



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**“RETRACCIÓN POR SECADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
EN UNA VIVIENDA TIPO UBICADA EN EL SECTOR URBANO DE
LA TRONCAL”.**

TUTOR:

ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, MSC.

AUTORES:

**OSWALDO ISRAEL AMAY LOZADA
JULIO CÉSAR HERRERA GUACHICHULLCA**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2019

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal	
AUTORES: Amay Lozada Oswaldo Israel Herrera Guachichullca Julio César	REVISORES O TUTORES: Alex Salvatierra Espinoza, MSC.
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2019	N. DE PAGS: 132 págs.
ÁREAS TEMÁTICAS: Ingeniería y construcción	
PALABRAS CLAVE: Retracción por secado, elementos estructurales, hormigón, fisuras.	

RESUMEN:

La retracción por secado hace referencia a una serie de deformaciones de carácter no instantáneo, que dependen directamente del tiempo, donde la gradiente de la humedad entre el material y el medio en el que se encuentra inmersa una estructura de hormigón o la aplicación de tensión que sobre pasa lo estimado tiende a incidir en los cambios irreversibles en los elementos estructurales de una construcción. Ante aquello, el presente estudio tiene como objetivo determinar los parámetros que influyen en el comportamiento de los elementos estructurales de una vivienda Tipo, debido a la retracción del hormigón, en el sector urbano de La Troncal. Para la parte experimental, el estudio determinó la construcción de tres pórticos de hormigón armado, los mismos que proporcionaría información relativa al proceso de retracción por secado de los materiales.

N. DE REGISTRO (en base de datos):**N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (tesis en la web):****ADJUNTO PDF:****SI****NO****CONTACTO CON AUTORES:**

Amay Lozada Oswaldo Israel

Herrera Guachichullca Julio César

Teléfono:

0939059510

0992451379

E-mail:oswaldoamay1@gmail.comstiff_master2009@hotmail.com**CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:**

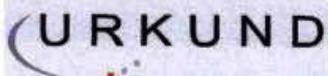
Alex Salvatierra Espinoza, MSC.

Teléfono: (04) 259 6500 **Ext.** 241**E-mail:** asalvatierrae@ulvr.edu.ec

Alex Salvatierra Espinoza, MSC.

Teléfono: (04) 259 6500 **Ext.** 241**E-mail:** asalvatierrae@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Marzo 2019 RETRACCION POR SECADO.docx (D52039796)
Submitted: 5/14/2019 2:54:00 PM
Submitted By: oswaldoamay1@gmail.com
Significance: 6 %

Sources included in the report:

Carlos - Liss - Proyecto de investigacion.docx (D16153079)
201607 prueba1.docx (D20998027)
TESIS ESTUDIO DE MATERIALES 09-02-2018.docx (D35658501)
Tesis MOSQUERA-TENELEMA.docx (D29183321)
<https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/Q107/q107jancement.html>
<https://revitalizatemexico.wordpress.com/2013/02/20/agrietamientos-por-retraccion-por-secado-en-el-concreto/>
10d5f949-32da-4788-8de1-9c97740365a7

Instances where selected sources appear:

21

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Amay Lozada Oswaldo Israel, Herrera Guachichullca Julio César, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **“Retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal”** corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

Oswaldo Israel Amay Lozada

C.I. 0921112884

Firma: 

Julio César Herrera Guachichullca

C.I. 0302258298

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **“Retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal”**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **“Retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal”**, presentado por los estudiantes Amay Lozada Oswaldo Israel, Herrera Guachichulca Julio César como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Alex Salvatierra Espinoza, MSC.

C.C. 0913059531

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por iluminar este arduo camino de estudio, a mis padres por ser un pilar fundamental y un apoyo incondicional en mi vida.

También agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción por inculcar e impartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de estos 6 años de estudio, de manera especial, al Ingeniero Alex Salvatierra Espinoza tutor de nuestro proyecto de titulación, por guiarnos con paciencia y sabiduría en nuestra investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Oswaldo Amay Carchi y Rosa Hortencia Lozada Acosta, quienes gracias a su esfuerzo y su amor me han permitido llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mi esposa Mayra Coronel Naranjo y a mi hija Aitana Amay, por ser las mujeres que me ha dado fuerza y apoyo en los momentos difíciles, siempre las llevo en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Sistematización del problema.....	4
1.5 Objetivos de la investigación.....	4
1.1.1. 1.5.1 Objetivo General.....	4
1.1.2. 1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6. Justificación de la investigación.....	4
1.7 Delimitación o alcance de la investigación.....	5

1.7 Hipótesis de la investigación	6
CAPÍTULO II.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación.....	7
2.2 Marco Conceptual.....	8
2.2.1 Materiales cementíceos.	8
2.2.2 Caracterización de los materiales	9
2.2.3 Agregados en la preparación de los hormigones hidráulicos	13
2.2.4 El hormigón	18
2.2.4.1 Generalidades	18
2.2.4.2 Propiedades físicas y mecánicas del hormigón	18
2.2.4.3 Propiedades del hormigón en estado fresco	19
1.1.3. 2.2.4.4 Propiedades del hormigón en estado endurecido	21
2.4.5 Medición de la rigidez	22
1.1.4. 2.4.5.1 Comportamiento elástico e inelástico.....	22
1.1.5. 2.4.6 Análisis de deformaciones.....	23
2.4.7 Micro estructura del Hormigón	25
2.4.8 Micro estructura durante el proceso de hidratación	26
2.4.9 El proceso de mezclado en las características del hormigón.....	26
2.4.10 Retracción.....	27
2.4.11 Retracción plástica.....	27
2.4.12 Retracción autógena	28

2.4.13 Retracción por secado del hormigón.	28
2.4.14 Factores que influyen en la retracción por secado del hormigón	32
2.4.15 Humedad relativa y tiempo de secado	32
2.4.16 Cantidad y tipo de agregados.....	33
2.4.17 Contenido de la pasta y la relación agua cemento.....	34
2.4.18 Influencia del tamaño del elemento de hormigón	35
2.5 Marco Legal.....	37
2.6 Conceptos empleados en la investigación	38
CAPÍTULO III	42
Marco metodológico.....	42
3.1 Tipo y diseño de la investigación	42
3.1.1 Tipo de investigación	42
3.1.2 Diseño de la investigación.....	42
3.2 Población y Muestra	43
3.2.1 Población y muestra.....	43
3.3 Métodos, técnicas y ensayos de investigación.....	43
3.3.1 Métodos	43
CAPÍTULO IV	44
Propuesta	44
4.1 Proceso constructivo de los pórticos	44
4.2 Diseños de hormigón.....	44

4.2.1.	Diseño de hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con Aditivo Plastocrete 161 He	45
4.2.2.	Diseño de hormigón tradicional $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	46
4.2.3.	Diseño de hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ con Fibras de polipropileno (Sika Fiber)	47
4.2	Equipos utilizados	48
4.3	Materiales	48
4.4.	Descripción del proceso constructivo de los pórticos.....	48
4.5	Descripción del ensayo de resistencia a la compresión.....	57
4.5.1	Toma de muestras en cilindros	57
4.5.2	Resistencias obtenidas de los cilindros de Hormigón	60
4.5.3	Procedimiento de medición	64
	Conclusiones.....	106
	Recomendaciones	107
	Bibliografía.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del cemento	10
Tabla 2. Consistencia del hormigón	19
Tabla 3. Tipo de fracturas.....	24
Tabla 4. Diseño de hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo plastocrete 161 He	45
Tabla 5. Diseño de hormigón tradicional $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	46
Tabla 6. Diseño de hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con fibras de polipropileno (sika fiber).47	
Tabla 7. Resistencia de compresión pórtico #1	61
Tabla 8. Resistencia de compresión pórtico #2	62
Tabla 9. Resistencia de compresión pórtico #3	63
Tabla 10. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-Columna (7 días)	65
Tabla 11. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-viga (7 días)	67
Tabla 12. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- columna (14 días)	69
Tabla 13. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- viga (14 días)	71
Tabla 14. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- columna (21 días)	73
Tabla 15. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- viga (21 días)	75
Tabla 16. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- columna (28 días)	77
Tabla 17. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- viga (28 días)	79
Tabla 18. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Columna (7 días)	82
Tabla 19. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Viga (7 días)	84
Tabla 20. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Columna (14 días)	86
Tabla 21. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Viga (14 días)	88
Tabla 22. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Columna (21 días)	90
Tabla 23. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Viga (21 días)	92
Tabla 24. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Columna (28 días)	93
Tabla 25. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-Viga (28 días)	95
Tabla 26. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Columna (7 días)	98
Tabla 27. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Viga (7 días)	98
Tabla 28. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Columna (14 días)	100
Tabla 29. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Viga (14 días)	100
Tabla 30. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Columna (21 días)	102
Tabla 31. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Viga (21 días)	102
Tabla 32. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Columna (28 días)	104

Tabla 33. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-Viga (28 días)	104
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura molecular de periclasa	12
Figura 2. Comportamiento elástico e inelástico del hormigón.....	23
Figura 3. Fisuras causadas por retracción plástica	28
Figura 4. Curvas de retracción-tiempo de ensayos experimentales de Wittmann (1987)	29
Figura 5. Fisura del hormigón provocada por la retracción por secado.	31
Figura 6. Efecto de la fluencia lenta sobre la tensión de tracción.	31
Figura 7. Relación entre la retracción y el tiempo para hormigones almacenados a diferentes humedades relativas. Tiempo a partir del final del curado	33
Húmedo a 28 días (Troxel, Raphael y Davis, 1958).	33
Figura 8. Efecto del contenido relativo de agregados y la relación de módulos sobre la retracción por secado del hormigón (Hansen y Almudaiheem, 1987).....	34
Figura 9. Efecto típico del contenido de agua del hormigón sobre la retracción por secado (USBR, 1981).....	34
Figura 10. Influencia de la relación A/C y el contenido de agregados en la..... retracción (Odman 1968).....	35
Figura 11. Influencia del tamaño de la probeta sobre la retracción (Bryant y Vadhanavikkit, 1987).	36
Figura 12. Restricción interna de la retracción.....	36
Figura 13. Trazado y replanteo.....	49
Figura 14. Fundidos de replantillo.....	49

Figura 15. Colocación de parrillas de plintos	50
Figura 16. Fundición de plintos	50
Figura 17. Colocación de encofrados	51
Figura 18. Fundición de pilares	51
Figura 19. Colocación de aditivos de fibras de polipropileno.....	52
Figura 20. Ensayo con el cono de Abrams	52
Figura 21. Levantamiento del molde y medición del hormigón.....	53
Figura 22. Armado de vigas	53
Figura 23. Desencofrado de vigas	54
Figura 24. Desencofrado de los encofrados laterales	54
Figura 25. Curado de columnas.....	55
Figura 26. Desencofrado de vigas de pórticos a 28 días	55
Figura 27. Muestra de hormigón con aditivo acelerante. Pórtico # 1.....	56
Figura 28. Muestra de hormigón tradicional. Pórtico # 2.....	56
Figura 29. Muestra de hormigón con fibras de polipropileno. Pórtico # 3.....	57
Figura 30. Toma de muestras en cilindros.....	58
Figura 31. Apisonado del hormigón por medio de una varilla lisa	58
Figura 32. Enrasado de los cilindros con muestra de hormigón.....	59
Figura 33. Colocación de etiquetas para identificación de pórticos en cada cilindro. ...	59
Figura 34. Curado de cilindros de hormigón.....	60
Figura 35. Máquina empleada para ensayo de compresión.....	60
de cilindros de hormigón.	60
Figura 36. Cilindro de hormigón con aditivo acelerante después der sometido a una carga para comprobar su resistencia a los 28 días	61

Figura 37. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón con aditivo acelerante	62
Figura 38. Cilindro de hormigón tradicional después der sometido a una carga para comprobar su resistencia a los 28 días.....	62
Figura 39. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón tradicional. .	63
Figura 40. Cilindro de hormigón con fibra de polipropileno antes de ser sometido a una carga.....	63
Figura 41. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón con aditivo plastificante.....	64
Figura 42. Primeras fisuras localizadas en la parte superior de la viga.....	64
Figura 43. Medición del largo de la fisura # 5=2,10 cm	66
Figura 44. Medición de la longitud de fisura # 4= 39,40 cm	66
Figura 45. Medición del ancho de las fisuras # 3, #4, # 6 = 0,3048 mm.....	66
Figura 46. Medición del largo de la fisura #4= 3,90 cm	68
Figura 47. Medición de la longitud de la fisura #7 = 62,80 cm	68
Figura 48. Ancho máximo de fisura #3= 0,4572 mm.....	69
Figura 49. Medición del largo de la fisura # 5= 2,15 cm	70
Figura 50. Medición de la longitud de fisura # 4= 47,60 cm	70
Figura 51. Medición del ancho de la fisura #4= 0,3048 mm.....	71
Figura 52. Medición de longitud de fisura #4= 4,40 cm	72
Figura 53. Medición de la longitud de fisura # 7= 88,15 cm	72
Figura 54. Medición del ancho de fisura #3= 0,6696 mm.....	73
Figura 55. Medición de la longitud de la fisura # 5 = 3,45 cm	74
Figura 56. Medición de la longitud de fisura # 4= 49,70 cm	74
Figura 57. Medición del ancho de fisura # 3, #4, #6= 0,3556 mm.....	75

Figura 58. Medición de la longitud de la fisura # 9 = 5,10 cm	76
Figura 59. Medición de la longitud de fisura #7= 88,15 cm	77
Figura 60. Medición del ancho de fisura # 3= 0,7112 mm.....	77
Figura 61. Medición de la longitud de la fisura # 5= 3,70 cm	78
Figura 62. Medición de la longitud de fisura #4 = 50,00 cm	79
Figura 63. Medición del ancho de fisura #3, #4, #6= 0,3556 mm.....	79
Figura 64. Medición de la longitud de la fisura #4 = 6,20 cm	81
Figura 65. Medición de la longitud de fisura # 7	81
Figura 66. Medición de ancho de fisura # 3 = 0,7112 mm.....	81
Figura 67. Medición de la longitud de la fisura # 5 = 3,15 cm	83
Figura 68. Medición de longitud de fisura # 2 = 9,10 cm	83
Figura 69. Medición de ancho de fisuras (0, 1016 mm – 0,2540 mm).....	83
Figura 70. Medición de la longitud de la fisura # 4= 1,90 cm	85
Figura 71. Medición de longitud de fisura # 9 = 39,40 cm	85
Figura 72. Medición del ancho de fisura #1, #5, #6 = 0,3048 mm.....	85
Figura 73. Medición de la longitud de fisura # 5= 3,75 cm	87
Figura 74. Medición de la longitud de fisura # 2= 13,20 cm	87
Figura 75. Medición del ancho de fisura # 5= 0,3048 mm.....	87
Figura 76. Medición de la longitud de la fisura # 4= 2,00 cm	89
Figura 77. Medición de longitud de fisura # 9= 49,25 cm	89
Figura 78. Medición del ancho de fisuras #5 y #6= 0,4064 mm	89
Figura 79. Medición de la longitud de la fisura #5 = 4,35 cm	91
Figura 80. Medición de la longitud de fisura # 2 = 15,25 cm	91
Figura 81. Medición del ancho de fisura # 5 = 0,3556 mm.....	91
Figura 82. Medición de la longitud de fisura #4= 2,95 cm	92

Figura 83. Medición de la longitud de fisura # 9= 55,20 cm	93
Figura 84. Medición del ancho de fisura #5= 0,5588 mm.....	93
Figura 85. Medición de la longitud de fisura # 5= 6,50 cm	94
Figura 86. Medición de la longitud de fisura # 2 = 17,90 cm	95
Figura 87. Medición del ancho de fisura #5= 0,5588 mm.....	95
Figura 88. Medición de la longitud de fisura # 4 = 4,90 cm	97
Figura 89. Medición de longitud de fisura # 9 = 59,50 cm	97
Figura 90. Medición de ancho de fisura # 5= 0,6604 mm.....	97
Figura 91. Medición de longitud de fisura # 2 = 4,20 cm	99
Figura 92. Medición de longitud de fisura # 1= 7,50 cm	99
Figura 93. Medición de ancho de fisuras #1 y #3= 0,3048 mm	99
Figura 94. Medición de la longitud de fisura # 2 = 5,10 cm	101
Figura 95. Medición de la longitud de fisura # 1= 7,95 cm	101
Figura 96. Medición del ancho de fisura # 1 = 0,3556 mm.....	101
Figura 97. Medición de longitud de fisura #2 = 5,17 cm	103
Figura 98. Medición de longitud de fisura # 1= 8,35 cm	103
Figura 99. Medición de ancho de fisura # 1= 0,3556 mm.....	103
Figura 100. Medición de la longitud de fisura #2 = 5,60 cm	105
Figura 101. Medición de la longitud de fisura # 1= 9,00 cm	105
Figura 102. Medición del ancho de la fisura # 1 = 0,4572 mm.....	105

RESUMEN

La retracción por secado hace referencia a una serie de deformaciones de carácter no instantáneo, que dependen directamente del tiempo, donde la gradiente de la humedad entre el material y el medio en el que se encuentra inmersa una estructura de hormigón o la aplicación de tensión que sobre pasa lo estimado tiende a incidir en los cambios irreversibles en los elementos estructurales de una construcción. Ante aquello, el presente estudio tiene como objetivo determinar los parámetros que influyen en el comportamiento de los elementos estructurales de una vivienda Tipo, debido a la retracción del hormigón, en el sector urbano de La Troncal. El levantamiento de la información se basó en el uso de una modelo de investigación exploratoria de carácter experimental debido a las muestras solicitadas para el ensayo de la retracción por secado en las viviendas ubicadas en el recinto Voluntad de Dios de dicho cantón. Para la parte experimental, el estudio determinó la construcción de tres pórticos de hormigón armado, los mismos que proporcionaría información relativa al proceso de retracción por secado de los materiales. Los resultados demostraron la presencia de fisuras en las diversas estructuras construidas, por lo que se la retracción por secado en elementos estructurales provocada por la pérdida de agua incide en la disminución del volumen del hormigón.

