



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL HORMIGÓN TRADICIONAL VS.
HORMIGÓN CON FIBRAS DE VIDRIO Y DE ACERO”**

Trabajo de grado presentado para la obtención del título de
ingeniera civil.

Autor: Sonia Tamara Sánchez Valencia

Tutora: Ing. Carmen Terreros, Phd.

Samborondón, Marzo 2016.

CERTIFICACIÓN FINAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de la estudiante **Sonia Tamara Sánchez Valencia** que cursa estudios en la Escuela de Ingeniería Civil, dictado en la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de tesis con el título: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL HORMIGÓN TRADICIONAL VS. HORMIGÓN CON FIBRAS DE VIDRIO Y DE ACERO**, presentado por la estudiante **Sonia Tamara Sánchez Valencia** con cédula de ciudadanía N°. 0922968243, como requisito previo para optar el Grado Académico de Ingeniera Civil, y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, para presentarse a la Defensa Final.

Tutora: Ing. Carmen Terreros, Phd, Msc.

Samborondón, Marzo 2016.

DEDICATORIA

Es un maravilloso placer culminar satisfactoriamente esta etapa de mi carrera como estudiante, por ello quiero agradecer a Dios por el camino recorrido a largo de mi vida impulsándome a superar mis metas permitiéndome llegar a este momento tan especial en mi vida y formación profesional. A mis padres por darme la oportunidad de estudiar, por acompañarme en los momentos más importantes de mi vida, brindándome su comprensión, cariño, amor, apoyándome incondicionalmente y por ser un ejemplo de superación a seguir. A mis hermanas por alentarme a seguir adelante siendo perseverantes y siguiendo adelante sin decaer. A mis familiares y amigos que de alguna u otra forma me apoyaron durante toda mi carrera e incentivaron esta investigación.

Sonia Tamara Sánchez Valencia

RECONOCIMIENTO

Debo agradecer de manera especial y sincera a la Ing. Carmen Terreros de Varela y al Ing. Urbano Caicedo, quienes han sido parte fundamental del presente trabajo guiándome en los análisis suscitados en el transcurso del mismo y sobre todo por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

Le agradezco a las empresas Comercial KRON S.A. Cantera CANVER, HOLCIM, Comercial Pichincha (Fibras de Vidrio), BEKAERT- DRAMIX (Fibra de Acero) y sobre todo a la UEES por permitir desarrollar esta investigación, además agradezco a Franklin Barros por el apoyo brindado durante la ejecución de mis pruebas de laboratorio; y a todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que este trabajo de investigación pudiera llevarse a cabo.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE GRAFICOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
ABREVIATURAS.....	4
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	6
1.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Sistematización del Problema.....	9
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo General.....	9
1.4.2 Objetivos Específicos.....	9
1.5 Justificación.....	10
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.....	12
2.1 Marco Histórico.....	12
2.1.1 Historia del Hormigón.....	12
2.1.2 Historia de la Fibra de vidrio y fibra de acero.....	12
2.2 Marco Teórico.....	13
2.2.1 Hormigón Tradicional.....	13
2.2.2 Hormigón con sus tipos de Fibras y sus usos.....	14
2.3 Marco Conceptual.....	19
2.3.1 Problemas del Hormigón.....	19
2.3.1 Principales Propiedades del Hormigón.....	20
2.4 Marco Legal.....	24
2.4.1 Referencias Normativas del Hormigón con Fibras de Vidrio y de Acero.....	24

2.4.2	Sistema de Aseguramiento de Calidad del Hormigón	27
2.5	Hipótesis	29
CAPITULO III: METODOLOGIA		31
3.1	Diseño de la investigación	31
3.2	Población y muestra	32
3.3	Instrumentos de recolección de datos	37
3.4	Técnicas de investigación y pasos a utilizar	38
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		40
4.1	Agregados	40
4.1.1	Agregado grueso	40
4.1.2	Agregado Fino	42
4.1.3	Cemento	44
4.1.4	Aditivo	44
4.1.5	Agua	45
4.1.5	Fibras	45
4.2	Diseño de mezclas de un hormigón tradicional con fibras de vidrio y fibras de acero	47
4.2.1	Parámetros de dosificación para los diseños de mezclas del hormigón con fibras de vidrio y fibras de acero	47
4.2.1	Parámetros para la elaboración del Modelo Matemático para los diseños de mezclas del hormigón con fibras de vidrio y fibras de acero	48
4.3	Elaboración de las mezclas de un Hormigón Tradicional con fibra de vidrio y de acero	55
4.3.1	Muestreo	55
4.3.2	Asentamiento del hormigón en estado fresco	56
4.4	Elaboración de las probetas cilíndricas y vigas rectangulares	56
4.4.1	Muestreo de cilindros	56
4.4.2	Muestreo de vigas	57
4.4.3	Curado	58
4.5	Determinación de la resistencia a compresión y flexión en las muestras elaboradas de un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero	58
4.5.1	Resistencia a la compresión	58
4.5.2	Resistencia a la flexión	59

4.6	Análisis e interpretación de los diseños de un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero	61
4.6.1	Resultados de los diseños.....	61
4.6.1.1	Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño Patrón.....	61
4.6.1.1.1	ENSAYO A LA COMPRESIÓN	61
4.6.1.1.2	ENSAYO A LA FLEXIÓN.....	62
4.6.1.2	Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Acero. .	64
4.6.1.2.1	ENSAYO A LA COMPRESIÓN	64
4.6.1.2.1.1	A LOS 7 DIAS	65
4.6.1.2.1.2	A LOS 28 DIAS	67
4.6.1.2.2	ENSAYO A LA FLEXIÓN	69
4.6.1.2.2.1	A LOS 7 DIAS	70
4.6.1.2.2.2	A LOS 28 DIAS	72
4.6.1.2.3	PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE ACERO 74	
4.6.1.2.4	ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON DE 280 KG/CM2 AÑADIENDO FIBRAS DE ACERO	75
4.6.1.3	Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Vidrio ..	76
4.6.1.3.1	ENSAYO A LA COMPRESIÓN	76
4.6.1.3.1.1	A LOS 7 DIAS	77
4.6.1.3.1.2	A LOS 28 DIAS	79
4.6.1.3.2	ENSAYO A LA FLEXIÓN	81
4.6.1.3.2.1	A LOS 7 DIAS	82
4.6.1.3.2.2	A LOS 28 DIAS	84
4.6.1.3.3	PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE VIDRIO 86	
4.6.1.3.4	ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON DE 280 KG/CM2 AÑADIENDO FIBRAS DE VIDRIO	87

