010711540-4 y 010718786-6. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de F’c 210kg/cm2 incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de febrero de 2023

F: 

Christopher Geovanny Naranjo Urgiles

C.I.: 010711540-4

F: 

Pedro Esteban Rodas Torres

C.I.: 010718786-6