Palabras claves: Retracción por secado, elementos estructurales, hormigón, fisuras.

ABSTRACT

The drying retraction refers to a series of deformations of non-instantaneous character, which depend directly on the time, where the gradient of the moisture between the material and the medium in which a concrete structure is immersed or the application of Stress that over-passes the estimated tends to affect the irreversible changes in the structural elements of a construction. Before that, the present study aims to determine the parameters that influence the behavior of the structural elements of a dwelling type, due to the retraction of concrete, in the urban sector of the trunk. The lifting of the information was based on the use of an exploratory research model of experimental character due to the samples requested for the test of the retraction by drying in the dwellings located in the will of God enclosure of that Canton. For the experimental part, the study determined the construction of three reinforced concrete porches, which would provide information on the process of retraction by drying the materials. The results showed the presence of fissures in the various structures constructed, so the retraction by drying in structural elements caused by the loss of water affects the decrease in the volume of the concrete.

Key words: drying retraction, structural elements, concrete, fissures.

INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más empleados en la construcción, debido a sus propiedades mecánicas, de las cuales sobresale la resistencia ante esfuerzos de compresión. El concreto no posee un buen comportamiento ante esfuerzos de tracción, por lo que es necesario asociarlo con el acero, recibiendo el nombre de hormigón armado; el cual permitirá al elemento estructural, soportar esfuerzos de tracción y compresión.

En la actualidad, la retracción por secado en el hormigón se considera uno de los problemas más comunes para el constructor, ya que el hormigón en los últimos años, a través de la implementación de nuevos cementos, aditivos y adiciones, han dado buenos resultados en lo que se refiere a mayor eficiencia (resistencia y trabajabilidad), pero han generado una mayor tendencia a fisurarse a temprana edad, lo cual es un problema si esta situación no es manejada de manera adecuada.

En el cantón La Troncal, la mayoría de edificaciones presentan fisuras debido a la falta de conocimiento del tema, por eso se ha decidido realizar esta investigación para conocer mejor este tipo de problema, poder plantear soluciones que permitan la optimización del concreto, en lo que se refiere a sus propiedades plástico-mecánicas.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Retracción por secado en elementos estructurales, en una vivienda tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal

1.2 Planteamiento del problema

En el área de la construcción, son varios los problemas que se presentan en relación al acabado del hormigón. Debido a esto, la relevancia del análisis de la presencia de estos fenómenos radica principalmente en la calidad y diseño de la estructura, así como en su durabilidad. Ante aquello, la problemática surge por la disminución del tiempo de vida de las estructuras de hormigón, donde la contracción o retracción por secado tienden a generar daños estructurales de carácter irreversibles que origina deformaciones en la parte constructiva.

Por tanto, este impedimento logra ejercer una importante figuración la misma que tiente con la durabilidad y futuro comportamiento estructural del hormigón, debido a que las fisuras además de generar el debilitamiento del material, facilita la agresividad física y química, especialmente de la parte estructural (hierro) que pueden afectar la capacidad de soporte a las cargas del diseño, así como el deterioro de la apariencia o fachada.

Existen varios factores de las cuales depende el nivel de propagación de las fisuras y los ingenieros debemos estar día a día de la mano de la tecnología. Las tecnologías en el hormigón contribuyen con el desarrollo y evolución de la industria de la construcción.

En este sentido, la retracción por secado es considerada como la deformación más significativa no dependiente de las cargas aplicadas que se genera en el hormigón convencional sano por lo que se constituye en una de las causas fundamentales para la fisuración del mismo. Entre los parámetros con características no dependientes del hormigón que condicionan la retracción por secado se encuentra

la humedad relativa, la velocidad y tiempo de duración del secado, así como las dimensiones lineales del elemento estructural.

La problemática se encuentra fijada en la pérdida del agua que genera el proceso de retracción por secado correspondiente a la pasta, donde los elementos agregados actúan como complementos de restricción interna que minimizan al máximo la magnitud de la misma. Por tanto, en primera instancia se genera la pérdida del agua libre, lo que genera poca o ninguna contracción. A medida que el proceso de secado continua, se genera la pérdida del agua absorbida, es decir aquella que se encuentra en un mínimo contacto con la superficie sólida de las porosidades y vacíos del concreto endurecido, lo que determina que el agente de una mayor causante de la deformación estructural es la pérdida gradual del agua absorbida y del agua inmersa en la intercapa del gel de cemento hidratado.

Bajo este contexto, la retracción por secado en elementos estructurales surge por la intervención directa de múltiples factores, los mismos que se encuentran vinculados a la composición directa del hormigón y las diversas condicionantes medioambientales de aspectos expositivos, donde destaca la humedad y las temperaturas ambientales, así como las dimensiones, formas, cantidad y distribución de la base estructural de la obra.

El estudio se ejecutará en la construcción de una vivienda típica ubicada en el cantón La Troncal perteneciente a la provincia del Cañar donde el proceso constructivo de las viviendas pequeñas y medianas tienden a presentar un proceso de retracción por secados en sus elementos estructurales, lo que conlleva a generar la presencia de agrietamiento y fisuras en la construcción que incide en la pérdida progresiva de la calidad constructiva en la obra.

En este sentido, resulta importante realizar un análisis de los factores que inciden en la retracción por secado de los elementos estructurales para determinar acciones correctivas que mitiguen la pérdida en la resistencia del hormigón.

1.3 Formulación del problema.

¿Qué factores inciden en la retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda Tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal?

1.4 Sistematización del problema.

- ¿Cómo afecta estructuralmente la retracción, considerando el tipo de sección y longitud?
- ¿Cuál sería el método más efectivo para contrarrestar la retracción por secado en elementos estructurales?
- ¿De qué manera las dimensiones estructurales inciden en la magnitud de la retracción por secado de los elementos estructurales
- ¿Cómo los cambios de temperatura en el proceso de fraguado?

1.5 Objetivos de la investigación.

1.1.1. 1.5.1 Objetivo General.

Experimentar la retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda Tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal.

1.1.2. 1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer la afectación estructural en la retracción por secado de los elementos estructurales en base al tipo de sección y longitud empleado en el proceso constructivo.
- Determinar el método que permita contrarrestar la retracción por secado en elementos estructurales.
- Identificar como las dimensiones estructurales incide en la magnitud de la retracción por secado de los elementos.

1.6. Justificación de la investigación.

Uno de los problemas más comunes que el profesional debe enfrentar, al momento de fundir un elemento estructural, es el fisuramiento que se produce por el

secado del hormigón. En el Cantón La Troncal este problema se viene dando siempre y las personas dedicadas a la construcción a menudo no tienen el conocimiento necesario y técnico que les ayude a sobrellevar este tipo de eventos muy cotidianos en las obras civiles.

Es por eso que, el propósito de esta investigación es analizar la retracción por secado de las vigas y columnas de una vivienda, considerando factores como: la humedad relativa del medio físico, temperatura, relación agua-cemento, duración del secado, dimensiones lineales del elemento estructural.

Una vez obtenido los resultados podremos deducir y aportar a la comunidad estudiantil y a su vez al gremio dedicado a la construcción con conceptos básicos, técnicos que nos permitan establecer los diferentes procedimientos para prevenir y contrarrestar las fisuras en las edificaciones del Ecuador.

1.7 Delimitación o alcance de la investigación.

En esta investigación se analizará la retracción por secado del hormigón, tomando muestras de los elementos estructurales de una vivienda Tipo, ubicada en el recinto “Voluntad de Dios”, perteneciente al sector urbano de La Troncal, provincia del Cañar.

Para la observación y toma de datos, se hará un seguimiento a 3 pórticos de hormigón armado, los cuales estarán clasificados de la siguiente manera: el primer pórtico conformado por hormigón simple, el segundo contendrá hormigón con un aditivo acelerante y el tercer se constituirá de un hormigón con fibras de polipropileno.

Los datos obtenidos serán analizados para poder deducir cuál de los 3 prototipos resultó con un porcentaje mínimo de fisuras y por ende ser recomendado como el más idóneo para controlar el apareamiento de fisuras.

Campo:	Educación Superior Pregrado
Área:	Ingeniería Civil
Aspecto:	Investigación experimental

Tema:	“Retracción por secado en elementos estructurales, en una vivienda Tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal”.
Delimitación Espacial:	Vivienda Tipo en el sector urbano de La Troncal.
Delimitación Temporal:	2018 – 2019

1.7 Hipótesis de la investigación

- La retracción por secado en elementos estructurales se podrá disminuir mediante la aplicación de aditivos o fibras.

CAPÍTULO II

2.1 Antecedentes de la investigación

Uno de los problemas presentados en la durabilidad de las estructuras, hace referencia a la fisuración generada como resultado de la retracción por secado, la misma que se proyecta como una vía preferencial que permite el ingreso de una diversidad de agentes nocivos al acero de la estructura.

En el Cantón La Troncal, algunas edificaciones presentan fisuras en sus elementos de hormigón armado, en pavimentos rígidos, etc. La falta de conocimiento técnico por parte de la mayoría de constructores ha contribuido a que estos problemas de fisuras sigan apareciendo en las edificaciones, todo esto debido a no elaborar un hormigón que cumpla con características adecuadas.

La retracción por secado del hormigón es algo cotidiano que puede verse a simple vista cuando estamos en obra, ocurre por diversos factores en los que se destaca la pérdida de humedad del material. La pérdida progresiva de agua provoca que el volumen del hormigón disminuya y permite el apareamiento de fisuras.

En consecuencia, estas fisuras crean una alteración en el campo de las humedades ya que representan vías preferencia para el proceso difusor de la humedad, resultando en este sentido un factor acoplado de los efectos mecánicos y de difusión. Por otra parte, las distribuciones de temperatura, sumándose a ello las diversas deformaciones térmicas juegan un papel relevante en la retracción por secado de las estructuras que tienden a generar un desgaste en la calidad de la obra.

Este desgaste que se genera en el hormigón debido a las fisuras podrían limitar la capacidad de resistencia a la tracción, en algunos casos podrían pasar de un problema de fisuras a un agrietamiento en la estructura, lo que conlleva al deterioro futuro de la construcción. Para evitar estos problemas sería indispensable estudiar la manera de contrarrestar o disminuir este tipo de fenómeno.

Hoy en día existen muchas edificaciones afectadas por la retracción por secado, las cuales tienen que ser reparadas constantemente. Estos gastos significan pérdida económica para los dueños y más aún para el contratista que se hizo cargo de la obra. La mayoría de veces el contratista por ahorrarse en materiales o hacer el hormigón más trabajable, altera la relación agua cemento, lo que da como resultado un concreto de mala calidad y con riesgos de presencia de fisuras o grietas.

Las situaciones mencionadas anteriormente reflejan la importancia de mitigar el agrietamiento por retracción de secado, por lo que se debe hacer una investigación experimental sobre la retracción en elementos estructurales en una vivienda Tipo. en el recinto “Voluntad de Dios”, perteneciente al sector urbano de La Troncal, provincia del Cañar, que permita contribuir a la solución de la problemática presentada.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Materiales cementíceos.

Este tipo de material son utilizados en los procesos de construcción de edificaciones debido a sus componentes integrados por arcilla y sindicatos de calcio que, al añadirse con proporciones de agua se logra un proceso de fraguado que se deriva en la solidificación del mismo. Entre los materiales que integran esta clasificación se encuentra el cemento, la cal y el yeso (Helene & Pereira, 2014, pág. 14).

En este sentido, la norma propuesta para este tipo de materiales es la WK12964 que facilitará la mezcla de diversos materiales cementíceos suplementarios, el mismo que se encuentra regido por la ASTM International sobre concreto y aditivos (Daderko, 2015). Por tanto, la mezcla de dichos materiales logra dar un efecto sinérgico que tiene como resultado un concreto con características resistentes y duraderas. Sin embargo, aún no se logra definir una norma que regule de manera directa la mezcla de materiales, por lo que el uso de tecnologías de mezclado se encontraba direccionada a las grandes productoras que poseían múltiples silos (Daderko, 2015).

2.2.2 Caracterización de los materiales

2.2.2.1 Cemento

El cemento, es considerado un conglomerado hidráulico con características inorgánicas que forma parte de los materiales de construcción, compuesto por la mezcla de caliza y arcilla previamente molidas, cuyas propiedades determina un endurecimiento posterior a la mezcla con el agua. En este sentido, el (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2015) manifiesta que, “el producto final del proceso de molienda de estas rocas es conocido con el nombre de clinker y se tiende a convertir en cemento cuando se procede a agregar una pequeña proporción de yeso con el objetivo de evitar la contracción de la mezcla al momento de fraguar” (p. 89).

En concordancia con lo manifestado, la investigación demuestra la presencia básica de dos tipos de cemento, entre los que se encuentran:

2.2.2.1.1 De origen arcilloso

El mismo que se obtiene a través de la arcilla y la mezcla con la piedra caliza en proporciones determinadas de 1-4 aproximadamente (IECA-2015).

2.2.2.1.2 De origen puzolánico

Desde esta perspectiva, la puzolana del cemento, considerados los materiales de silíceos o aluminio-silíceos permiten dar origen al cemento, el mismo que puede ser orgánico o volcánico (IECA-2015).

Debido a esto, desde la óptica química se trata de una mezcla entre silicatos y aluminos de calcio, que se obtiene por medio del cocido calcáreo, arcilla y arena, donde el material resultante es molido y, una vez mezclado con agua se logra hidratar y solidificar de manera progresiva. Ante aquello, los requisitos físicos y químicos se encuentran regidos bajo la norma NTE INEN 2380 (que equivale a la norma ASTM C 1157).

2.2.2.1.3 Cemento Portland

Es uno de los cementos más utilizados, especialmente en la preparación de hormigón, producto obtenido a través del proceso de pulverización del *Clinker portland* con la adición de una o más formas de yeso; tomando en consideración que la adición de otros elementos lo incida en las propiedades del cemento resultante. Por ello, todos los productos adicionales deben ser pulverizados de manera conjunta con el clinker (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2014).

La mezcla directa de agua con el cemento portland permite obtener un producto con características plásticas y propiedades de adherencia que tiende a solidificarse en el transcurso de horas cuyo proceso de endurecimiento es progresivo durante el lapso de semanas hasta lograr su resistencia característica, por lo que dicho proceso se lo conoce con el nombre de hidratación mineral (IMCYC, 2014).

Según (Vallejo, 2012, pág. 23) “la calidad del cemento portland se ajusta a la norma ASTM C 150, por lo que en Europa debe coincidir con la norma EN 197-1. Ante aquello, es evidente la evolución del cemento portland a través del tiempo, por lo que se fija en la siguiente línea de tiempo:

Tabla 1. Evolución del cemento

AÑO	EVENTO	PAÍS
1825	Aparecen las primeras fábricas de cemento	Inglaterra
1850	Instalación de primeras fábricas	Alemania, Francia, EE.UU
1870	Fabricación de cemento	Alemania, Francia, EE.UU
1901	Instalación de una fábrica de pequeño tamaño	Guatemala
1906	Instalación de una fábrica con capacidad de producción de 20.000 toneladas por año	México
1908	Funciona la primera planta de cemento	Chile

Fuente: Inecyc.org (2014)

2.2.2.1.4 Hidratación del cemento portland

Cuando el cemento Portland se mezcla con agua, existe cierta velocidad de reacción de estos elementos, dicha reacción depende o está ligada algunos factores entre los cuales se tiene el tamaño de las partículas, la temperatura de hidratación y sobre todo su estructura.

La estructura molecular influye mucho en el proceso de hidratación de un cemento, es por eso que componentes con una composición química parecida, tengan velocidades de hidratación y todo esto debido a las estructuras con las que se componen. Los silicatos cálcicos se clasifican 2 tipos: C3S y β C2S, los mismos que contienen pequeñas cantidades de magnesio, alúmina, sodio, potasio y sulfuro. Los nombres con los que se conocen a estos componentes son: Alita y Belita.

La alita presenta 3 formas estructurales: monoclinica, triclinica y trigonal. Ésta presenta en su estructura un gran número de huecos, en lo que se puede deducir que existe una gran cantidad de energía que genera cuando existen reacciones. La Belita posee una estructural parecida al de la alita solo que sus huecos intersticiales son menores lo que lo hace menos reactivo que la alita.

“La mayoría de los aluminatos cálcicos proceden del $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. C3A es el principal componente de los aluminatos en el cemento portland. Al igual que los silicatos los aluminatos C3A y C4AF contienen en su estructura cantidades significativas de impurezas como magnesio, sodio, potasio y sílice. La estructura “pura” del C3A es cúbica, pero al contener impurezas esta se vuelve octaédrica. Al igual que la alita, la estructura de C3A, posee también una gran cantidad de huecos lo que hace que sea altamente reactivo.