4.6.1.4	Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Acero y de Vidrio	88
4.6.1.4.1	ENSAYO A LA COMPRESIÓN	88
4.6.1.4.1.1	A LOS 7 DIAS	89
4.6.1.4.1.2	A LOS 28 DIAS	91
4.6.1.4.2	ENSAYO A LA FLEXIÓN	93
4.6.1.4.2.1	A LOS 7 DIAS	94
4.6.1.4.2.2	A LOS 28 DIAS	96
4.6.1.4.3	PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	98
4.6.1.4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGÓN DE 280 KG/CM² AÑADIENDO FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	99
4.7	Análisis de Costos para un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero	100
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		103
5.1	Conclusiones	103
5.2	Recomendaciones	107
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA		110
CAPÍTULO VII: ANEXOS		114
ANEXO 1:	FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO HOLCIM TIPO GU	114
ANEXO 2:	FICHA TÉCNICA DEL ADICTIVO SIKACEM	115
ANEXO 3:	FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE VIDRIO	116
ANEXO 4:	FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ACERO	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Elementos del hormigón.- cemento, agua, arena y piedra.....	13
Figura 2	Esfuerzo máximo que puede soportar una fibra	15
Figura 3	Resistencia Última del compuesto y de la masa de la fibra	15
Figura 4	Clasificación de Drámix según sus propiedades mecánicas	17
Figura 5	Fibra de Acero Drámix 3D	17
Figura 6	Hilos de Fibra de Vidrio.	18
Figura 7	Segregación del Hormigón.	19
Figura 8	Exudación del Hormigón Puesto en sitio y en reposo.	19
Figura 9	Procesos de Ensayos definidos por la ASTM.	20
Figura 10	Prueba de revenimiento definidos por la ASTM.	21
Figura 11	Segregación del Hormigón	21
Figura 12	Pasos para realizar el ensayo de Cono de Abrams	22
Figura 13	Efecto del tamaño de la arena según la distribución de las fibras de 40 mm de longitud SFRC (ACI 544.1R-96, 2009).....	25
Figura 14	Cilindro a usar en la mezcla	33
Figura 15	Vigueta a usar en la mezcla	33
Figura 16	Diseño del hormigón tradicional de 280 kg/cm²	36
Figura 17	Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado grueso según la norma ASTM C 127.....	41
Figura 18	Ensayo para determinar la granulometría de los agregados según la norma ASTM C 33.....	42
Figura 19	Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado fino según la norma ASTM C 128.	43
Figura 20	Ensayo para determinar la granulometría de los agregados según la norma ASTM C 33.....	43
Figura 21	Cemento Holcim Tipo GU.....	44
Figura 22	Adictivo SikaCem.....	45
Figura 23	Fibra de Vidrio.	46
Figura 24	Fibra de Acero.....	46
Figura 25	Ecuación Lineal para obtener la variable $X_{m\acute{a}x}$	49
Figura 26	Matriz Principal para la obtención de la variable	49
Figura 27	Procedimiento para la obtención de la Matriz Principal.....	50
Figura 28	Matriz A.	51
Figura 29	Matriz A^T	51
Figura 30	Matriz C.....	52
Figura 31	Matriz C^{-1}	52
Figura 32	Matriz P.....	53
Figura 33	Matriz X.....	53

Figura 34 Se obtiene el $X_{m\acute{a}x}$ te3rico mediante el M3todo de los M3nimos Cuadrados.	54
Figura 35 Elaboraci3n de la mezcla de hormig3n tradicional con fibras de vidrio y de acero elaborada en el laboratorio.	55
Figura 36 Ensayo de asentamiento al hormig3n en estado fresco seg3n la norma ASTM C 143.....	56
Figura 37 Elaboraci3n de cilindros de hormig3n tradicional con fibra de vidrio y de acero.	57
Figura 38 Elaboraci3n de vigas rectangulares de hormig3n tradicional con fibra de vidrio y de acero.	57
Figura 39 Desencofrado de cilindros y vigas para luego ser colocados en la piscina de curado.	58
Figura 40 Ensayo para determinar la resistencia a la compresi3n seg3n la norma ASTM C 39.....	59
Figura 41 Ensayo para determinar la resistencia a la flexi3n seg3n la norma ASTM C 79.....	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Fibras Sintéticas Seleccionadas.....	14
Tabla 2 Principales Propiedades de la Fibra.....	22
Tabla 3 Fibras Microsintéticas y Macrosintéticas según ACI Comité 544, 2009)	25
Tabla 4 Correspondencia entre norma ISO 9000:1994 con ISO 9000:2000	28
Tabla 5 Cantidad de cilindros a realizar	33
Tabla 6 Cantidad de viguetas a realizar	33
Tabla 7 Cantidad de proporción a usar en los materiales de hormigón.....	34
Tabla 8 Diseño Patrón para un Hormigón 280 kg/cm ²	34
Tabla 9 Diseño del hormigón tradicional de 280 kg/cm ²	35
Tabla 10 Porcentaje de Dosificación para añadir en un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm ²	36
Tabla 11 Características del agregado grueso.....	40
Tabla 12 Características del agregado fino.....	42
Tabla 13 Dosificación del diseño patrón para un Hormigón 280 kg/cm ³	48
Tabla 14 Tabla de resultados de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	61
Tabla 15 Resumen de resultados de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	61
Tabla 16 Tabla de resultados de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	62
Tabla 17 Resumen de resultados de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	63
Tabla 18 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	64
Tabla 19 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	65
Tabla 20 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero	66
Tabla 21 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	67
Tabla 22 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	68
Tabla 23 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	69
Tabla 24 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	70
Tabla 25 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero	71
Tabla 26 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	72