La magnesia, procede generalmente de los áridos dolomíticos, solo el 2% del total presente en el cemento se mezcla el resto produce periclasa. La hidratación de la periclasa es lenta y expansiva, pudiendo causar la rotura del hormigón armado.” (Marín, 2013)

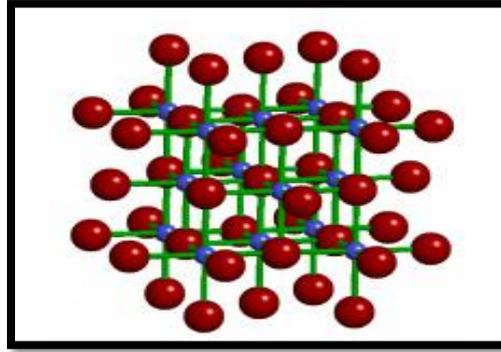


Figura 1. Estructura molecular de periclase

Fuente: (Marín, 2013)

2.2.2.2 Cementos utilizados en Ecuador

En el Ecuador el consumo de cemento mantiene un ritmo de crecimiento consolidado y en donde 4 empresas producen este tipo de material de construcción. Entre el año 2007 y 2012, el movimiento fue del 7 % anual y en el año 2013, llegó al 10%, con 6,6 millones de toneladas anuales.

El líder del mercado local es la multinacional Holcim, esta compañía suiza tiene una participación del 66 % según datos proporcionados por el Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (Inecyc).

La EPCE es una empresa pública que nació en noviembre del 2013, como resultado de la fusión de las empresas Cemento Chimborazo, que en su mayoría la pertenecía al Estado y Cementos Guapán cuyo dueño era el Biess y que el Estado adquirió el 100% de sus acciones. Luego de esta fusión se creó una tercera empresa público-privada Unión Cementera Nacional (Ucem), cuya participación accionaria le pertenece en un 94,7% al Estado y el restante 5,3% corresponde a accionistas minoritarios que tenían participación en Cementos Chimborazo, desde su creación en los años 50.

En la actualidad, la planta ubicada en Selva Alegre tiene una capacidad de producción de 1 600 000 toneladas de cemento. A escala global, en el 2013 la compañía vendió 137 millones de toneladas de cemento y facturó USD 20 600 millones. Es considerada una de las gigantes del sector, lo que se confirma al conocerse que opera en 64 países, suma más de 64 000 empleados y 708 canteras.

2.2.3 Agregados en la preparación de los hormigones hidráulicos

2.2.3.1 Áridos

Los agregados que se utilizan en la preparación de los hormigones hidráulicos son: áridos gruesos y áridos finos y estos deben ser, partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. “En caso de mezclas de áridos fino y grueso el árido debe separarse en dos fracciones, utilizando el tamiz INEN 4.75 mm, así, los áridos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm (No. 4) se consideran áridos gruesos y el material pasante árido fino (arena)” (NTE – INEN 0872).

2.2.3.1 Propiedades de los agregados gruesos

Los agregados gruesos deben cumplir propiedades indispensables para la elaboración de un hormigón, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Forma de la partícula
- Granulometría
- Propiedades físicas y mecánicas
- Textura

2.2.3.2 Propiedades de los agregados finos

Se considera agregado fino al material pasante del tamiz INEN 4.75 mm (No. 4) y puede ser arenas naturales, arenas producto de la trituración, o una mezcla de ambas; las propiedades principales que deben cumplir son granulometría y módulo de finura, así como también su contenido orgánico.

2.2.3.2 Agua

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2617, establece los requisitos que deben cumplir el agua a utilizarse en la preparación de hormigones hidráulicos. Esta norma para el agua de mezcla permite el uso de agua potable, agua de mezcla compuesta por fuentes de agua no potable o de las operaciones de producción de hormigón.

El ACI recomienda las cantidades de agua a utilizarse según el tamaño máximo de agregado y revenimiento de las mezclas, utilizando materiales granulares angulares o con materiales utilizando agregado redondeado.

Según el Instituto de la Construcción y del Cemento, se deben rechazar las aguas con:

- Presencia de hidratos de carbono.
- Contenido de SO_3 (ácido de azufre) superior a 0.30 g/l
- PH inferior a 6 o superior.

2.2.3.3 Aditivos

Los aditivos se refieren al conjunto de materiales que no se encuentran en la elaboración rutinaria del concreto, es así que se añaden al momento en que se realiza la mezcla. (Varona, López, & Bañón, 2012) Los aditivos principales usados en la mezcla son:

- **Acelerantes:** Permiten acelerar el fraguado, ayudando a mejorar la resistencia del concreto, es así que se utiliza el cemento tipo III (contiene aditivo acelerador), siendo el calcio, para esto se emplea la norma ASTM D98 y probarse con la norma ASTM D345. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)

- **Plastocrete 161 HE**

Es un aditivo líquido para hormigón, diseñado para cumplir la norma ASTM C-494 Tipo E; aditivo químico reductor de agua y acelerante de resistencias.

Usos

- Altas resistencias a temprana edad
- Aumenta la trabajabilidad
- Disminuir el contenido de cemento, al reducir el agua y mantener la relación agua cemento.

Datos técnicos

Aspecto: Líquido color ambar oscuro

Densidad: 1.10kg/l. aproximadamente

Dosificación: 0.2% - 2.5% del peso del cemento

- **Plastificantes:** Facilita la plasticidad de la masa de cemento, es así que son resistentes, durables, resistentes a la abrasión, pues, permiten efectos lubricantes debido a que provienen de productos orgánicos, sin embargo, tienen un efecto retardante en el fraguado del concreto. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)
- **Inclusores de aire:** Permite mejorar la durabilidad, descamación y manejabilidad del concreto expuestos a la humedad (congelación-fusión), pues, contiene burbujas pequeñas de aire para distribuir adecuadamente la pasta del cemento. Para probar aditivos inclusores se considera la norma ASTM C260 y C233, mientras que para requisitos aplicables se presentan en la norma ASTM C175 y C595. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)
- **Puzolanas:** Permite controlar las temperaturas internas, utilizando cemento tipo II, IV, IS o P, entre los materiales que contiene se encuentran el silíceo y aluminoso, tipificadas en la norma ASTM C219, estos junto con el hidróxido de calcio facilitan la elaboración de compuestos. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)
- **Reductores de agua:** Facilitan la reducción del agua, por, ende, aumento el nivel de revenimiento del concreto, puesto que incrementa la resistencia del concreto, esto a pesar que retarda el tiempo de fraguado o al incluir aire en el concreto preparado. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)
- **Retardadores:** Facilita retardar el tiempo de fraguado inicial, incide en el aumento de temperatura a la mezcla de concreto, especialmente en pilas de puentes, pozos petroleros o bombeo del concreto, empleando a grandes distancias, lo cual permite que el efecto de este aditivo sea el óptimo. (Varona, López, & Bañón, 2012, p. 23)
- **Otros:** En los que se incluye los agentes contra la humedad, permeabilidad, lechadas y los formadores de gas.

Acorde a las especificaciones técnicas, los aditivos utilizados en la mezcla del concreto deben ser probados previamente con los materiales tanto con la humedad y

temperatura en la cual se encuentra la obra. Adicionalmente, cuando se fabrique concreto se puede considerar criterios para variar proporciones o ingredientes.

2.2.3.4 Fibras empleadas en el hormigón

Las fibras que se emplean en la elaboración de un hormigón pueden ser de tres tipos: orgánicas, minerales y metálicas. Entre las fibras más usadas están las de acero, tanto para morteros y hormigones. Las fibras de vidrio se las ocupan para morteros y las fibras plásticas sirven para obtener hormigones que ayudan a controlar la fisuración y sean resistentes a choques o impactos.

2.2.3.4.1 Fibras metálicas

Las fibras de acero son las más comunes, ya que son económicas y eficaces, también poseen un elevado módulo de elasticidad, diez veces superior al hormigón.

La incorporación de fibra de acero produce:

1. Aumento de la resistencia a flexo tracción y tracción.
2. Un ligero aumento de la resistencia a la compresión.
3. Aumento de la resistencia a fatiga y tenacidad.

2.2.3.4.2 Fibras Polipropileno (SikaFiber)

Este tipo de fibras plásticas están formadas por un material polimérico (polipropileno, polietileno de alta intensidad). Estas fibras se pueden añadir de forma homogénea al hormigón, mortero o pasta. Son fibras químicamente inertes, no producen corrosión interna y tienen una gran resistencia a los ácidos minerales, básicos y sales orgánicas, son estables y no absorben agua.

El uso de Sika Fiber es actuar como refuerzo secundario en concretos y morteros, así como reducir los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco y por temperatura en estado endurecido.

De manera general las propiedades fundamentales las podemos resumir en:

- Absorción 20°C.....Ninguna
- Gravedad Específica (según ASTM-D1505).....0.9 g/m³

- Longitud de fibra..... 19 mm
- Índice de fluidez (Según Norma ASTM-D1238).....0.3 g/seg
- Punto de Ignición.....590 C°
- Conductividad Térmica.....Baja
- Conductividad Eléctrica.....Baja
- Resistencia química a los ácidos o álcalis.....Inerte
- Resistencia a la Tensión.....80 K.S.I
- Dosificación.....600 g/m³

Las funciones de estas fibras son las siguientes:

- Reducir el fisuramiento.
- Aumento de la tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto.
- Mejora la resistencia a flexión.

2.2.3.4.3 Fibras Orgánicas

Los trabajos de investigación en el campo de las fibras naturales como refuerzo de hormigones y morteros han estado muy determinados por las fibras propias que posee cada país, totalmente con carácter local, y se ha trabajado en la búsqueda de soluciones de cubiertas y en estudiar la durabilidad fundamentalmente.

Dentro del amplio espectro de fibras orgánicas que se utilizan o son factibles de utilizar para reforzar hormigones tenemos:

- Fibras de Coco.
- Fibras de Sisal.
- Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar.
- Fibras de Yute.

- Fibras de Madera.

2.2.4 El hormigón

2.2.4.1 Generalidades

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014), hace referencia que el hormigón es un material utilizado en la construcción, el mismo que se deriva de compuestos como partículas de áridos, y mezclado con agua. Esta mezcla de materiales constituye en sí, una pasta que sirve como adherente y que con el paso de algunas horas forma una capa resistente. La cual se prepara con piedra triturada o grava de canto rodado, arena, cemento, agua y en ocasiones se puede utilizar aditivos.

El hormigón se encuentra conformado de elementos como:

- Agregados: Se deriva finos como la arena, siendo inferior a $\frac{1}{4}$ de pulgada, mientras que los gruesos son superiores a $\frac{1}{4}$ de pulgada
- Pasta de cemento: Se constituye de un 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto. Por ende, el volumen es del 7% y 15% mientras que cuando presentan características como aire incluido se forma de 8%.

2.2.4.2 Propiedades físicas y mecánicas del hormigón

Las propiedades del hormigón dependen de estado en el que se encuentre en reposo, iniciando con el fraguado, pues, pasa del estado plástico al sólido, es así que en 28 días alcanza una resistencia de 95%. De tal modo que cuando el hormigón atraviesa por el estado de endurecimiento va perdiendo la humedad e incluso la resistencia, por consiguiente, es necesario hidratar mediante el proceso de curado. (Escuela de Ingeniería Técnica Civil, 2012).

2.2.4.3 Propiedades del hormigón en estado fresco

2.2.4.3.1 Consistencia

Es la facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse, cuando todas las partículas del cemento se han hidratado completamente, y adquiere cierta plasticidad. Depende de varios factores; cantidad de agua de amasado, tamaño máximo, granulometría, y forma de los áridos

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos, fluidos y líquidos, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. Consistencia del hormigón

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO EN CONO DE
	ABRAMS (cm)
SECA (S)	0 a 2
PLÁSTICA (P)	3 a 5
BLANDA (B)	6 a 9
FLUIDA (F)	10 a 15
LÍQUIDA (L)	≥ 16

Fuente: (MONTROYA MESSEGUER, pág. 76)

2.2.4.3.2 Trabajabilidad

La trabajabilidad se refiere a la facilidad con que los materiales que componen un hormigón (áridos, cemento, agua y aditivos) pueden mezclarse, transportarse y colarse, conservando siempre su homogeneidad. La trabajabilidad depende, entre otros factores, de los siguientes:

- a) Cantidad de agua en la mezcla.
- b) Granulometría de los áridos, entre más arena tiene es más trabajable el hormigón, pero afecta a la resistencia del hormigón al necesitar más agua de la necesaria.
- c) La trabajabilidad es mayor con áridos redondeados.

d) Cantidad y la finura del cemento.

e) Aditivos minerales o químicos que se emplee.

2.2.4.3.3 Homogeneidad

Se dice que el hormigón es homogéneo cuando los materiales empleados están correctamente distribuidos en toda la mezcla realizada en una sola amasada. La homogeneidad depende de la mezcla, del transporte, colocación, puede ser afectada por segregación o decantación.

2.2.4.3.4 Cohesión

Es una propiedad del hormigón fresco por la cual la mezcla conserva su estado de homogeneidad, tanto en estado de movimiento como en reposo de moldes y encofrados.

2.2.4.3.5 Segregación

La segregación se produce cuando los componentes del hormigón se separan después de ser amasado, se presenta cuando los hormigones no tienen cohesión, por lo tanto, la mezcla no es homogénea. La cantidad de agua es muy importante en esta propiedad ya que, en un hormigón seco, el agregado grueso se separa del agregado fino, y si la cantidad de agua es excesiva el mortero se separa de la mezcla quedando segregado el agregado grueso, también se puede presentar en hormigones trabajables, ásperos, cuando tienen exceso de alguno de sus componentes, o cuando no ha sido manipulado correctamente.

2.2.4.3.6 Exudación

La exudación se produce en el hormigón fresco en el tiempo de fraguado por el ascenso del agua. El hormigón está compuesto por varios materiales con diferente densidad real y en estado fresco los materiales que tienen mayor peso específico tienden a descender (decantación) por lo tanto el agua que es el material más liviano sube y se acumula en la superficie del hormigón formando una capa muy delgada, al acumularse el agua si se evapora muy rápidamente va formando canales capilares. Esta capa es delgada débil y porosa que no tiene resistencia" (A Fernández-Jiménez, 2009)

1.1.3. 2.2.4.4 Propiedades del hormigón en estado endurecido

2.2.4.4.1 Densidad

La densidad del hormigón se define como la masa por unidad de volumen. La densidad en estado fresco como endurecido varía de acuerdo a la naturaleza y granulometría de los agregados, y al método de compactación, cuando el hormigón es bien compactado será mayor su densidad. En estado fresco, nos permite saber las cargas que se presentaran en la colocación y compactación sobre los encofrados, y en estado endurecido nos permitirá conocer las cargas que se van a generar sobre la estructura. (SERRANO, 2014)

2.2.4.4.2 Permeabilidad

La permeabilidad es la facilidad que presenta el hormigón a ser atravesado por un fluido, ya sea por: la porosidad que posee la pasta hidratada, los áridos, o inadecuada compactación e incluso de la exudación.

El hormigón es un material que por su composición es permeable, puede penetrar agua en el hormigón de dos maneras: por presión y por capilaridad. La determinación del coeficiente de permeabilidad se la hace mediante ensayos de laboratorio, por lo general el hormigón tiene un coeficiente de permeabilidad entre 10^{-6} , y 10^{-10} cm/s. Para lograr tener un hormigón impermeable, se debe considerar lo siguiente:

- Utilizar la relación agua/cemento más baja posible. Considerando lograr un adecuado trabajo.
- Utilizar las cantidades mínimas de cemento necesarias, evitando afectar la resistencia del hormigón.
- Utilizar proporciones adecuadas de los componentes del hormigón, especialmente de los agregados.

2.2.4.4.3 Compacidad

La compacidad depende de los mismos factores que la densidad, principalmente del método de compactación empleado. Estos métodos consisten en introducir la mayor cantidad de hormigón en un volumen determinado, tratando de que quede el menor número de burbujas de aire. Con una buena compacidad se obtiene mejores resistencias mecánicas, físicas, y químicas, ya que al obtener menos burbujas de aire los efectos de agentes exteriores agresivos serán mínimos.

2.2.4.4.4 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área expresada generalmente en Kg/cm² y preferentemente en MPa, es una de las propiedades mecánicas más importantes del hormigón, con ésta se garantiza que el hormigón realizado cumpla con especificaciones y controles de calidad.

La resistencia a la compresión se la cuantifica mediante ensayos de probetas normalizadas por lo general a los 28 días, es influenciada por factores internos como externos. La elaboración y curado de probetas de hormigón se describen en la norma INEN 1576 y la aceptación de resultados esta normada en el ACI 318-08.

2.2.4.4.5 Durabilidad

Es la capacidad de la mezcla endurecida de soportar sin deteriorarse las sollicitaciones provocadas por agentes físicos y químicos, que pueden agredir al hormigón no solo en su parte externa (superficie) sino también en el interior de su masa.

2.4.5 Medición de la rigidez

1.1.4. 2.4.5.1 Comportamiento elástico e inelástico

La relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad conocido como módulo de Young. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, en materiales inelásticos, el módulo de elasticidad depende de la tensión aplicada.

En la siguiente figura se muestra un material que presenta los dos comportamientos; elástico e inelástico, es decir, al comienzo del ensayo cuando se aplica la tensión en la probeta de hormigón es elástico y se mantiene como un material homogéneo, posteriormente inelástico al aparecer microfisuras, al aumentar la tensión aplicada hasta el punto en que el material ya no recibe carga, continúa deformándose hasta llegar a la rotura.

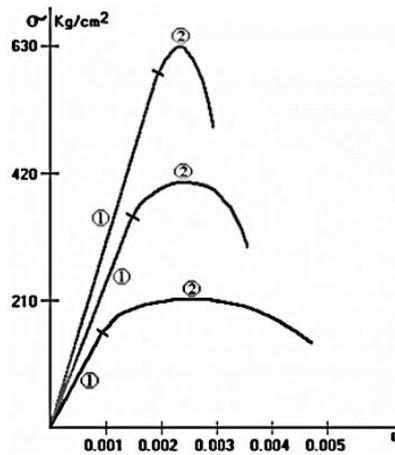


Figura 2. Comportamiento elástico e inelástico del hormigón.

Fuente: Romo, M (20114).

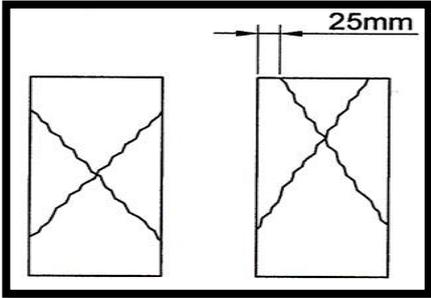
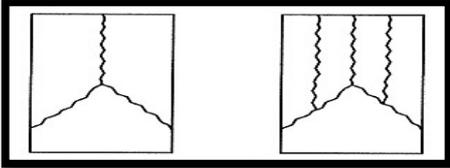
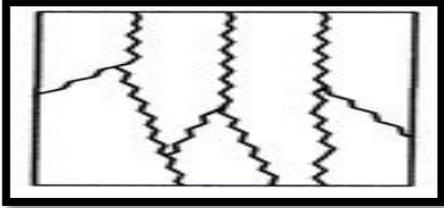
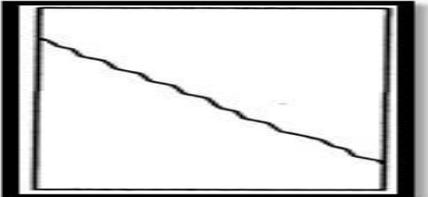
1.1.5. 2.4.6 Análisis de deformaciones

El hormigón como todo cuerpo sólido, se deforma al cargarse, y esta deformación está en función de la magnitud de la carga y del tiempo que ésta dure. Al hormigón se lo define como un material pseudosólido (elástico viscoso-plástico) ya que su composición se encuentra compuesta por una fase sólida (áridos y el cemento), una fase líquida (agua), y una fase gaseosa el aire incluido.

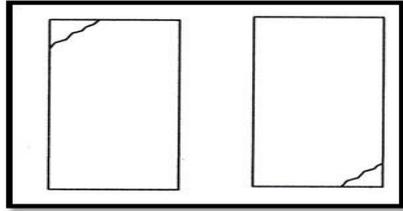
2.4.6.1 Tipos de fracturas del hormigón sometido a esfuerzos de compresión

Los cilindros de hormigón al ser expuesto al ensayo de compresión experimentan algunos tipos de fracturas y las cuales se pueden clasificar en 5 tipos dispuestos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Tipo de fracturas

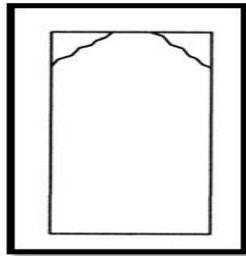
Tipo de fracturas	Descripción
<p data-bbox="475 376 663 405">Fractura tipo 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejor tipo de fractura. - Posee conos en ambos extremos. - Fisuras diagonales (adecuada dosificación).
<p data-bbox="475 875 663 904">Fractura tipo 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Posee un cono en uno de sus extremos. - Fisuras verticales.
<p data-bbox="475 1249 663 1279">Fractura tipo 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Formado de conos no bien definidos - Fisuras verticales - Columna res a través de ambos extremos.
<p data-bbox="475 1659 663 1688">Fractura tipo 4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Fisura diagonal a través de los bordes. - Se golpea con un martillo del tipo 1.

Fractura tipo 5



- Fisuras a los lados (extremo superior o en el inferior).
- El ensayo se realiza con neopreno.

Fractura tipo 6



- Similar al tipo 5
- Se rompen por los extremos en punta.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización , 2011)

2.4.7 Micro estructura del Hormigón

La pasta de cemento es el resultado de una serie de reacciones de hidratación que tiene lugar cuando una cantidad determinada de cemento se mezcla con una cantidad limitada de agua.

“Estas reacciones de hidratación comienzan inmediatamente, incluso de modo violento, disminuyendo su actividad en un corto período de tiempo. Posteriormente, la velocidad de hidratación experimenta un nuevo incremento, seguido ya por el fraguado de la pasta, en donde la movilidad del sistema hasta ese momento plástica, se pierde. Que representa la evolución calorífica respecto al tiempo de proceso de hidratación del cemento portland. El desarrollo de la estructura de los productos de hidratación se puede dividir en tres etapas fundamentales:

a) Etapa inicial: el foco de actividad está fundamentalmente concentrado en la superficie de los granos de cemento y en el agua de mezcla más cercana a estas superficies.

b) Etapa intermedia: los productos de hidratación se depositan en el interior de los espacios iniciales rellenos de agua, y comienza a conformarse una estructura coherente.

c) Etapa final: el esqueleto estructural se rellena con productos de hidratación que provienen del interior de las fases de cemento originales.” (PUERTAS & BLANCO, Interface Microstructures in Concrete)

2.4.8 Micro estructura durante el proceso de hidratación

“La velocidad de reacción, los cambios de energía y de la materia son considerados aspectos muy importantes, ya que se encuentran directamente relacionados al comportamiento químico que se genera al mezclar cemento y agua. Hay que tener un conocimiento muy claro de las sustancias que conforman el cemento, puesto que dichas sustancias son las que poseen las propiedades cementantes, a continuación, describiremos cada uno de los conocimientos que se deberían conocer:

- El conocimiento de la cantidad de calor (energía) es importante debido a que el calor a veces es una ayuda y otras un obstáculo.
- El conocimiento de la velocidad de reacción es importante porque determina el tiempo de curado y fraguado.
- La reacción inicial debe ser lenta para permitir al hormigón ocupar la forma necesaria”. (METHA, 2001)

2.4.9 El proceso de mezclado en las características del hormigón

El proceso de mezclado es uno de los pasos primordiales para la elaboración de un hormigón, ya que se tiene como objetivo, obtener un producto de consistencia homogénea y esto se logra mediante garantizando una distribución adecuada de las partículas, una hidratación óptima del material cementíceo y una trabajabilidad conforme al requerimiento de la obra.

La existencia de materiales cementíceos finos en el hormigón, bajas razón agua/cemento y altos contenidos de elementos aglomerantes son comunes en los hormigones modernos. Estas condiciones producen la aglomeración de partículas cementicias finas durante el mezclado, que afectan la uniformidad de hidratación de los materiales cementíceos y la trabajabilidad del hormigón. También es importante

la dispersión y el apropiado recubrimiento de las partículas de árido en la operación de mezcla con la pasta cementícea. Por lo tanto, un proceso eficiente de mezclado llega a ser tan importante y necesario para asegurar la óptima calidad del hormigón como una adecuada dosificación del mismo.

Respondiendo a este problema, el proceso de mezclado en dos etapas divide la operación de mezcla para mejorar tanto la uniformidad de la pasta, la hidratación de los materiales cementíceos y el recubrimiento del agregado con pasta.

2.4.10 Retracción

La retracción en el hormigón es un fenómeno que se encuentra relacionado con la pérdida excesiva del agua de la mezcla. En este proceso de pérdida de humedad la mezcla experimenta cambios de volumen, dilataciones o contracciones, las cuales conllevan a las fisuraciones y agrietamientos de los elementos estructurales en general.

Las fisuras en el hormigón pueden indicar problemas estructurales muy importantes y dar un aspecto antiestético de las construcciones en general. Existen varias causas por las que se produce fisuramiento y los cuales mencionaremos algunos que pueden ser identificados fácilmente, que son: retracción plástica, retracción autógena, retracción por secado y retracción térmica.

2.4.11 Retracción plástica

La retracción plástica se produce cuando la pasta de cemento experimenta un cambio volumétrico, cuya magnitud es equivalente al 1% del volumen total de del cemento seco. La reducción del volumen se presenta cuando el hormigón se encuentra en un estado plástico y por efecto de la evaporación rápida del agua en su superficie se genera un agrietamiento, como se ve en la figura 3.

La formación de grietas debido a la contracción plástica raramente afecta la resistencia o la durabilidad de los pisos de concreto o pavimentos, pero pueden ser controladas si se aplican medidas apropiadas en el vaciado y acabado del elemento de concreto.



Figura 3. Fisuras causadas por retracción plástica

Fuente: Ingeniería Civil y Construcciones (2017)

2.4.12 Retracción autógena

La retracción autógena es cuando el agua presente en el hormigón experimenta una reducción de volumen al combinarse químicamente con el cemento, es por eso que se diferencia de otros tipos de retracción. El volumen de agua que se combina químicamente es siempre igual a aproximadamente un 23% del peso del cemento y su pérdida de volumen.

2.4.13 Retracción por secado del hormigón.

“La retracción por secado es provocada por la pérdida de humedad, de la pasta cementícea, la cual se puede contraer hasta un 1%, la magnitud de la retracción por secado depende principalmente de la cantidad y tipos de agregados y de contenido de agua de la mezcla. Cuanto mayor sea la cantidad de agregados gruesos menor será la retracción.

Generalmente hay fisura irregular cuando la capa superficial tiene mayor contenido de humedad que el interior del hormigón. El resultado es una serie de fisuras finas y poco profundas, con poca separación. Las causas más comunes de este tipo de fisura son:

- Alto contenido de agua en la mezcla de concreto.
- Un curado pobre o inadecuado.
- Excesivo alisado sobre la superficie de concreto.

- El uso de vibrador de alta frecuencia o cualquier otro procedimiento que segregue el agregado grueso y produzca una excesiva concentración de pasta de cemento y finos sobre la superficie.
- Espolvorear cemento sobre la superficie del concreto para secar la exudación.” (TOXEMENT, 2017)

La retracción por ende se considera como un fenómeno que ocasiona la disminución del volumen del concreto durante el proceso de fraguado del mismo, y se produce por la pérdida de agua debido a la evaporación. Dicha pérdida de volumen genera tensiones internas de tracción que dan lugar a las fisuras de retracción.

La retracción que el hormigón sufre debida al secado consiste básicamente en una deformación volumétrica de contracción, como consecuencia del movimiento de humedad dentro del material cuando existe un gradiente de humedad relativa entre el medio ambiente y la estructura. La evolución de la retracción con el tiempo en escala logarítmica puede apreciarse en la figura 1, en la que se aprecia que la retracción final tiende a estabilizarse y no crece indefinidamente.

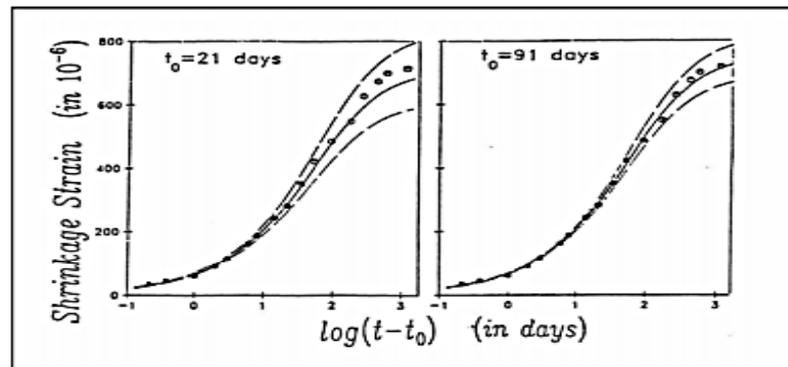


Figura 4. Curvas de retracción-tiempo de ensayos experimentales de Wittmann (1987)

Fuente: Bazant (1999).

“El agrietamiento por retracción de secado se puede minimizar si desde el diseño del concreto se considera reducir el contenido de agua unitaria del concreto y/o aumentar el contenido de agregado grueso y el tamaño máximo. En condiciones donde el clima es un factor, se puede hacer uso de aditivos reductores de la

retracción. Una vez que el concreto es recibido en obra y se inicia el proceso de vaciado, es conveniente hacer uso de las buenas prácticas de trabajo en el concreto:

- Utilizar el concreto dentro del tiempo que la Norma Vigente indica o en su caso de acuerdo al tiempo que permita el aditivo que se utilizó en su mezcla durante la fabricación industrializada.
- Utilizar un método de acomodo adecuado, utilizando el sistema de vibrado que el procedimiento constructivo les permita.
- Si la temperatura y las condiciones del viento, durante el colado son elevadas se sugiere el uso de un reductor de evaporación, que impide la pérdida acelerada de humedad por evaporación del agua de mezclado.
- Utilizar membranas de curado, posterior al colado del elemento, que permita al concreto mantener la humedad adecuada durante su proceso de fraguado.

Una vez que se presenta este tipo de agrietamientos, existen procedimientos constructivos a través de los cuales se pueden proporcionar las condiciones de servicio al elemento. La selección del mismo, depende en gran medida en que va ser utilizado el elemento y varían, desde utilizar un sellador para cubrir los agrietamientos, impermeabilizar el elementos, “soldar” estructuralmente el agrietamiento utilizando resinas de inyección o devolver la superficie de rodamiento con morteros de reparación o algún sistema de pisos industriales, tales como el Ucrete.” (Pat, 2013)

La retracción por secado es ocasionada principalmente por la pérdida del agua en poros y capilares en el hormigón, esto se debe al movimiento de la humedad dentro del material cuando existe un gradiente de humedad relativa entre el medio ambiente y la estructura. Sin embargo, hay un elevado grado de incertidumbre en la predicción de la retracción de las estructuras de hormigón, ya que esta propiedad varía considerablemente en función de muchos parámetros, incluyendo la composición del hormigón, el origen de los agregados, la humedad relativa ambiente, la geometría de la probeta y, más específicamente, la relación entre la superficie expuesta y el volumen del elemento estructural.

La contracción en un elemento de hormigón siempre estará sujeto a algún grado de restricción, que puede ser otra parte complementaria de la estructura. En la Figura 3 se ilustra la combinación de retracción y restricción, haciéndonos deducir de forma

clara que debido al esfuerzo de tracción que desarrolla dentro del concreto, éste llegará al punto en que llegue a su límite y por consiguiente se fisurará.

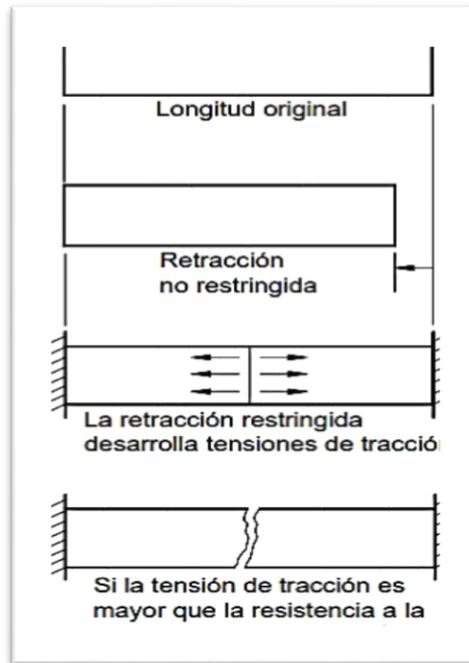


Figura 5. Fisura del hormigón provocada por la retracción por secado.

Fuente: Pat (2013)

En la siguiente ilustración, la figura 4, se puede observar que la tensión de tracción inducida por la restricción de la retracción por secado se reduce con el tiempo, debido a la relajación de la tensión. La fluencia lenta disminuye con la edad, lo que provocará que la fisura aumente con el transcurso del tiempo.

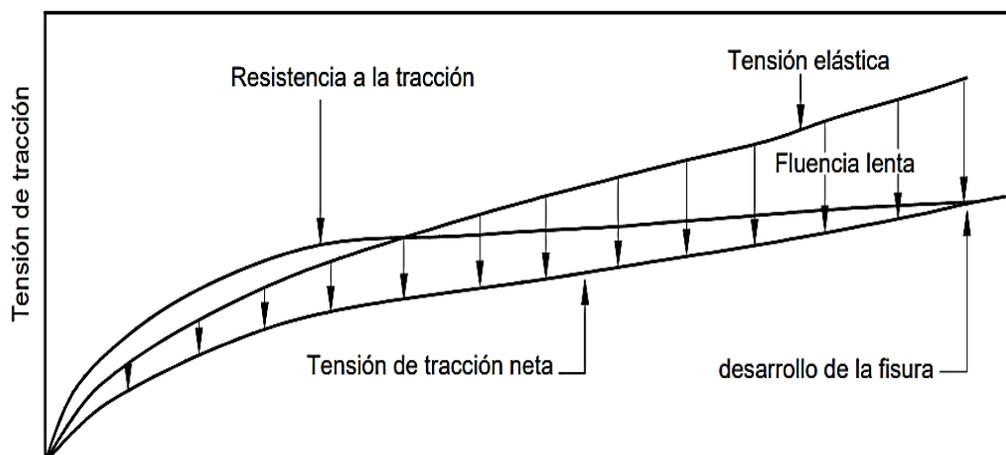


Figura 6. Efecto de la fluencia lenta sobre la tensión de tracción.