Tabla 27	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero	73
Tabla 28	Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero	74
Tabla 29	Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero.....	74
Tabla 30	Incremento dela resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero	75
Tabla 31	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	76
Tabla 32	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	77
Tabla 33	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	78
Tabla 34	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	79
Tabla 35	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	80
Tabla 36	Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	81
Tabla 37	Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	82
Tabla 38	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	83
Tabla 39	Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	84
Tabla 40	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	85
Tabla 41	Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	86
Tabla 42	Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	86
Tabla 43	Incremento dela resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio	87
Tabla 44	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	88
Tabla 45	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	89
Tabla 46	Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	90
Tabla 47	Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	91

Tabla 48 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	92
Tabla 49 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	93
Tabla 50 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	94
Tabla 51 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio. .	95
Tabla 52 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	96
Tabla 53 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	97
Tabla 54 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	98
Tabla 55 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	98
Tabla 56 Incremento de la resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	99
Tabla 57 APU de un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm ²	100
Tabla 58 APU de un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm ² , de la Fibra de Vidrio y de la Fibra de Acero.	100
Tabla 59 Presupuesto para un hormigón tradicional de 280 kg/cm ² y un Hormigón de 280 kg/cm ² con Fibras de Acero y de Vidrio.	101

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Crecimiento de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	62
Gráfico 2 Crecimiento de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).....	63
Gráfico 3 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.....	65
Gráfico 4 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.	66
Gráfico 5 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.....	67
Gráfico 6 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.	68
Gráfico 7 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.....	70
Gráfico 8 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.	71
Gráfico 9 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.....	72
Gráfico 10 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.	73
Gráfico 11 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	77
Gráfico 12 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	78
Gráfico 13 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	79
Gráfico 14 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	80
Gráfico 15 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	82
Gráfico 16 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	83
Gráfico 17 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	84
Gráfico 18 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.	85
Gráfico 19 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	89

Gráfico 20 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	90
Gráfico 21 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	91
Gráfico 22 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	92
Gráfico 23 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	94
Gráfico 24 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	95
Gráfico 25 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	96
Gráfico 26 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.	97

RESUMEN

Actualmente en la ciudad de Guayaquil es diariamente utilizado en el medio constructivo, es por ellos, que siempre se busca optimizar su uso. El Hormigón se lo elabora mezclando cemento, piedra, arena y agua, su resistencia se la diferencia mediante los proporcionamientos de su mezcla elaborándolo en un suelo limpio.

En el presente estudio se propone incrementar la resistencia de un Hormigón de 280 kg/cm² añadiendo fibras de vidrio y fibras de acero, experimentando con distintos diseños, para analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional con el hormigón de fibras de vidrio y fibras de acero mediante su comportamiento a la flexión.

El estudio se desarrolló, experimentando en el hormigón analizando y comparando sus propiedades adhiriéndole diferentes porcentajes de contenidos de fibras de vidrio y de acero, mezclado en cada diseño para reforzarlo, con esto mejora favorablemente sus propiedades físicas, propiedades mecánicas incrementado su resistencia a la flexión y compresión; se realizaron varios diseños con ciertos parámetros de dosificación siendo granulometría de la arena, granulometría del agregado grueso, densidad saturada superficialmente seca de la arena y piedra, peso volumétrico suelto de la arena y de la piedra, peso volumétrico varillado de la piedra y absorción, también, se tomaron muestras en cilindros y vigas rectangulares para evaluar en el laboratorio mediante ensayos de resistencia a la compresión, flexión y asentamiento con el Cono de Abraham.

El éxito en los diseños de mezclas del hormigón con fibras de vidrio y de acero se debió a sus porcentajes de contenidos de fibra, relación a/c, proporciones de dosificación del hormigón durante su mezclado incrementando sus propiedades físicas y mecánicas; con esta investigación, se pretende aportar a futuras investigaciones, tomando como referencia cada diseño realizado.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Guayaquil, el material más usado en la industria de la construcción es el hormigón, este material compuesto y mezclado en suelo limpio forman una masa similar a una roca debido a la reacción química de la grava, arena, cemento y agua.

El hormigón se caracteriza por su alta resistencia a la compresión y poca resistencia a la flexión, en la que junto con la ductilidad y capacidad de adaptación lo hace ideal para todo tipo de estructuras. Se contempló además, que el hormigón está expuesto a distintos fenómenos naturales que producen fisuraciones debido al deterioro del mismo, es por ello, que en esta investigación se espera que al reforzarlo con fibras de vidrio o de acero, éste mejore sus propiedades, costos, siendo éstas cortas y discretas se distribuyan aleatoriamente en la mezcla del hormigón, logrando con esto un incremento en sus propiedades mecánicas

Con este estudio, se espera que al reforzarlo con fibras de vidrio o de acero, éste mejore sus propiedades y costo para la elaboración de una estructura de hormigón con resistencia de $F'c=280$ (kg/cm^2), se debe de tener en cuenta, que al elaborar un hormigón, tenemos que evitar grietas y fallas durante su fundición y proceso de secado para obtener una máxima resistencia a la flexión, compresión, durabilidad, trabajabilidad, etc., por lo tanto, es necesario realizar un buen diseño para poder comparar el diseño con un hormigón tradicional y otro adicionándole un porcentaje de fibra de vidrio y de acero para poder analizar su comportamiento siendo esta la problemática de la presente investigación para que logremos con esto reducir el deterioro del hormigón, incrementar sus propiedades físicas, mecánicas y reducir sus costos.