Fuente: Pat (2013)

2.4.14 Factores que influyen en la retracción por secado del hormigón

Como principales factores, para que este tipo de retracción se genere, podemos mencionar: la humedad relativa y tiempo de secado, el tipo y contenido de agregados, el contenido de pasta y la relación agua/cemento, la influencia del tamaño del elemento de hormigón, efecto del curado y efecto de los aditivos.

2.4.15 Humedad relativa y tiempo de secado

La humedad relativa es el factor que mayor influencia tiene sobre la retracción última y también sobre la velocidad de la misma. Según los estudios realizados por Troxell, Raphael y Davis (1958), explican que cuanto menor era la humedad relativa, mayor era la retracción última y la velocidad de retracción, como se muestra en la figura 5.

En esta ilustración también se puede apreciar que el hormigón sufre una expansión, si éste se encuentra expuesto al agua de una manera continua; a esta reacción del hormigón se la conoce con el nombre de hinchamiento. El hinchamiento es pequeño en relación con la retracción, y ocurre cuando la humedad relativa se mantiene por encima de 94% (Lorman, 1940). Por otro lado, Neville y Brooks (1995) nos dice que en un hormigón liviano el hinchamiento puede ser muy relevante.

Otra característica que se puede deducir en el siguiente gráfico es que el secado es un proceso muy lento y hace que la retracción última se pueda generar con el transcurso de varios años, ya que la pérdida de humedad en un hormigón endurecido, es controlada por la difusión.

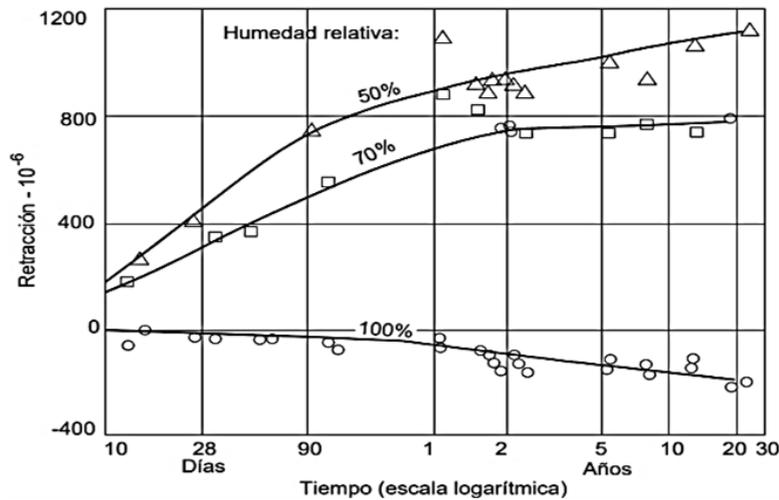


Figura 7. Relación entre la retracción y el tiempo para hormigones almacenados a diferentes humedades relativas. Tiempo a partir del final del curado Húmedo a 28 días (Troxel, Raphael y Davis, 1958).

Fuente: Troxel, Raphael y Davis (1958)

2.4.16 Cantidad y tipo de agregados

Los agregados son materiales que ejercen una función muy importante en la elaboración de un hormigón, puesto que, restringen la cantidad de retracción que se puede producir en un elemento estructural. Esto se debe a algunos factores como la utilización de un agregado mayor, esto nos permitiría usar una mezcla más pobre, y por lo tanto, esto implica menor retracción.

Picket (1956), Hansen y Almudaiheem (1987) fueron quienes desarrollaron modelos que permitían predecir de alguna manera la influencia del volumen relativo del agregado y la relación de módulos sobre la retracción última del hormigón. En la figura 6 se ilustra que cuando esta relación se encuentra comprendida entre un módulo de elasticidad de 1 y 2, significa que el agregado utilizado es de menor rigidez, por consecuente tendremos un hormigón liviano y la retracción será mayor. Hansen y Almudaiheem (1987) también nos dicen que cuando se utilizan agregados de alta calidad, los cuales se caracterizan por su baja capacidad de absorción, se deduce a simple vista que esta relación estará comprendida entre los módulos de elasticidad 4 y 7.

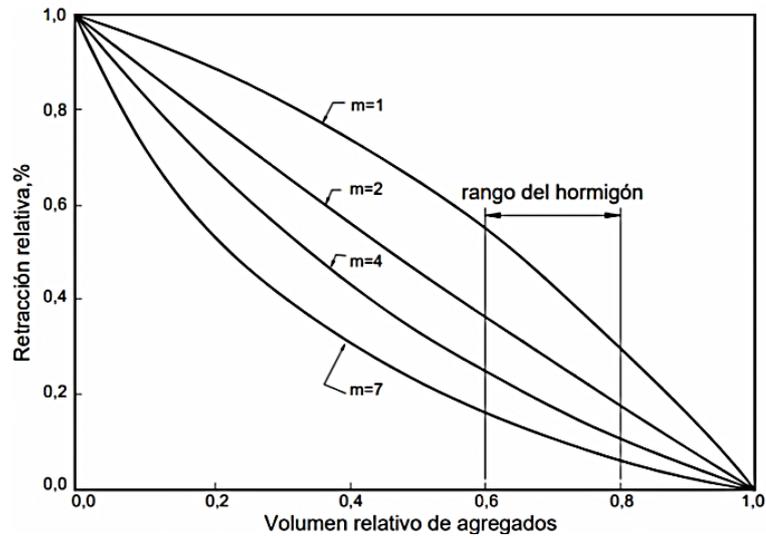


Figura 8. Efecto del contenido relativo de agregados y la relación de módulos sobre la retracción por secado del hormigón (Hansen y Almudaiheem, 1987).

Fuente: Hansen y Almudaiheem (1987)

2.4.17 Contenido de la pasta y la relación agua cemento

Medir la consistencia de la pasta aplicando el ensayo de asentamiento, es un parámetro muy importante a considerar, puesto que esto nos ayudará a determinar la dosificación del hormigón.

Según los resultados obtenidos por la Oficina Estadounidense de Reclamación (U.S Bureau of Reclamation, 1981), cuando hay una relación a/c constante, existe una relación lineal aproximada entre el contenido de agua y la retracción del hormigón, como se muestran en la figura 7.

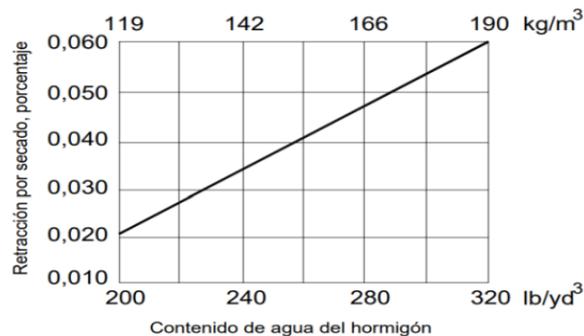


Figura 9. Efecto típico del contenido de agua del hormigón sobre la retracción por secado (USBR, 1981)

Fuente: USBR (1981)

A continuación, podemos apreciar en la figura 8, que si tenemos menores contenidos de agregado y a ellos le aumentamos la relación agua/cemento, lograremos que la retracción vaya aumentado. En conclusión, podemos decir que si reducimos el contenido de agua en la pasta de hormigón, minimizaremos el efecto de la retracción por secado.

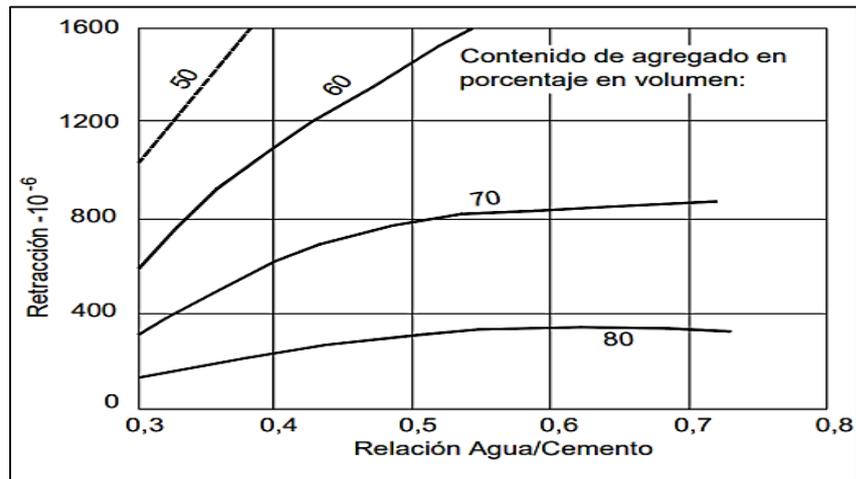


Figura 10. Influencia de la relación A/C y el contenido de agregados en la retracción (Odman 1968).

Fuente: Odman (1968).

2.4.18 Influencia del tamaño del elemento de hormigón

El tamaño y la forma del elemento de hormigón, afectan la velocidad de secado del hormigón y, por lo tanto, afectan la velocidad de retracción. Según Bryant y Vadhanavikkitt, 1987, mediante estudios realizados, afirman que la retracción en cierto momento disminuye cuando se aumenta el tamaño de la probeta. Los resultados de esta investigación están presentados en la figura 9 donde se analiza la retracción a largo plazo para probetas prismáticas de hasta 400 mm (8 pulg.) de espesor. La deformación por retracción es mayor en la superficie y disminuye hacia el centro en donde el contenido de humedad es más alto.

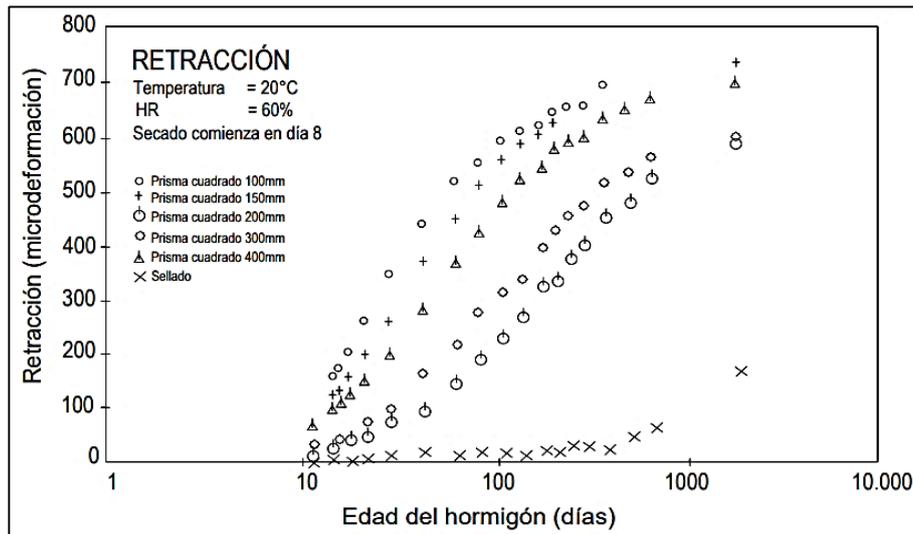


Figura 11. Influencia del tamaño de la probeta sobre la retracción (Bryant y Vadhanavikkit, 1987).

Fuente: Bryant y Vadhanavikkit, (1987)

En la figura 11 se muestra que en las superficies de la probeta y lados cercanos se producen tensiones de tracción, mientras que en el núcleo se originan tensiones de compresión.

Si el secado se produce de manera asimétrica, ya sea debido al secado desde uno solo de los lados o debido a la asimetría de la propia estructura, se produce alabeo. En las losas de cimentación el mecanismo de alabeo es una de las principales causas de fisura. La humedad se evapora solamente de la superficie superior, lo cual provoca mayor retracción en esta zona.

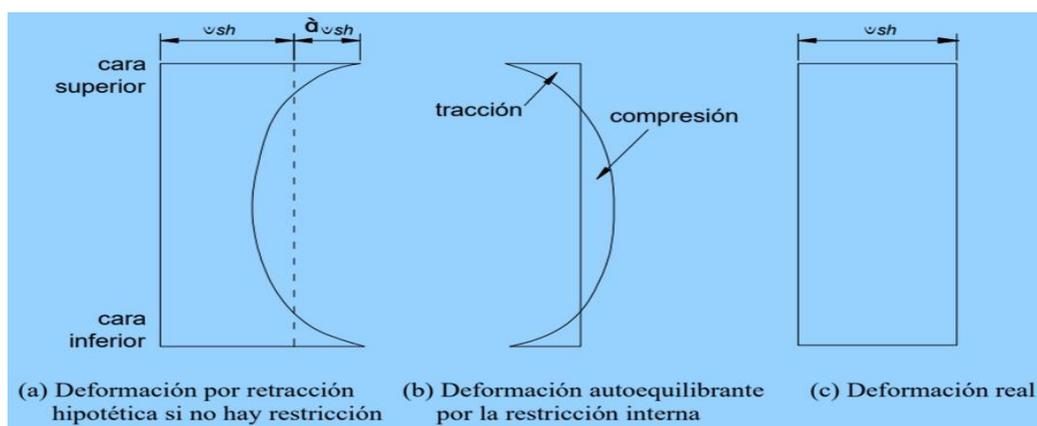


Figura 12. Restricción interna de la retracción.

Fuente: Bryant y Vadhanavikkit, (1987)

2.5 Marco Legal

Para el presente estudio, se toma en consideración la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014), abarca sobre los procesos y requisitos para el diseño de hormigón, incluyendo materiales, propiedades, evaluación de aceptación de materiales como: cemento, áridos, aditivos, entre otros, incluso tipifica las normas internacionales relacionadas con el Código ACI-318 (Building Code Requirements for Structural Concrete), ACI 117 (tolerancias para materiales y construcciones) y ACI 301 (Specifications for Structural Concrete for Buildings). (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 21)

De igual modo el Instituto Ecuatoriano de Normalización menciona otras normas relacionadas con: el control de calidad, requisitos de áridos para construcción, hormigón de cemento hidráulico, etc.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) se encuentra promovida por la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), encargada de establecer las actualizaciones correspondientes al Código Ecuatoriano de la Construcción orientadas a regular los procesos de seguridad y calidad en las edificaciones como consecuencias de las características del proyecto basándose en los siguientes indicadores:

- Parámetros mínimos de seguridad y salud.
- Mecanismos de control y mantenimiento.
- Diseño y montaje con niveles mínimos de calidad.
- Consumo energético y eficiencia energética.
- Principios básicos de habitabilidad.
- Responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores.

Ante aquello, la estructura del NEC ampara las siguientes normas:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas: Diseños Sismo Resistentes.
- NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras.
- NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.

- NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural.
- ACUERDO MINISTERIAL No. 0028: PROMULGACIÓN DE NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN

2.6 Conceptos empleados en la investigación

Para nuestra investigación utilizaremos los siguientes términos:

- **ACI 211:** Es un método que permite conocer las cantidades preliminares que se utilizan en la mezcla del concreto, estas deben ser verificadas en pruebas de laboratorio o campo para realizar ajustes.
- **Aditivos:** Se refiere a productos químicos que se añaden dependiendo de los requerimientos al hormigón, aplicados previo o durante la mezcla, es decir, no intervienen productos como áridos, agua o cemento. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)
- **Áridos:** Son materiales granulares de diferentes tamaños, pues, poseen distribución granulométrica, siendo la materia prima en la fabricación de hormigón y morteros, aglomerantes asfálticos, escolleras, taludes, entre otros.
- **Abrasión:** Es la resistencia debido al desgaste que sufre un material árido, pues, al ser sometido a la fricción, rozamiento e impacto de las partículas que conforman la masa de hormigón.
- **Cemento:** Es un cemento hidráulico que proviene de materiales aglomerantes y aglutinantes, permite unir fragmentos, es así que se endurece mediante el contacto del agua. (Varona, López, & Bañón, 2012)

- **Curado.** - Proceso con el cual se mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después del vaciado del hormigón, para que se puedan desarrollar en él las propiedades de resistencia y durabilidad.
- **Deformación.-** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.
- **Densidad.-** Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
- **Dosificación.** - Es la medida de los ingredientes que se empleará para una mezcla de hormigón, dependiendo la resistencia que se requiera.
- **Encofrado.** - Molde formado con tableros de madera o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta posteriormente .
- **Esfuerzo.** - Es una fuerza que actúa sobre el área unitaria en la que se aplica, existen esfuerzos de tensión, flexión, compresión y cortantes.
- **Exudación.** - Aparición de una cantidad de agua superior a la normal en la superficie de un hormigón fresco debido a la sedimentación de sus componentes sólidos o el drenaje del agua de amasado. También llamado exceso de agua.
- **Fisura.** - Rotura que aparece en cualquier material como consecuencia de la existencia de tensiones, externas o internas, superiores a la capacidad resistente del mismo, que se manifiesta en forma de hendidura o grieta longitudinal poco profunda y abertura menor a 1 mm.
- **Fraguado.-** El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón.