El punto de partida para esta investigación es definir los parámetros de dosificación y ajustes para elaborar los diseños de un hormigón tradicional, hormigón con fibra de vidrio, hormigón con fibra de acero y hormigón con fibra de vidrio y de acero; cuya propuesta principal de este proyecto es “Estudio Compartido del hormigón tradicional vs. hormigón con fibras de vidrio y de

acero” y a su vez analizar y comparar sus comportamientos mecánicos siendo la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y asentamiento con cono de Abraham de este hormigón con fibras de vidrio y de acero, mezclándolo en suelo limpio con materiales del medio local.

Para poder mezclar las fibras de vidrio y de acero con el hormigón según nos indica en su Tesis sobre el Análisis comparativo del efecto de los distintos tipos de fibra en el comportamiento Post Fisura del Hormigón reforzado con fibras, conforme indica las norma ASTM (American Society for Testing Materials) Y ACI (American Concrete Institute) al respecto señala lo siguiente:

ACI 116R-00 el hormigón reforzado con fibras es una combinación de cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, aditivos, adiciones y fibras dispersas orientadas aleatoriamente, las fibras pueden ser naturales o artificiales según su naturaleza y tienen como fin reforzar la masa del hormigón incrementando la resistencia a la tracción disminuyendo la fisuración y aumentando la tenacidad mediante la transmisión de esfuerzos a través de la sección fisurada. ACI 544 considera como fibras para el hormigón los filamentos discontinuos de acero, las fibras sintéticas, las de vidrio y las naturales y ASTM C 1116 define las fibras como: Filamentos finos y alongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de hormigón fresco (José Juan Rodríguez Lozano, 2013).

En esta investigación se van a realizar varios diseños con ciertos parámetros de dosificación (granulometría de la arena, granulometría del agregado grueso, densidad saturada superficialmente seca de la arena y piedra, peso volumétrico suelto de la arena y de la piedra, peso volumétrico varillado de la piedra y absorción), para comparar al hormigón tradicional y al hormigón con fibras de vidrio y de acero. Asimismo, para cada diseño se proporcionará muestras en cilindros y vigas rectangulares para evaluar en el

laboratorio ensayos a la compresión, flexión y asentamiento con el cono de Abraham.

Finalmente, se concluirá con los resultados obtenidos en laboratorio de los diseños del hormigón tradicional, hormigón con fibra de vidrio, hormigón con fibra de acero y hormigón con fibra de vidrio y de acero, logrando con esto, analizar sus propiedades obtenidas a partir de los ensayos en función del tipo y contenido de fibras que se escoja mediante el diseño de un hormigón armado tradicional y el hormigón reforzado con fibras de vidrio y de acero permitiendo demostrar que las dosificaciones cumplieron con los parámetros antes mencionados, observando con esto como es su comportamiento a la flexión en una viga con hormigón reforzado con fibras de vidrio y de acero.

Realizando un buen diseño, se pretende conseguir con esto, un avance tecnológico, reducir el deterioro del hormigón e incrementar sus propiedades físicas y mecánicas logrando mayores resistencias, alcanzando con esto una mejor calidad en su edificación y resguardando la vida humana al resistir mejor los fenómenos naturales.

ABREVIATURAS

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
GPa	Giga Pascal
HAD	Hormigón de Alto Desempeño
HAR	Hormigón de Alta Resistencia
HFV	Hormigón con Fibras de Vidrio
HFA	Hormigón con Fibras de Acero
Kg/cm ²	Kilogramo – Centímetro Cuadrado
Kg/m ³	Kilogramo – Metro Cúbico
KN	Kilo Newton
Lt	Litro
m/s ²	Metro – Segundo Cuadrado
m ² /kg	Metro Cuadrado - Kilogramo
m ³	Metro Cúbico
MF	Modulo de Finura
MR	Modulo de Rotura
INECYC	Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón
EPCO.....	Empresa Pública de Construcciones.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, una de las debilidades del hormigón es su resistencia a la flexión, debido que esta falla en su carga, esto se lo calcula mediante el Modulo de Rotura (MR).

Lograr el incremento de su resistencia a la flexión mediante su Módulo de Rotura (MR) mejorando con esto los esfuerzos de tensión; el MR está cerca del 10% al 20% de su resistencia a la Compresión. La resistencia a la compresión se la calcula mediante muestras cilíndricas y a la flexión mediante viguetas.

El hormigón que es producido desde el siglo I A.C. en la Antigua Roma se lo ha utilizado en obras de construcción civil realizando sus mezclas en suelo limpio la cual está conformada por el cemento, piedra, arena y agua. Este material no es usado solamente en Ecuador sino también mundialmente para la elaboración de construcciones de cualquier obra civil, destacándose por sus propiedades y desarrollando nuevas metodologías de elaboración, es por ello que planteo en esta investigación una nueva metodología para la elaboración del hormigón mezclándolo con fibras de vidrio y de acero.

El hormigón desde el siglo XX se ha convertido en el más importante para la ingeniería, según el Diario del Comercio en la Revista Lideres enfatiza que el Ecuador, el consumo del Cemento crece a ritmo sostenido, siendo este material uno de los principales componentes para elaborar esta mezcla.

Con cuatro empresas productoras que mantienen su porción del mercado nacional, el consumo de cemento mantiene un ritmo de crecimiento sostenido en el Ecuador. Entre el 2007 y el 2012, el movimiento fue del 7% anual. Y en el 2013, llegó a 10%, con 6,6 millones de toneladas anuales (LIDERES.EC, En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido, 2014).

La construcción es el sector clave para levantar la economía en el 2015, según lo enfatiza el Diario del Comercio en la Revista Lideres.

Aunque la expectativa del sector de la construcción apuntaba a un crecimiento de al menos un 10% para este año, el 2015 no comenzó con un panorama alentador, por los efectos de la caída del precio del petróleo; menos colocación de créditos y menos confianza para el endeudamiento a largo plazo por parte de los ciudadanos son algunos de los efectos que preocupan al gremio, según Enrique Pita García, presidente de la Cámara de Construcción de Guayaquil; este segmento productivo alcanzó un crecimiento en el tercer trimestre del año pasado del 9,1% frente a igual período del 2013; Uno de sus segmentos, el inmobiliario, cerrará el 2014 con un crecimiento del 8,5%, una cifra por encima de las expectativas con las que arrancó ese año, dice Jaime Rumba, director de la Asociación de Promotores Inmobiliarios de Viviendas del Ecuador (LIDERES.EC, Construcción, sector clave para levantar la economía ecuatoriana en este 2015, 2015).

El Hormigón Tradicional es diariamente utilizado en el medio constructivo, es por ello, que siempre se busca optimizar su uso; por lo cual, frente a esta realidad se aspira, comparar e identificar las ventajas y desventajas que existen al añadir en el hormigón las fibras de vidrio y las fibras de acero.

Ante esta problemática, he propuesto incrementar la resistencia de un hormigón tradicional de 280 kg/cm², añadiendo fibras de vidrio y de acero, experimentando con cuatro diseños siendo un diseño de un hormigón tradicional (Diseño Patrón), un diseño de hormigón tradicional con fibras de vidrio, un diseño de hormigón tradicional con fibra de acero y un diseño de hormigón tradicional con fibras de vidrio y de acero, adhiriéndole a cada diseño diferentes contenidos de fibra.

1.2 Formulación del Problema

- Identificar los parámetros de dosificación que se deben tener en consideración para poder realizar un diseño de hormigón con fibras de vidrio y de acero.
- Identificar como influye la adición en porcentaje del contenido de fibras en cada diseño.
- Identificar las ventajas y desventajas que existen al implementar el hormigón con fibras de vidrio y acero mediante su contenido de fibra, con respecto al hormigón tradicional.

Síntomas:

- Mal comportamiento del hormigón a la flexión.

Causas:

- Mal diseño de un hormigón tradicional y otro con fibras de vidrio y fibras de acero
- Desgaste del hormigón causado por su poca resistencia a la flexión.

Pronostico:

- Se continuara con la poca resistencia a la flexión del hormigón incrementando el grosor de acero o aditivos al momento de su fundición, fraguado y secado.

Control de Pronostico:

- Es necesario proponer una metodología para el diseño de hormigón mezclándolo con fibras de vidrio y fibras de acero incrementando sus propiedades físicas y mecánicas, y observando el comportamiento a la flexión, para que tenga este una mejor calidad y pueda soportar las condiciones a las que se encuentra expuesto con sus elementos delicados como una losa, viga y columna en el medio ecuatoriano, utilizando un nuevo diseño que incremente su flexión.

1.3 Sistematización del Problema

- ¿Qué diseño presenta mejor comportamiento mecánico (resistencia) tanto a la compresión y flexión?
- ¿De qué modo incide su trabajabilidad mediante las diferentes dosificaciones en proporción de las fibras de vidrio y de acero tomando como referencia un hormigón tradicional?
- ¿Qué diseño puede ser considerado aceptable y que cumpla con los parámetros de resistencia empleados en ensayos hechos en cilindros y en vigas?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional con el hormigón de fibras de vidrio y fibras de acero mediante su comportamiento a la flexión.

1.4.2 Objetivos Específicos

Investigar por medio de un proceso experimental las propiedades físicas y mecánicas del uso del hormigón tradicional con el hormigón de fibras de vidrio mediante lo siguiente:

1. Determinar el efecto que tienen las fibras de acero y fibras de vidrio al ser aplicadas al hormigón.
2. Estudiar la trabajabilidad de las diferentes dosificaciones del hormigón con fibra de vidrio y fibra de acero.
3. Analizar y Comparar el comportamiento de la resistencia a la compresión, flexión y ductilidad, observando sus propiedades obtenidas a partir de ensayos hechos en cilindros y viguetas.

1.5 Justificación

La idea de este estudio tiene como finalidad darle un impulso a la utilización del hormigón con fibras de acero y de vidrio.

La idea con este estudio es obtener Hormigones que tengan un mejor comportamiento a flexión, a compresión y otros aspectos, y hormigones de menor costo.

Los agregados utilizados para esta investigación fueron proporcionados de la Cantera CANVER, de Disensa Comercial KRON S. A., HOLCIM, Cantera Huayco y las pruebas de laboratorio se las realizó en la UEES, y las fibras fueron proporcionadas por la empresa Comercial Pichincha (Fibra de Vidrio), BEKAER (Dramix 3" Fibra de Acero). El mezclado contara con materia prima de Holcim, para con esto contar con un estándar de calidad. Sin embargo, su mezclado se llevaría a cabo dentro de las instalaciones de los laboratorios de la UEES.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Histórico

2.1.1 Historia del Hormigón

Nuestros antepasados en los albores de la prehistoria tomaban la piedra o la roca y la tallaban para construir cavernas o centrales subterráneas. En la época del Paleolítico y del Neolítico construían mediante el método de mampostería en seco en la que colocaban las piedras en hileras horizontales uniéndolas homogéneamente conformando muros sin ningún tipo de conglomerante. Tiempo después, usaban el mismo procedimiento de la mampostería en seco pero rellenando las capas entre las piedras con montero, estando esta mezcla conformada por arcilla apisonada con canto rodado. En la época de la Mesopotamia, al principio se utilizaron Breas de petróleo hasta la época en que los egipcios descubrieron el Cal.

Es por ello, que durante el Imperio Romano desde hace 500 años A.C hasta el siglo XIX, alcanzó un grado de satisfacción usando el primer hormigón que existió en la historia mezclando agua, arena con piedras naturales compuestos de cal y guijarros, agregándole tejas rotas o ladrillos o usando arena volcánica con propiedades cementicias extraídas de la isla de Santorini. Este hormigón era parte de los elementos constructivos en estructuras que han probado ser duraderas con el paso de las siglos como por ejemplo, el Arco de Constantino ubicado en el Coliseo de Roma, Basílica Papal de San Pedro ubicado en el Templo Católico del Vaticano, Gran Pirámide de Guiza ubicadas en Egipto, Castillo de Sant'Angelo ubicado en el Vaticano, Teatro de Marcelo ubicado en Roma, Embalse de Proserpina ubicado en España, Termas Antónimas ubicados en Roma y Panteón de Agripa ubicado en Roma.