- **Granulometría.** - Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136).
- **Hormigón.** - Es un material de construcción formado por una mezcla de cemento, arena, agua y piedra. Según el trabajo que se vaya a realizar con el hormigón en la obra, su composición y empleo, recibe varias denominaciones, de entre las que se pueden destacar las siguientes:
 - **Hormigón Tradicional.** - Es una mezcla de cemento portland, agua, arena y piedra.
 - **Hormigón armado.** - Es aquel que cuenta con armadura de acero en distinta cuantía y disposición dependiendo de los esfuerzos a compresión y flexión que entre otros va a soportar.
- **Hidratación.** - Reacción química que se produce al mezclar cemento con agua, creando una estructura cristalina al fraguarse.
- **Módulo de elasticidad.** - Basado en la relación existente entre el esfuerzo normal y deformación de tipo unitaria, es así que se conoce el nivel tracción o compresión inferior sobre el límite del material.
- **Probeta.** - Pieza sometida a diversos ensayos mecánicos para estudiar la resistencia de un material.
- **Reacción.** - Fuerza externa causada por la acción de un cuerpo sobre otro. También llamada fuerza reactiva.
- **Resistencia a compresión.** - Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

- **Trabajabilidad.** - Propiedad se relaciona con la movilidad de la masa fresca y con su aptitud para ser moldeada y colocada correctamente.
- **Tracción.**- Esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.
- **Viga.**- Es un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.

CAPÍTULO III

Marco metodológico

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El levantamiento de la información se basó en el uso de una modelo de investigación exploratoria de carácter experimental debido a las muestras solicitadas para el ensayo de la retracción por secado en las viviendas Tipo realizadas en el recinto Voluntad de Dios del cantón La Troncal, provincia del Cañar. De la misma forma, la investigación bibliográfica permite la fundamentación de términos específicos en construcción, así como trabajos realizados con antelación que demuestra la relevancia del estudio como un aporte para solucionar los problemas de retracción por secado en las construcciones.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es mixto, ya que para medir la magnitud de las fisuras que se presenten se utilizará 3 pórticos de hormigón cuyo diseño será para una resistencia a la compresión de 240 kg/cm² y cada pórtico tendrá una mezcla diferente a la anterior. El primer pórtico estará constituido por un hormigón simple, el segundo pórtico tendrá un hormigón con aditivo acelerante (Plastocrete 161 He) y para el tercer pórtico se utilizará hormigón con fibras de polipropileno (Sika Fiber).

La investigación estará dividida en 3 etapas, en la primera etapa se recopilará toda la información relacionada de libros, documentales, revistas científicas, normas técnicas, por ello se considera la investigación como bibliográfica-documental y de campo. Por tanto, el enfoque está basado en el tema de estudio de los materiales para elaboración del hormigón, tomando en cuenta el criterio de diversos autores, siendo una ayuda para tener idea desde la parte teórica sobre el proyecto.

Mientras que en la investigación de campo se recaba información desde el lugar en el que se encuentran los materiales de estudio, es decir, en las minas “Huaquillas 2” y “San Carlos 3” localizados en el cantón La Troncal de la provincia de Cañar.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población y muestra

La población se encuentra determinada por 3 pórticos de hormigón armado. El primer pórtico estará constituido por un hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm², el segundo por un hormigón con aditivo y al tercero le añadiremos fibras de polipropileno. Por medio de esta población podemos observar y comprobar las diversas fundamentaciones teóricas sobre la retracción, las mismas que serán revisadas con los resultados obtenidos de los ensayos previos.

3.3 Métodos, técnicas y ensayos de investigación

3.3.1 Métodos

3.3.1.1 Método Inductivo-Deductivo

Permitió el análisis desde una perspectiva general hasta llegar a la particularidad de la problemática planteada en base a la retracción por secado de los materiales estructurales en viviendas Tipo.

3.3.1.2 Técnicas

Para el levantamiento de información referente al criterio de los profesionales en la construcción se aplicó la encuesta como técnica que permite recabar conjeturas sobre el proceso de retracción por secado en elementos estructurales en una vivienda Tipo ubicada en el sector urbano de La Troncal. (Ver Anexos)

3.3.1.3 Ensayos

La parte experimental contó con una prueba de campo de tipo experimental para medir la magnitud de las fisuras que se presentan en los elementos estructurales de una vivienda tipo, teniendo como elemento a observación 3 pórticos de hormigón cuyo diseño será para una resistencia a la compresión de 240 kg/cm² y cada pórtico tendrá una mezcla diferente a la anterior.

CAPÍTULO IV

Propuesta

4.1 Proceso constructivo de los pórticos

Para la parte experimental, el estudio determinó la construcción de tres pórticos de hormigón armado, los mismos que proporcionaría información relativa al proceso de retracción por secado. Estos pórticos estarán constituidos por hormigones de un $f'c=240$ kg/cm² de diferentes características, las mismas que mencionaremos a continuación:

- El pórtico # 1 estará constituido por un hormigón con aditivo (Aditivo Plastocrete 161 HE).
- El pórtico #2 estará conformado por un hormigón tradicional.
- El pórtico # 3 estará compuesto por un hormigón con fibras de polipropileno (Sika Fiber).

4.2 Diseños de hormigón

Realizamos el diseño respectivo de hormigón que se utilizara para la fundición de cada uno de los pórticos. Los cuales deben cumplir con la resistencia planteada en la investigación.

4.2.1. Diseño de hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con Aditivo Plastocrete 161 He

En la siguiente tabla se detalla el diseño de un hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con un aditivo acelerante de la marca Sika, la cual dosificamos con el 0,9% del peso del cemento.

Tabla 4. Diseño de hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo Plastocrete 161 He

 SIKA ECUATORIANA S.A. DEPARTAMENTO TÉCNICO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M									
DISEÑO DE HORMIGON VERTIDO									
TEMA:		Retracción en Elementos Estructurales							
MATERIALES:		PIEDRA:		Grava de 19,0 mm					
		ARENA:		Arena de Río					
FECHA:		15-jun-18							
RESISTENCIA A COMPRESION:		240 Kg/cm ²							
ASENTAMIENTO INICIAL:		14,0 cm		ASENTAMIENTO FINAL:				14,0 +/- 2 cm	
CEMENTO:		Holcim GU							
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES									
MATERIAL	Pe Kg/m ³	Pe (SSS) Kg/m ³	PUS Kg/m ³	PUC Kg/m ³	% CA ABSORCION	%CII HUMEDAD	MF Mód.Finura	TNMax mm	D.Pondera. Agregados
CEMENTO	2990								
ARENA DE RIO		2688	1799	1920	1,21	1,50	2,25		2670
GRAVA DE 3/4"		2653	1322	1487	1,60	0,50		19	
AIRE		1,50%							
DOSIFICACION POR m³									
MATERIAL	PESO SSS/ m ³ Kg		PESO NATURAL/m ³ Kg		Vólumen por lts		Peso Lab 16 lts		
AGUA	150		158		150 lts		2,53 Kg		
CEMENTO	300		300		100 lts		4,80 Kg		
ARENA DE RIO	941		944		350 lts		15,11 Kg		
GRAVA DE 3/4"	1020		1009		384 lts		16,14 Kg		
AIRE					15 lts		0,0		
Plastocrete 161-HE	0,9%	2,70	2,70	0,00	2,25 lts	0,00 lts	36 Kg	0 ml	
TOTAL	2411		2411		1000 lts		74,6		
Relación a/c		0,50		Peso unitario			2411 Kg./cm³		
DOSIFICACION POR VOLUMEN									
				lado 1 (cm)	lado 2 (cm)	altura (cm)			
Dimensiones de la parihuela				40	40	20			
Volumen de la parihuela				0,0320	m ³				
AGUA		26,4	litros						
CEMENTO		1,0	saco						
GRAVA DE 3/4"		4,0	parihuela						
ARENA DE RIO		2,7	parihuela						
Plastocrete 161-HE		0,375	litros						
0		0,000	litros						
OBSERVACIONES									
----- Ing. Armando Banchón V. Departamento Técnico L.E.M.									

Fuente: Sika ecuatoriana S.A (Laboratorio de Ensayo de Materiales)

4.2.2. Diseño de hormigón tradicional $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

En la siguiente tabla se detalla el diseño de un hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ sin ningún tipo de aditivo o adición.

Tabla 5. Diseño de hormigón tradicional $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

		SIKA ECUATORIANA S.A.								
		DEPARTAMENTO TÉCNICO								
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M								
DISEÑO DE HORMIGON VERTIDO										
TEMA:		Retracción en Elementos Estructurales								
MATERIALES:		PIEDRA: Grava de 19,0 mm								
		ARENA: Arena de Río								
FECHA:		15-jun-18								
RESISTENCIA A COMPRESION:		240 Kg/cm2								
ASENTAMIENTO INICIAL:		14,0 cm			ASENTAMIENTO FINAL:			14,0 +/- 2 cm		
CEMENTO:		Holcim GU								
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES										
MATERIAL	Pe Kg/m ³	Pe (SSS) Kg/m ³	PUS Kg/m ³	PUC Kg/m ³	% CA ABSORCION	%CH HUMEDAD	MF Mód.Finura	TNMax mm	D.Pondera. Agregados	
CEMENTO	2990									
ARENA DE RIO		2688	1799	1920	1,21	1,50	2,25		2670	
GRAVA DE 3/4"		2653	1322	1487	1,60	0,50		19		
AIRE		1,50%								
DOSIFICACION POR m³										
MATERIAL	PESO SSS/ m ³ Kg		PESO NATURAL/m ³ Kg		Vólumen por lts		Peso Lab 16 lts			
AGUA	150		158		150 lts		2,53 Kg			
CEMENTO	300		300		100 lts		4,80 Kg			
ARENA DE RIO	941		944		350 lts		15,11 Kg			
GRAVA DE 3/4"	1020		1009		384 lts		16,14 Kg			
AIRE	0,00		0,00		15 lts		0,0			
					0,00 lts		0 Kg			
					0,00 lts		0 ml			
TOTAL	2411		2411		1000 lts		38,6			
Relación a/c			0,50			Peso unitario			2411 Kg./cm³	
DOSIFICACION POR VOLUMEN										
		lado 1 (cm)		lado 2 (cm)		altura (cm)				
Dimensiones de la parihuela		40		40		20				
Volumen de la parihuela		0,0320		m ³						
AGUA		26,4		litros						
CEMENTO		1,0		saco						
GRAVA DE 3/4"		4,0		parihuela						
ARENA DE RIO		2,7		parihuela						
0		0,000		litros						
0		0,000		litros						
OBSERVACIONES										
----- Ing. Armando Banchón V. Departamento Técnico L.E.M.										

Fuente: Sika ecuatoriana S.A (Laboratorio de Ensayo de Materiales)

4.2.3. Diseño de hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ con Fibras de polipropileno (Sika Fiber)

En la siguiente tabla se detalla el diseño de un hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con fibras de polipropileno de la marca Sika, la cual dosificamos con $0,60 \text{ kg/m}^3$.

Tabla 6. Diseño de hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con fibras (SikaFiber)

 SIKA ECUATORIANA S.A. DEPARTAMENTO TÉCNICO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M										
DISEÑO DE HORMIGON VERTIDO										
TEMA: Retracción en Elementos Estructurales MATERIALES: PIEDRA: Grava de 19,0 mm ARENA: Arena de Río FECHA: 15-jun-18 RESISTENCIA A COMPRESION: 240 Kg/cm^2 ASENTAMIENTO INICIAL: 14,0 cm ASENTAMIENTO FINAL: 14,0 +/- 2 cm CEMENTO: Holcim GU										
PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES										
MATERIAL	Pe Kg/m ³	Pe (SSS) Kg/m ³	PUS Kg/m ³	PUC Kg/m ³	% CA ABSORCION	%CH HUMEDAD	MF Mód.Finura	TNMax mm	D.Pondera. Agregados	
CEMENTO	2990									
ARENA DE RIO		2688	1799	1920	1,21	1,50	2,25		2670	
GRAVA DE 3/4"		2653	1322	1487	1,60	0,50		19		
AIRE		1,50%								
DOSIFICACION POR m³										
MATERIAL	PESO SSS/ m ³ Kg		PESO NATURAL/m ³ Kg		Volumen por lts		Peso Lab 16 lts			
AGUA	150		158		150 lts		2,53 Kg			
CEMENTO	300		300		100 lts		4,80 Kg			
ARENA DE RIO	941		944		350 lts		15,11 Kg			
GRAVA DE 3/4"	1020		1009		384 lts		16,14 Kg			
AIRE					15 lts		0,0			
Sika Fiber	0,60		0,60		0,50 lts		0,0096 Kg			
			0,00		0,00 lts		0 ml			
TOTAL	2411		2411		1000 lts		38,6			
Relación a/c			0,50			Peso unitario			2411 Kg./cm³	
DOSIFICACION POR VOLUMEN										
			lado 1 (cm)	lado 2 (cm)	altura (cm)					
Dimensiones de la parihuela			40	40	20					
Volumen de la parihuela			0,0320	m ³						
AGUA		26,4	litros							
CEMENTO		1,0	saco							
GRAVA DE 3/4"		4,0	parihuela							
ARENA DE RIO		2,7	parihuela							
Sika Fiber		0,083	litros							
0		0,000	litros							
OBSERVACIONES										
----- Ing. Armando Banchón V. Departamento Técnico L.E.M.										

Fuente: Sika ecuatoriana S.A (Laboratorio de Ensayo de Materiales)

4.2 Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la construcción de los tres pórticos son los siguientes:

- Concretera de 1 saco.
- Parihuela de 40cmx40cmx20cm de alto.
- Palas.
- Carretilla.
- Baldes.

4.3 Materiales

Los materiales usados para la construcción de los tres pórticos son los siguientes:

- Cemento.
- Piedra triturada de $\frac{3}{4}$ ".
- Arena triturada homogenizada.
- Agua potable.
- Aditivo plastificante (sika.)
- Fibras de polipropileno (sika).
- Acero de refuerzo de 12mm y 8mm.
- Tablas de encofrado de 4m de largo
- Tiras de 5cm y 10cm x 4 m.
- Cuartones de 5cm x 5 cm x 4m de largo.
- Clavos de 2 1/2".
- Alambre de amarre.

4.4. Descripción del proceso constructivo de los pórticos

. El proceso constructivo de los tres pórticos se la realizo de la siguiente manera:

1. Se procede a realizar el trazado y replanteo donde se construirán los 3 pórticos de hormigón armado. Los plintos de cada pórtico tendrán una dimensión de 1,00

m x 1,00 m y estarán apoyados sobre la superficie del terreno, ya que solo serán usados para la investigación y no como un elemento ocupacional.



Figura 13. Trazado y replanteo

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

2. Como segundo paso fundimos un replantillo de 5cm de espesor con hormigón simple con una resistencia $f'c=180\text{kg/cm}^2$. Sobre este replantillo se asentará la parrilla de los plintos.



Figura 14. Fundidos de replantillo

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

3. Se procede a colocar las parrillas de los plintos y amarrar la columna al mismo, para después empezar con el encofrado de estos elementos, como se muestra en

las siguientes figuras. El acero que se empleó para los plintos fue de $\phi=12$ mm y para las columnas estuvieron conformadas por un acero longitudinal de $\phi=10$ mm y estribos de $\phi=8$ mm con una separación de 15cm entre cada uno.



Figura 15. Colocación de parrillas de plintos

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4. Fundición de plintos con un hormigón simple $f^c=240\text{kg/cm}^2$. Las dimensiones del plinto son de 1,00 m x 1,00 m x 0,25 m.



Figura 16. Fundición de plintos

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

5. Una vez fundido los plintos de los pórticos, se continúa con el encofrado y fundición de los pilares cuyas dimensiones son de 0,20m x 0,20 m y 2,00 m de alto. Utilizamos un hormigón con un $f^c=240\text{kg/cm}^2$, pero cada pórtico tuvo un hormigón con diferente tipo de adición.



Figura 17. Colocación de encofrados

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

6. Fundición de pilares con un hormigón simple de $F'c=240\text{kg/cm}^2$.



Figura 18. Fundición de pilares

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 19. Colocación de aditivos de fibras de polipropileno

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

7. Se realizó el ensayo con el cono de Abrams para poder determinar la consistencia del hormigón que será empleado en la fundición de las columnas y vigas.



Figura 20. Ensayo con el cono de Abrams

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 21. Levantamiento del molde y medición del hormigón

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Levantamiento del molde y medición del asentamiento del hormigón, se obtuvo un asentamiento de 13,50 cm.

8. Una vez fundido todos los pilares de los pórticos, se empezó con el armado de las vigas, las que estuvieron conformadas por acero longitudinal $\phi=10$ mm y estribado con un $\phi=8$ mm cada 15 cm. Las dimensiones de la viga son de 0,20 m x 0,20 m y por 2,00 m de largo.



Figura 22. Armado de vigas

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 23. Desencofrado de vigas

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

9. Desencofrado de columnas al siguiente día de la fundición y dos días después de la fundición de las vigas de los pórticos procedemos a desencofrar solamente los encofrados laterales de la viga.