2.1.2 Historia de la Fibra de vidrio y fibra de acero

En 1940 se usaron las fibra como refuerzo para al hormigón pero su uso no ha sido explotado en Ecuador,

A finales de 1980, las normas establecidas para la fabricación de fibras fueron escritas junto a sus Recomendaciones Prácticas para su buen funcionamiento.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Hormigón Tradicional

El hormigón es un material compuesto por la mezcla de pasta y agregados, producidos por consecuencia de la reacción química del endurecimiento de la mezcla.

La pasta está compuesta de cemento portland y agua, mezclando la arena y la piedra como agregados la cual crea una masa similar a una roca siendo los principales componentes del Hormigón, ver figura 1. El cemento se hidrata cuando está en contacto con el agua, comenzando la mezcla con complejas reacciones químicas que se derivan en el fraguado y endurecimiento obteniendo finalmente un material con consistencia pétreo.



Fuente: Autor

Figura 1 Elementos del hormigón.- cemento, agua, arena y piedra.

La principal característica del hormigón es resistir muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros esfuerzos como la flexión.

Los aditivos se suelen usar en el hormigón con colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras de vidrio, fibras de acero, fibras de poliestireno, cumpliendo con las características que indican las normas ACI.

La calidad del hormigón depende de la calidad de la pasta, del agregado y de la unión entre los dos.

La calidad del hormigón endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua usada en relación a la cantidad de cemento.

2.2.2 Hormigón con sus tipos de Fibras y sus usos

El hormigón reforzado con fibras discontinuas, incluyen en su composición hormigón adhiriéndole fibras cortas, discretas y distribuidas aleatoriamente en su masa.

Las fibras tienen como fin reforzar al hormigón incrementando sus resistencias a la compresión y flexión; debido que esto produce un retardo del crecimiento de las grietas aumentando sus propiedades físicas y mecánicas transmitiéndolo a través de la sección agrietada.

Tipo de Fibra	Diámetro equivalente [plg] x 10 ⁻³	Gravedad específica	Resistencia a tensión [ksij]	Módulo de elasticidad [ksij]	Elongación última [%]	Temperatura de ignición [°F]	Temperatura de fundición, oxidación o descomposición [°F]	Absorción de agua, Método ASTM D 570, [%]
Acrílico	0.5-4.1	1.16-1.18	39-145	2000-2800	7.5-50.0	-	430-455	1.0-2.5
Aramida I	0.47	1.44	425	9000	4.4	Alta	900	4.3
Aramida II ¹	0.40	1.44	340	17000	2.5	Alta	900	1.2
Carbón ²	0.30	1.6-1.7	360-440	55100	0.5-0.7	Alta	752	-
Carbón ³	0.35	1.6-1.7	500-580	33400	1.0-1.5	Alta	752	-
Carbón ⁴	0.39-0.51	1.6-1.7	70-115	4000-5000	2.0-2.4	Alta	752	3-7
Carbón ⁵	0.35-0.70	1.80-2.15	220-450	22000-70000	0.5-1.1	Alta	932	-
Nylon	0.90	1.14	140	750	20	-	392-430	2.8-5.0
Poliéster	0.78	1.34-1.39	33-160	2500	12-150	1100	495	0.4
Polietileno	1.0-40.0	0.92-0.96	11-85	725	3-80	-	273	-
Polipropileno	-	0.90-0.91	20-100	500-700	15	1100	330	-

¹Módulo alto

²Basado en Poliacrilonitrilo, módulo alto.

³Basado en Poliacrilonitrilo, módulo alto de tensión.

⁴Propósito general.

⁵Alto desempeño.

Equivalentes métricos: 1 plg = 25.4 mm, 1 ksi = 6.895 MPa, (°F - 32)/1.8 = °C

Fuente: (ACI544, 2002)

Tabla 1 Tipos de Fibras Sintéticas Seleccionadas

Las fibras se destacan por las siguientes características:

- Relación de forma L/d (longitud /diámetro medio)
- Forma y Textura de la superficie
- Longitud
- Estructura
- El esfuerzo máximo que puede soportar la fibra depende de su relación de forma.

$$s_t = t \cdot (L/d)$$

t : Resistencia de adherencia entre superficies de contacto
La longitud de la fibra debe ser mayor que el tamaño máximo de las partículas de agregado:

$L < L_c$ La fibra saldrá de la matriz por falla de adherencia
 $L > L_c$ La fibra falla por tensión
 L_c : longitud crítica de la fibra.

Fuente: Autor

Figura 2 Esfuerzo máximo que puede soportar una fibra

Su resistencia depende de los porcentajes de mezcla de sus contenidos de fibras.

$$S_c = A \cdot S_m \cdot (1 - V_t) + B \cdot V_t (L/d)$$

S_c y S_m = Resistencia última del compuesto y de la masa respectivamente
 V = Fracción del volumen de fibras
 A = constante que depende de la resistencia de adherencia y de la orientación de las fibras.

Fuente: Autor

Figura 3 Resistencia Última del compuesto y de la masa de la fibra

Las principales propiedades que influyen en la resistencia y durabilidad de un hormigón reforzado con fibras son:

- El tipo de fibras utilizadas.
- Volumen en tanto por ciento de fibra.
- Relación de aspecto (la longitud de una fibra dividida por su diámetro).
- Orientación de las fibras en la matriz.

Los materiales utilizados en fibra de refuerzo como el amianto acrílico, algodón, vidrio, nylon, poliéster, polietileno, polipropileno, lana de roca, y el acero. De estos, el vidrio resistente al álcali y las fibras de acero han recibido la mayor atención. La mayor parte de los datos de prueba, sin embargo, se centra en el uso de fibras de acero y fibra de vidrio.

HORMIGONES CON FIBRA DE ACERO:

La Fibra de acero es la combinación obtenida de las propiedades del alambre y su forma, la terminación de sus ganchos del Dramix 3D aseguran la tensión de la fibra.