Figura 24. Desencofrado de los encofrados laterales

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

10. Curado de columnas y vigas hasta los 28 días del fraguado del hormigón.



Figura 25. Curado de columnas

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

10. Desencoframos las vigas de los pórticos a los 28 días.



Figura 26. Desencofrado de vigas de pórticos a 28 días

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Pórtico # 1: Hormigón con aditivo acelerante (Plastocrete 161 He)



Figura 27. Muestra de hormigón con aditivo acelerante. Pórtico # 1

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Pórtico #2 Hormigón tradicional



Figura 28. Muestra de hormigón tradicional. Pórtico # 2

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Pórtico #3 Hormigón con fibras de polipropileno (Sika Fiber)



Figura 29. Muestra de hormigón con fibras de polipropileno. Pórtico # 3

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5 Descripción del ensayo de resistencia a la compresión

4.5.1 Toma de muestras en cilindros

Se procedió a la toma de muestras de hormigón en cilindros de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm), empleando un total de 3 cilindros por pórtico que permitió obtener las resistencias a los 7,21 y 28 días. Por medio de estos cilindros se determinó que el pórtico cumpla con los requerimientos esperados para el experimento. La resistencia requerida para el estudio es de 240 kg/cm².



Figura 30. Toma de muestras en cilindros

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 31. Apisonado del hormigón por medio de una varilla lisa

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 32. Enrasado de los cilindros con muestra de hormigón

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichulca, J (2018)



Figura 33. Colocación de etiquetas para identificación de pórticos en cada cilindro.

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichulca, J (2018)



Figura 34. Curado de cilindros de hormigón

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 35. Máquina empleada para ensayo de compresión de cilindros de hormigón.

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5.2 Resistencias obtenidas de los cilindros de Hormigón

4.5.2.1 Resultados de resistencia a la compresión (Pórtico #1)

En la siguiente tabla se muestra las resistencias obtenidas para los cilindros de hormigón con aditivo plastificante, los cuales fueron analizados a los 7, 21 y 28 días.

Tabla 7. Resistencia de compresión pórtico #1

HORMIGÓN CON ADITIVO ACELERANTE $f_c=240$ kg/cm²		
ROTURA	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm²)	PORCENTAJE (%)
7 DÍAS	176,00	73%
21 DÍAS	201,71	84%
28 DÍAS	257,44	107%

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

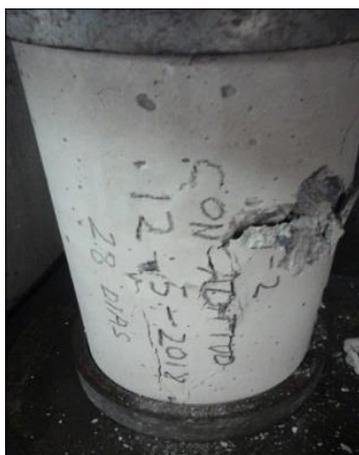


Figura 36. Cilindro de hormigón con aditivo acelerante después de ser sometido a una carga para comprobar su resistencia a los 28 días

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

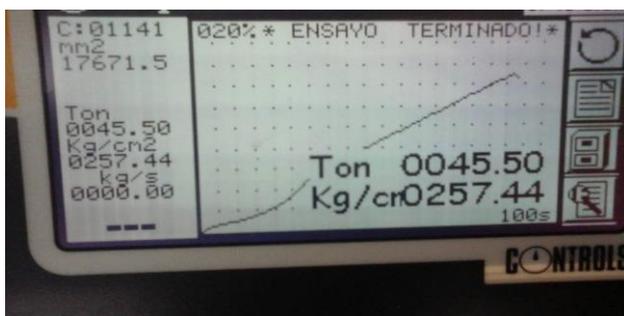


Figura 37. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón con aditivo acelerante

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5.2.2 Resultados de resistencia a la compresión (Pórtico #2)

En la siguiente tabla se muestra las resistencias obtenidas para los cilindros de hormigón tradicional, analizados a los 7, 21 y 28 días.

Tabla 8. Resistencia de compresión pórtico #2

Hormigón tradicional $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$		
ROTURA	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²)	PORCENTAJE
7 DÍAS	128,43	53%
21 DÍAS	192,89	80%
28 DÍAS	243,60	101%

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

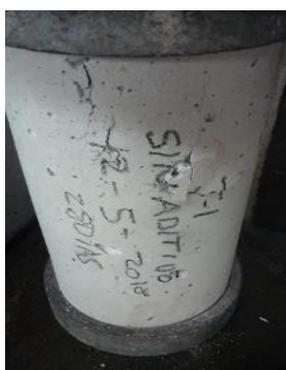


Figura 38. Cilindro de hormigón tradicional después de ser sometido a una carga para comprobar su resistencia a los 28 días

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 39. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón tradicional.

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5.2.3 Resultados de resistencia a la compresión (Pórtico #3)

A continuación, se muestran las resistencias obtenidas para los cilindros de hormigón con fibras de polipropileno, analizados a los 7, 21 y 28 días.

Tabla 9. Resistencia de compresión pórtico #3

HORMIGÓN CON FIBRAS DE POLIPROPILENO $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$		
ROTURA	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm²)	PORCENTAJE (%)
7 DÍAS	173,64	72%
21 DÍAS	194,40	81%
28 DÍAS	246,99	103%

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 40. Cilindro de hormigón con fibra de polipropileno antes de ser sometido a una carga

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

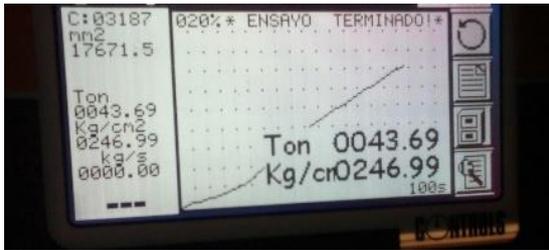


Figura 41. Resistencia obtenida a los 28 días en un cilindro de hormigón con fibras de polipropileno

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5.3 Procedimiento de medición

4.5.3.1 Ficha de medición de fisuras

Para la elaboración de estas tablas, se realizó una inspección de las fisuras de cada uno de los pórticos, a los 7, 14, 21 y 28 días. En este sentido, se trabajó con un registro donde se ingresa la longitud (cm), ancho (mm) y el lugar donde se encuentra la fisura, para así poder determinar la evolución de las mismas en los elementos estructurales y obtener conclusiones.

- Primeras Fisuras

Las primeras fisuras aparecieron al poco tiempo de haber fundido los elementos estructurales, debido al proceso de pérdida de humedad. Los datos de longitud y ancho de fisura han sido considerados a partir de la primera semana.



Figura 42. Primeras fisuras localizadas en la parte superior de la viga

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

4.5.3.1.1 Tablas de registro de fisuras

Pórtico #1

Hormigón con aditivo plastificante (7 días)

Columna

Tabla 10. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-Columna (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	3,60	0,2032	Extremo superior
2	3,10	0,2540	Extremo superior
3	4,20	0,3048	Extremo superior
4	39,40	0,3048	Extremo superior
5	2,10	0,2540	Extremo superior
6	9,20	0,3048	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Como se puede notar en los datos proporcionados en la primera ficha de medición de fisuras, se obtuvo como medida inferior a la fisura #5 con (2,10 cm) y medida mayor a la fisura #4 con (39,40 cm). De la misma manera, el ancho de las fisuras fluctúa entre 0,2032 mm y 0,3048 mm y su presencia se observa solamente en su extremo superior.



Figura 43. Medición del largo de la fisura # 5=2,10 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 44. Medición de la longitud de fisura # 4= 39,40 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 45. Medición del ancho de las fisuras # 3, #4, # 6 = 0,3048 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (7 días)

Viga

Tabla 11. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-viga (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	7,20	0,4572	Centro
2	6,60	0,4064	Centro
3	6,20	0,4572	Extremo
4	3,90	0,3048	Extremo
5	6,25	0,2540	Extremo
6	9,65	0,4064	Extremo
7	62,80	0,3048	Lateral
8	58,30	0,3048	Lateral
9	4,00	0,2540	Lateral
10	17,50	0,3048	Lateral
11	4,80	0,2032	Lateral
12	5,30	0,2540	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En relación a la toma de muestra para la medición de las fisuras presentes en las vigas, estas fueron en un total de 12, teniendo como longitud mínima la fisura# 4 con 3,90 cm, mientras que la fisura #7 alcanzó los 62,80 cm. En relación al ancho, la mínima fue de 0,2032 mm y la máxima de 0,4572 mm haciéndose evidente en las partes laterales y los extremos de la viga.

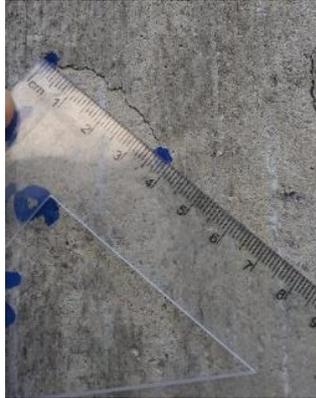


Figura 46. Medición del largo de la fisura #4= 3,90 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 47. Medición de la longitud de la fisura #7 = 62,80 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 48. Ancho máximo de fisura #3= 0,4572 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (14 días)

Columna

Tabla 12. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1- Columna (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	4,00	0,2032	Extremo superior
2	4,30	0,2540	Extremo superior
3	5,90	0,3048	Extremo superior
4	47,60	0,3048	Extremo superior
5	2,15	0,2540	Extremo superior
6	9,85	0,3048	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Para esta ficha correspondiente al pórtico con aditivo (14 días), se observó que la fisura #5 se ha incrementado a 2,15 cm y la fisura #4 a 47,60 cm. De la misma manera, el ancho de las fisuras fluctúa entre 0,2032 mm y 0,3048 mm y su presencia se observa solamente en su extremo superior.

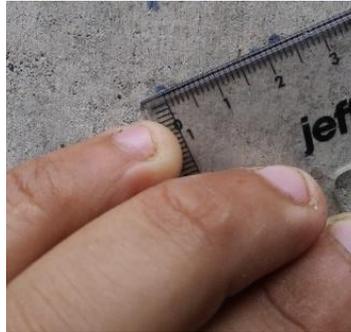


Figura 49. Medición del largo de la fisura # 5= 2,15 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 50. Medición de la longitud de fisura # 4= 47,60 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 51. Medición del ancho de la fisura #4= 0,3048 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (14 días)

Viga

Tabla 13. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-viga (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	8,30	0,5588	Centro
2	8,80	0,4064	Centro
3	7,20	0,6696	Extremo
4	4,40	0,3048	Extremo
5	7,65	0,2540	Extremo
6	10,70	0,4572	Extremo
7	88,15	0,3048	Lateral
8	78,20	0,3556	Lateral

9	5,10	0,2540	Lateral
10	20,20	0,3556	Lateral
11	6,35	0,2032	Lateral
12	8,55	0,2540	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Según los datos proporcionados en esta ficha de medición de fisuras, se obtuvo como longitud menor a la fisura #4 con 4,40 cm y longitud mayor a la fisura #7 con 88,15 cm. En lo que se refiere al ancho de la fisura la fisura #3 obtuvo un ancho máximo de 0,6696 mm y su presencia se observa en el extremo de la viga.



Figura 52. Medición de longitud de fisura #4= 4,40 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 53. Medición de la longitud de fisura # 7= 88,15 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 54. Medición del ancho de fisura #3= 0,6696 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (21 días)

Columna

Tabla 14. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-columna (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	5,90	0,2540	Extremo superior
2	5,20	0,3048	Extremo superior
3	6,80	0,3556	Extremo superior
4	49,70	0,3556	Extremo superior
5	3,45	0,3048	Extremo superior
6	11,15	0,3556	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Para la presente ficha de medición de fisuras, se evidencia como longitud menor a la fisura #5 con 3,45 cm y longitud mayor a la fisura #4 con 49,70 cm. En lo que se refiere al ancho, las fisuras #3, #4 y #6 obtuvieron un ancho máximo de 0,3556 mm y su presencia se observa en su extremo superior.



Figura 55. Medición de la longitud de la fisura # 5 = 3,45 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 56. Medición de la longitud de fisura # 4= 49,70 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 57. Medición del ancho de fisura # 3, #4, #6= 0,3556 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (21 días)

Viga

Tabla 15. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-viga (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	10,30	0,6696	Centro
2	10,80	0,5588	Centro
3	8,60	0,7112	Extremo
4	5,70	0,3556	Extremo
5	7,65	0,3048	Extremo
6	10,70	0,5588	Extremo
7	88,15	0,3048	Lateral

8	78,20	0,4064	Lateral
9	5,10	0,2540	Lateral
10	20,20	0,4064	Lateral
11	6,35	0,2540	Lateral
12	8,55	0,2540	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Según los datos proporcionados en esta ficha de medición de fisuras, se obtuvo como longitud menor a la fisura #9 con 5,10 cm y longitud mayor a la fisura #7 con 88,15 cm. En lo que se refiere al ancho de la fisura #3, se evidencia un ancho máximo de 0,7112 mm y su presencia se ubica el extremo de la viga.



Figura 58. Medición de la longitud de la fisura # 9 = 5,10 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 59. Medición de la longitud de fisura #7= 88,15 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 60. Medición del ancho de fisura # 3= 0,7112 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (28 días)

Columna

Tabla 16. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-columna (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	6,40	0,2540	Extremo superior

2	5,50	0,3048	Extremo superior
3	7,20	0,3556	Extremo superior
4	50,00	0,3556	Extremo superior
5	3,70	0,3048	Extremo superior
6	11,50	0,3556	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

La presente ficha de medición de fisuras, demuestra como longitud menor a la fisura #5 con 3,70 cm y longitud mayor a la fisura #4 con 50,00 cm. En lo que se refiere al ancho, las fisuras #3, #4 y #6 obtuvieron un ancho máximo de 0,3556 mm y su presencia se observa en su extremo superior.



Figura 61. Medición de la longitud de la fisura # 5= 3,70 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 62. Medición de la longitud de fisura #4 = 50,00 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 63. Medición del ancho de fisura #3, #4, #6= 0,3556 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con aditivo plastificante (28 días)

Viga

Tabla 17. Ficha de medición de fisuras Pórtico #1-viga (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	11,00	0,6696	Centro

2	11,30	0,5588	Centro
3	9,05	0,7112	Extremo
4	6,20	0,3556	Extremo
5	8,00	0,3048	Extremo
6	11,20	0,5588	Extremo
7	89,90	0,3048	Lateral
8	79,20	0,4064	Lateral
9	6,40	0,2540	Lateral
10	22,50	0,4064	Lateral
11	7,20	0,2540	Lateral
12	9,40	0,2540	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta ficha de medición, se obtiene como longitud menor a la fisura #4 con 6,20 cm y longitud mayor a la fisura #7 con 89,90 cm. En lo que se refiere al ancho de la fisura la fisura #3 obtuvo un ancho máximo de 0,7112 mm y su presencia se observa en el extremo de la viga.

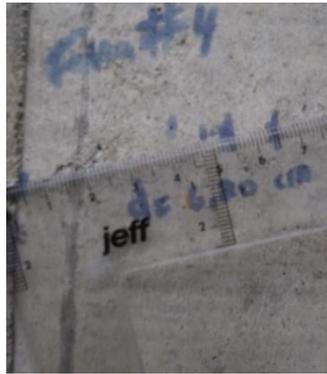


Figura 64. Medición de la longitud de la fisura #4 = 6,20 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 65. Medición de la longitud de fisura # 7

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 66. Medición de ancho de fisura # 3 = 0,7112 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Pórtico #2

Hormigón tradicional (7 días)

Columna

Tabla 18. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-columna (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	8,85	0,1016	Extremo superior
2	9,10	0,1016	Extremo superior
3	6,40	0,1016	Extremo superior
4	3,30	0,2032	Extremo superior
5	3,15	0,2540	Extremo superior
6	7,55	0,2032	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta tabla podemos se observa que, a los 7 días después de la fundición del pórtico, la fisura # 5 obtuvo la longitud menor a todas de 3,15 cm, mientras que la fisura #2 alcanzo una longitud mayor de 9,10 cm. En lo que se refiere al ancho de fisura, los valores fluctuaron desde 0,1016 mm a 0,2540 mm.



Figura 67. Medición de la longitud de la fisura # 5 = 3,15 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 68. Medición de longitud de fisura # 2 = 9,10 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 69. Medición de ancho de fisuras (0, 1016 mm – 0,2540 mm)

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón tradicional (7 días)

Viga

Tabla 19. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-viga (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	5,25	0,3048	Centro
2	3,45	0,1016	Centro
3	4,30	0,1016	Extremo
4	1,90	0,1016	Extremo
5	8,45	0,3048	Extremo
6	7,60	0,3048	Lateral
7	35,60	0,1016	Lateral
8	4,30	0,1016	Lateral
9	39,40	0,1016	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta tabla se obtuvo como longitud mínima a la fisura # 4 con 1,90 cm (extremo de la viga) y una longitud máxima a la fisura #9 con 39,40 cm (parte lateral de la viga). También realizando la medición hemos obtenido como máximo ancho de fisura a las fisuras #1, #5 y #6 con un espesor de 0,3048 mm.