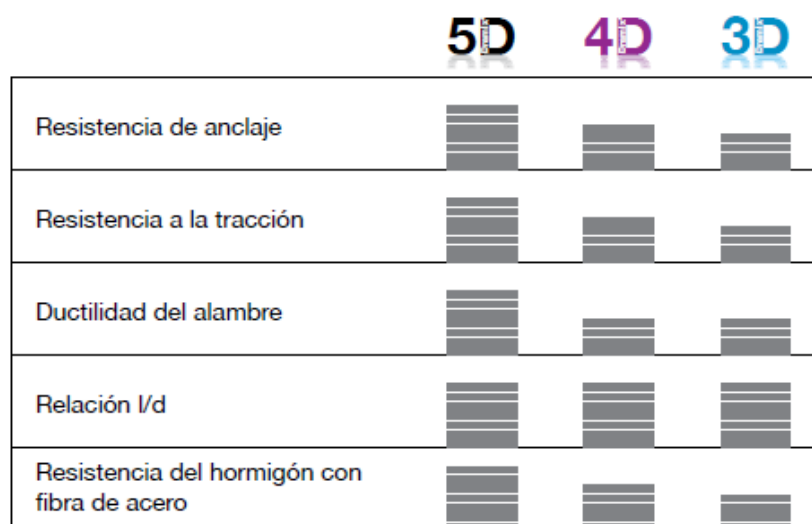
Estas fibras se dividen entre fibras 3D, 4D y 5D, estas están diseñadas para mejorar la resistencia a la flexión del Hormigón, sus anclajes están diseñados para actuar sobre las fisuras entre 0.1 y 0.3mm.; su textura varía su forma siendo las onduladas.

Cuando se mezcla con el hormigón se debe prever una dispersión uniforme entre el hormigón y las fibras, previniendo una segregación o enredo entre las fibras, el agregado fino y grueso. En el momento en que el hormigón esta reforzado con las fibras de acero no se rompe después de producirse la primera fibra, logrando con esto incrementar su resistencia, ver figura 4 y 5.

El porcentaje del contenido de fibra que se mezcla con el hormigón depende de su volumen total, esta debe estar promedio entre 1 al 3% y proporcionalmente se lo vaya aumentando, incrementando sus propiedades mecánicas sin perjudicar la trabajabilidad.

Sus principales propiedades son:

- a) Proveen tenacidad a flexión (capacidad de absorber energía después del agrietamiento)
- b) Aumentan la resistencia a tensión directa, a cortante y a torsión
- c) Incrementan las propiedades de resistencia a impacto y a fatiga
- d) Mejoran el comportamiento de contracción y flujo plástico
- e) Incrementan la durabilidad en ciertas condiciones climáticas (ACI-544, 1996).



Fuente: Autor

Figura 4 Clasificación de Drámix según sus propiedades mecánicas



Fuente: Autor

Figura 5 Fibra de Acero Drámix 3D

HORMIGONES CON FIBRA DE VIDRIO

Las Fibras de Vidrio son Fibra de polipropileno 100% virgen, obtenida a partir de monofilamentos del polímero siguiendo los más novedosos sistemas de extrusión e hilura, tiene una longitud de hasta 40 mm y sus contenidos son aproximadamente del 5%.

Su mezclado difiere a la de las fibras de acero, cuando son capas delgadas, se usa el método de proyección que son cuando las fibras se alimentan dentro de una pistola de aire comprimido que las corta y se las rocío con la lechada de cemento.

La fibra de vidrio resiste al ataque del álcalis del cemento se las utiliza en paneles de Fachadas más que nada con propósitos arquitectónicos, también se usa para tabiques antifuego, muros antirruído y como encofrados perdidos, ver figura 6.

Sus principales propiedades son:

- a) Alta Tenacidad y Flexibilidad
- b) Sostenible con el medio ambiente al ser un material inerte e inofensivo por la naturaleza
- c) Alta Resistencia a la Tracción
- d) Homogénea Distribución y alta adherencia en la matriz del hormigón
- e) Resistencia a los Álcalis del Hormigón y a los Áridos.



Fuente: Autor

Figura 6 Hilos de Fibra de Vidrio.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Problemas del Hormigón

INESTABILIDAD

La inestabilidad es provocada por la exudación y segregación.

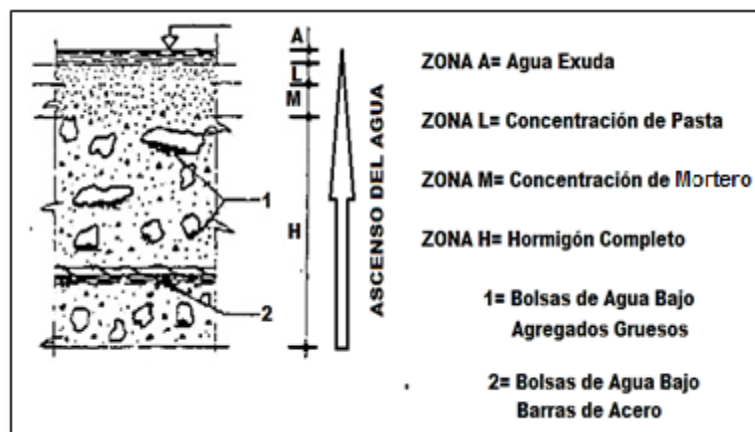
La segregación es la separación de los agregados gruesos de la mezcla, ver figura 7.



Fuente: Autor

Figura 7 Segregación del Hormigón.

La exudación es la eliminación natural del agua dentro la mezcla del hormigón, ver figura 8.



Fuente: Autor

Figura 8 Exudación del Hormigón Puesto en sitio y en reposo.

Estos fenómenos dependen del porcentaje de los materiales que se usan en el hormigón.