Figura 70. Medición de la longitud de la fisura # 4= 1,90 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 71. Medición de longitud de fisura # 9 = 39,40 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 72. Medición del ancho de fisura #1, #5, #6 = 0,3048 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón Tradicional (14 días)

Columna

Tabla 20. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-columna (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	10,20	0,2032	Extremo superior
2	13,20	0,2032	Extremo superior
3	7,25	0,2032	Extremo superior
4	4,30	0,2032	Extremo superior
5	3,75	0,3048	Extremo superior
6	8,25	0,2032	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta ficha de medición se puede observar que la fisura #5 fue la de menos longitud con 3,75 cm, mientras que la fisura # 2 alcanzó una mayor longitud que las demás, con 13,20 cm.

En lo respecta al ancho de fisura el máximo valor, se vio reflejado en la fisura # 5 con un espesor de 0,3048 mm y se las observa con frecuencia en el extremo superior de la columna.

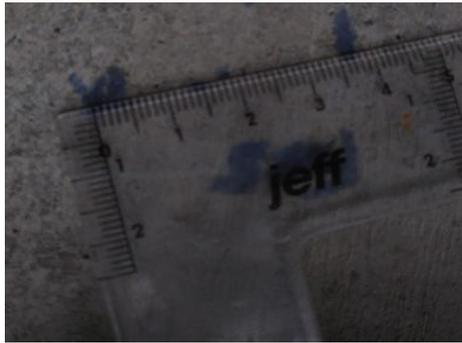


Figura 73. Medición de la longitud de fisura # 5= 3,75 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 74. Medición de la longitud de fisura # 2= 13,20 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 75. Medición de ancho de fisura # 5 = 0,3048 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón tradicional (14 días)

Viga

Tabla 21. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-viga (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	6,25	0,3556	Centro
2	3,85	0,2032	Centro
3	5,40	0,2032	Extremo
4	2,00	0,2032	Extremo
5	9,45	0,4064	Extremo
6	9,60	0,4064	Lateral
7	40,60	0,2032	Lateral
8	5,20	0,2032	Lateral
9	49,25	0,2032	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichulca, J (2018)

En esta tabla se obtuvo como fisura de menor longitud a la fisura #4 con tan solo 2,00 cm, también podemos decir que la fisura #9 alcanzó una longitud mayor a todas de la tabla, la cual fue de 49,25 cm. Cabe mencionar que los valores de ancho de fisura que

más destacaron son los de las fisuras #5 y #6, los cuales alcanzaron un valor de 0,4064 mm.

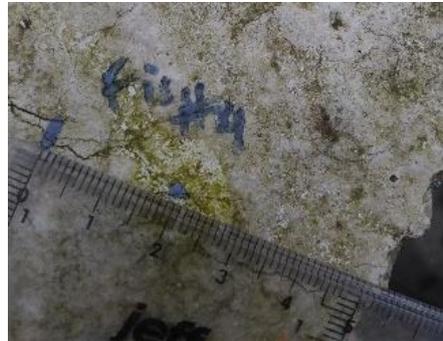


Figura 76. Medición de la longitud de la fisura # 4= 2,00 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 77. Medición de longitud de fisura # 9= 49,25 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 78. Medición del ancho de fisuras #5 y #6= 0,4064 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón tradicional (21 días)

Columna

Tabla 22. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-columna (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	11,50	0,2540	Extremo superior
2	15,25	0,2540	Extremo superior
3	9,15	0,2032	Extremo superior
4	5,25	0,2032	Extremo superior
5	4,35	0,3556	Extremo superior
6	9,75	0,2540	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

El análisis de la ficha evidencia que, la longitud menor obtenida fue la fisura # 5 con un valor de 4,35 cm, mientras que la longitud mayor le corresponde a la fisura #2, con un valor de 15,25 cm. En lo que respecta al ancho más significativo le corresponde a la fisura # 5, con un valor de 0,3556 mm, la que se encuentra ubicada en el extremo superior de la columna.



Figura 79. Medición de la longitud de la fisura #5 = 4,35 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 80. Medición de la longitud de fisura # 2 = 15,25 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 81. Medición del ancho de fisura # 5 = 0,3556 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón tradicional (21 días)

Viga

Tabla 23. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-viga (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	7,35	0,4064	Centro
2	4,75	0,2032	Centro
3	6,55	0,2540	Extremo
4	2,95	0,2032	Extremo
5	10,45	0,5588	Extremo
6	11,60	0,4572	Lateral
7	49,50	0,2540	Lateral
8	6,40	0,2032	Lateral
9	55,20	0,2032	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Según los datos proporcionados en esta ficha de medición de fisuras, se obtuvo como longitud menor a la fisura #4, con un valor de 2,95 cm y longitud mayor a la fisura #9, con un valor de 55,20 cm. En lo que se refiere al ancho de la fisura, la fisura #5 obtuvo un ancho máximo de 0,5588 mm y su presencia se observa en el extremo de la viga.



Figura 82. Medición de la longitud de fisura #4= 2,95 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 83. Medición de la longitud de fisura # 9= 55,20 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 84. Medición del ancho de fisura #5= 0,5588 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón tradicional (28 días)

Columna

Tabla 24. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-columna (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	13,30	0,2540	Extremo superior
2	17,90	0,3048	Extremo superior

3	10,50	0,2032	Extremo superior
4	7,00	0,2540	Extremo superior
5	6,50	0,5588	Extremo superior
6	10,80	0,3048	Extremo superior

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Con la información se puede observar que la fisura de menor longitud fue la fisura # 5, con un valor de 6,50 cm; mientras que la fisura de mayor longitud fue la #2, con un valor de 17,90 cm.

En lo que respecta al ancho de las fisuras, se obtuvo como valor más significativo a la fisura # 5, la cual demostró un valor de 0,5588 mm de ancho y estuvo localizada en el extremo superior de la columna.



Figura 85. Medición de la longitud de fisura # 5= 6,50 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 86. Medición de la longitud de fisura # 2 = 17,90 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 87. Medición del ancho de fisura #5= 0,5588 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón Tradicional (28 días)

Viga

Tabla 25. Ficha de medición de fisuras Pórtico #2-viga (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	8,80	0,4572	Centro
2	5,50	0,2032	Centro

3	7,40	0,3048	Extremo
4	4,90	0,2032	Extremo
5	12,10	0,6604	Extremo
6	13,60	0,5508	Lateral
7	53,50	0,3048	Lateral
8	7,60	0,2540	Lateral
9	59,50	0,2540	Lateral

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta ficha se observa que la fisura de menor longitud fue la # 4, con un valor de 4,90 cm; mientras que la fisura de mayor longitud fue la #9, con un valor de 59,50 cm.

En lo que respecta al ancho de las fisuras se obtuvo como valor más significativo a la fisura # 5, la cual obtuvo un valor de 0,6604 mm de ancho y estuvo localizada en uno de los extremos de la viga.



Figura 88. Medición de la longitud de fisura # 4 = 4,90 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 89. Medición de longitud de fisura # 9 = 59,50 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 90. Medición de ancho de fisura # 5 = 0,6604 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Pórtico #3

Hormigón con fibras de polipropileno (7 días)

Columna

Tabla 26. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-columna (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
No se observan fisuras			

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (7 días)

Viga

Tabla 27. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-viga (7 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	7,50	0,3048	Extremo
2	4,20	0,2540	Extremo
3	5,80	0,3048	Extremo
4	6,15	0,1016	Extremo

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta ficha se observa que la fisura de menor longitud fue la # 2, con un valor de 4,20 cm; mientras que la fisura de mayor longitud fue la #1, con un valor de 7,50 cm.

En lo que respecta al ancho de las fisuras se obtuvo como valor más significativo a las fisuras # 1 y #3, las cuales tuvieron un valor de 0,3048 mm.



Figura 91. Medición de longitud de fisura # 2 = 4,20 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 92. Medición de longitud de fisura # 1 = 7,50 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 93. Medición de ancho de fisuras #1 y #3= 0,3048 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (14 días)

Columna

Tabla 28. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-columna (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
No se presentaron fisuras			

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (14 días)

Viga

Tabla 29. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-viga (14 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	7,95	0,3556	Extremo
2	5,10	0,3048	Extremo
3	6,43	0,3048	Extremo
4	6,77	0,1016	Extremo

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

En esta ficha se puede observar que la fisura de menor longitud fue la # 2, con un valor de 5,10 cm; mientras que la fisura de mayor longitud fue la #1, con un valor de 7,95 cm.

En lo que respecta al ancho de las fisuras se obtuvo como valor más significativo a la fisura # 1, la cual tuvo un valor de 0,3556 mm.



Figura 94. Medición de la longitud de fisura # 2 = 5,10 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 95. Medición de la longitud de fisura # 1 = 7,95 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 96. Medición del ancho de fisura # 1 = 0,3556 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (21 días)

Columna

Tabla 30. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-columna (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
No se presentaron fisuras			

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichulca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (21 días)

Viga

Tabla 31. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-viga (21 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	8,35	0,3556	Extremo
2	5,17	0,3048	Extremo
3	6,48	0,3048	Extremo
4	6,80	0,1016	Extremo

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichulca, J (2018)

En esta tabla de medición se pudo observar que la fisura de menor longitud es la # 2, con un valor de 5,17 cm; mientras que la fisura de mayor longitud fue la #1, con un valor de 8,35 cm.

En lo que respecta al ancho de las fisuras se obtuvo como valor más significativo a la fisura # 1, la cual tuvo un valor de 0,3556 mm.



Figura 97. Medición de longitud de fisura #2 = 5,17 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 98. Medición de longitud de fisura # 1= 8,35 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 99. Medición de ancho de fisura # 1= 0,3556 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (28 días)

Columna

Tabla 32. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-columna (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
No se presentaron fisuras			

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Hormigón con fibras de polipropileno (28 días)

Viga

Tabla 33. Ficha de medición de fisuras Pórtico #3-viga (28 días)

Fisura N°.	Longitud de la fisura(cm)	Ancho de la fisura(mm)	Lugar de la fisura
1	9,00	0,4572	Extremo
2	5,60	0,3048	Extremo
3	6,92	0,3556	Extremo
4	6,80	0,1016	Extremo

Elaborado por: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Esta tabla corresponde a los 28 días de análisis del pórtico de hormigón con fibras de polipropileno en la que dio como resultado que la fisura # 2, se mantuvo como longitud mínima hasta llegar con un valor de 5,60 cm; mientras que la fisura #1 alcanzo una longitud de 9,00 cm.

En lo que se refiere al ancho de las fisuras se obtuvo como valor más significativo a la fisura # 1, la cual finalizó en el tiempo de estudio con un ancho de 0,4572mm.



Figura 100. Medición de la longitud de fisura #2 = 5,60 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 101. Medición de la longitud de fisura # 1= 9,00 cm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)



Figura 102. Medición del ancho de la fisura # 1 = 0,4572 mm

Fuente: Amay Lozada, O & Herrera Guachichullca, J (2018)

Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de la investigación concluyen que:

- Se dedujo por medio de las tablas de registro de fisuras, que tanto la cantidad, ancho y largo de las fisuras en las vigas fueron mayores que las de las columnas de los pórticos estudiados. Analizando esto, podemos decir que la retracción por secado en los elementos estructurales es más visible en las vigas que en las columnas.
- En el pórtico #1 (Hormigón con aditivo plastificante) se pudo observar la presencia de fisuras iniciales a mayor velocidad que los demás pórticos.
- Otro aspecto que cabe mencionar es que el pórtico #1 (Hormigón con aditivo plastificante) fue el que tuvo mayor número de fisuras, lo cual no es aconsejable usarlo si se quiere evitar fisuras.
- La pérdida excesiva de humedad, la sección del elemento y la calidad del hormigón empleado en la fundición de elementos estructurales, son los factores que más inciden en el proceso de la retracción. Y si no se corrige esto, se pueden producir grietas que luego de un tiempo ocasionan problemas como corrosión en el acero estructural de la viga o columna.
- Los métodos más efectivos que se pueden aplicar para contrarrestar la retracción por secado son: el curado diario mediante la aspersion de agua sobre los elementos o si nos encontramos en un lugar donde el agua es escasa es una buena opción fundir las vigas y columnas con un hormigón con fibras de polipropileno, ya que tiene un mejor comportamiento ante las fisuras y lo hemos comprobado en esta investigación, puesto que fue el pórtico que tuvo menor cantidad y dimensión en sus fisuras.

Recomendaciones

Como parte de las recomendaciones, se pueden mencionar las siguientes:

- Estudiar más a fondo por qué el hormigón con aditivo plastificante tiene un fisuramiento acelerado inicial, para así poder conocer la influencia que tiene el aditivo sobre el hormigón.
- Utilizar un cemento con adiciones puzolánicas, para fabricar un hormigón y observar su comportamiento.
- Analizar con más amplitud la relación agua/cemento y cómo afecta en la retracción por secado de un elemento estructural.
- Extender el tema de estudio empleando fibras que puedan ser recicladas y posteriormente ser utilizadas para fabricar hormigones que ayuden en cierta forma a disminuir los efectos de la retracción y contribuyan con el medio ambiente.

Bibliografía

- A Fernández-Jiménez, Á. P. (2009). HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA H-70. *Ingenieria de construccion scielo*.
- A.E Idiart1, C. M. (2014). Análisis Meso-Estructural de la retracción por secado del hormigón. *Análisis de mecánica de la Fractura*, 2014.
- Arias, E. G. (JUNIO de 2012). NUEVA TECNICA DE DOSIFICACION DE HORMIGONES. *CEDEX(342)*. Recuperado el 24 de FEBRERO de 2018
- Bazant, Z. P. (2013). Drying creep of concrete: constitutive model and new experimentes separating its mechanims. *Materials and Structures*, 3-14.
- Daderko, G. (2015). *La norma propuesta para materiales cementicios facilitará la mezcla de materiales*. Obtenido de Lafarge Company: <https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/Q107/q107jancement.html>
- Diaz, M. (2013). *Evaluación de la fisuración de hormigones en zonas marinas, producto de cambios autógenos de volumen, específicamente secado*. Obtenido de Repositorio Universidad Central "Martha Abreu de las villas: <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6314/Mercedes%20Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escuela de Ingeniería Técnica Civil. (2012). *Hormigón: Tipos de hormigón y sus propiedades*. Madrid: UPCT.
- FB-BLANCO. (2016). materiales de construccion HORMIGON. *escuela de ingenieros*, 9-12.
- Gad Municipal La Troncal. (15 de Noviembre de 2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del Cantón La Troncal*. La Troncal: Jefatura de Planeamiento y Desarrollo Territorial. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGNOSTICO%20GAD%20LA%20TRONCAL%20FINAL_15-11-2014.pdf

- García, Á. (2014). Tecnología y terapéutica del hormigón armado. *Revista de Ingeniería*, 23-85.
- Grether, R., Saus, H., & González, A. (2014). Retracción por secado en muestras de hormigones con agregados livianos. *Revista de Tecnología del Hormigón en la vicienda del Mercosur*.
- Helene, P., & Pereira, F. (2014). Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección. *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTE*, 11.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC: Estructuras de Hormigón Armado*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2011). *NTE INEN 2554:Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (Utilizando una viga simple con carga en los tercios)*. Quito: INEN .
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2015). *Componentes y propiedades del cemento*. Obtenido de IECA: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2014). *El cemento Portland*. Obtenido de IMCYC: <http://www.imcyc.com/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *NTE INEN 1762: Hormigón. Definiciones y terminología*. Quito: INEN. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/nte_inen_1762.pdf
- líderes. (2012). En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido. *revista líderes*.
- Marín, J. A. (2013). Microestructura del Hormigón. *Repositorio Digital de la UPCT*, 28-33.

- METHA, M. Y. (2001). *Estudio microestructural y los procesos de hidratación de cementos con adiciones*. universidad politecnica de Madrid, ingeniería civil-construcción.
- MONTOYA MESSEGUER. (s.f.). CONSISTENCIA DE HORMIGONES. GUSTAVO GILI.
- Pat, I. F. (20 de 02 de 2013). *revitalizatemexico*. Recuperado el 02 de 01 de 2018, de revitalizatemexico:
<https://revitalizatemexico.wordpress.com/2013/02/20/agrietamientos-por-retraccion-por-secado-en-el-concreto/>
- PUERTAS, F., & BLANCO, Á. P. (1999). Microestructuras interfaciales en el hormigón. *materconstrucc.revistas.csic*, 1-16.
- PUERTAS, F., & BLANCO, Á. P. (s.f.). Interface Microstructures in Concrete. *materconstrucc*, 1-44.
- Ramírez, R., Chagoyén, E., & Martinera, J. (2017). Caracterización de cambios de volumen en hormigones producidos en Cuba y sus aplicaciones. *Revista de Obras y Proyectos*, 50-63.
- ROBERTO, J. (3 de SEPTIEMBRE de 2014). HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA. *DCSPACE*, 13.
- Sanguinetti, B., Astori, R., & Bizzott. (2015). Retracción por secado en hormigones de alto desempeño. *Instituto de Estabilidad- Las Heras* .
- SERRANO, J. R. (2014). *HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA*. QUITO.
- TOXEMENT, E. G. (2017). *FISURAS POR RETRACCIÓN POR SECADO*.
- Vallejo, A. D. (2012). MATERIALES CEMENTICIOS. *redalyc*, 23.
- Varona, F., López, J., & Bañón, L. (2012). *Apuntes de hormigón armado*. Alicante: EPNUA.

Anexos

Anexo #1



Anexo #2



Anexo #3



Anexo #4