2.3.1 Principales Propiedades del Hormigón

TRABAJABILIDAD

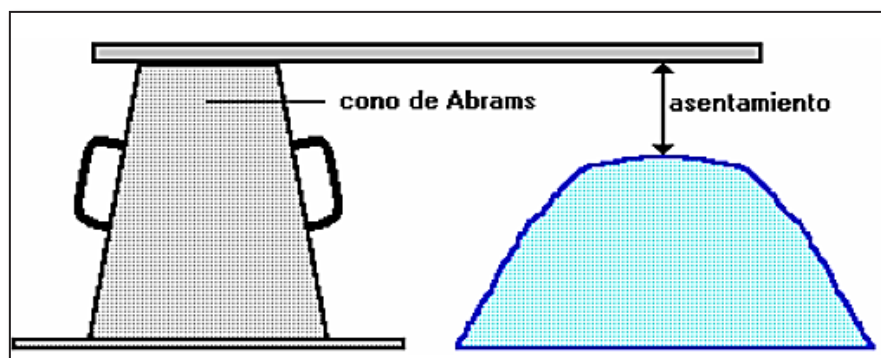
Se mide mediante el revenimiento del cono de Abrams, sin que se formen en el hormigón alveolado ni vacíos dependiendo siempre de su diseño de mezcla

CONO DE ABRAMS

El Asentamiento del Cono de Abrams o el diámetro de Dispersión en la Mesa de Flujo; mientras mayor es el asentamiento o mayor es el diámetro de dispersión, el hormigón es más trabajable, ver figura 9

Los procesos de ensayo están definidos por la ASTM a nivel internacional y por el INEN en el Ecuador.

Cuando los asentamientos son menores a 2" (5 cm.) corresponden a hormigones poco trabajables; asentamientos entre 3" (7.5 cm.) y 5" (12.5 cm.) corresponden a hormigones medianamente trabajables; y asentamientos superiores a 6" (15 cm.) son característicos de hormigones muy trabajables



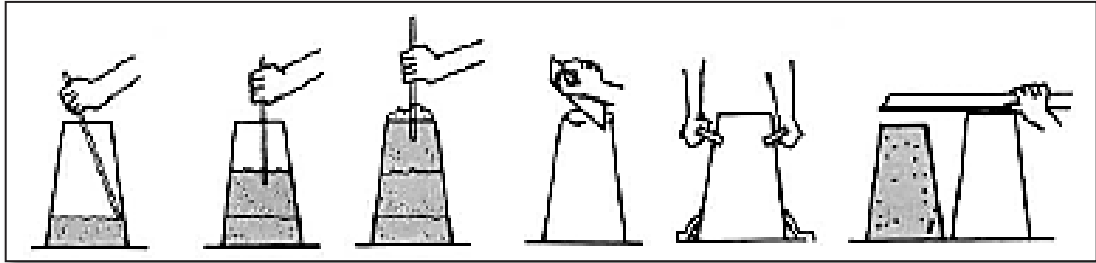
Fuente: Autor

Figura 9 Procesos de Ensayos definidos por la ASTM.

REVENIMIENTO

Esta prueba determina la fluidez del Hormigón mediante el Cono de Abrams, esta operación de llenado y levantamiento del molde se la realiza durante un máximo de tres minutos, en el que una vez levantado el molde se mide inmediatamente la disminución de altura del concreto moldeado respecto al

molde, aproximadamente a 0.5cm desde el eje central de su posición original del molde, ver figura 10

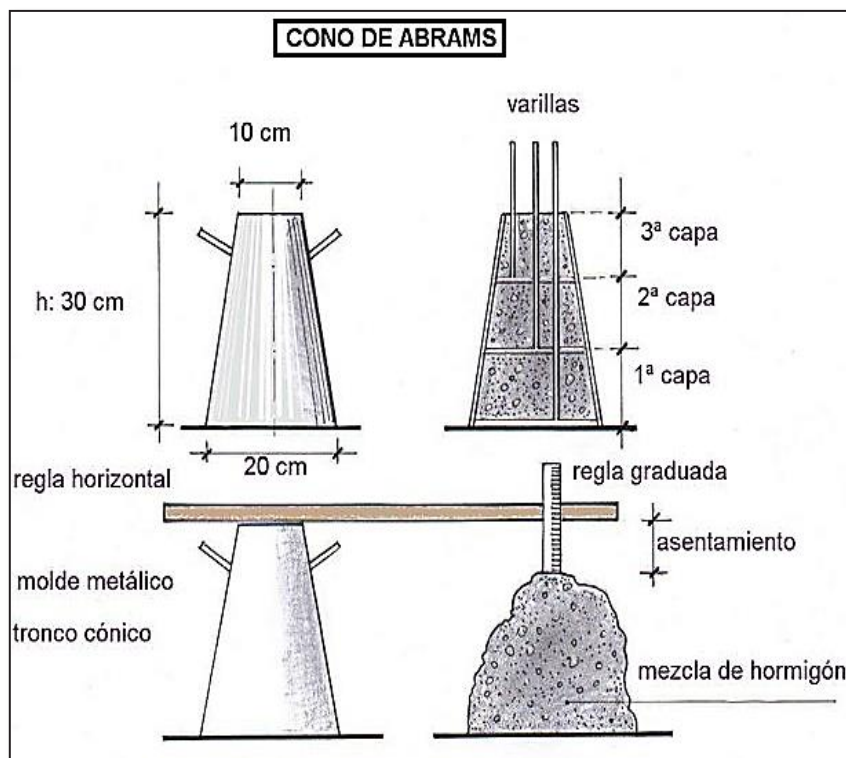


Fuente: Autor

Figura 10 Prueba de revenimiento definidos por la ASTM.

CONSISTENCIA

Esta prueba se la realiza con el hormigón Fresco mediante el Cono de Abrams. Este ensayo verifica su densidad o la uniformidad del hormigón midiendo el grado que tiene para deformarse, ver figura 11.



Fuente: Autor

Figura 11 Segregación del Hormigón

El cono de Abrams consiste en rellenar con hormigón fresco el molde troncocónico de 30 cm de altura.

La disminución de la altura que se produce cuando se desmolda la mezcla, es la medida que define la consistencia, en la que el hormigón se clasifica según su consistencia, ver tabla 2.

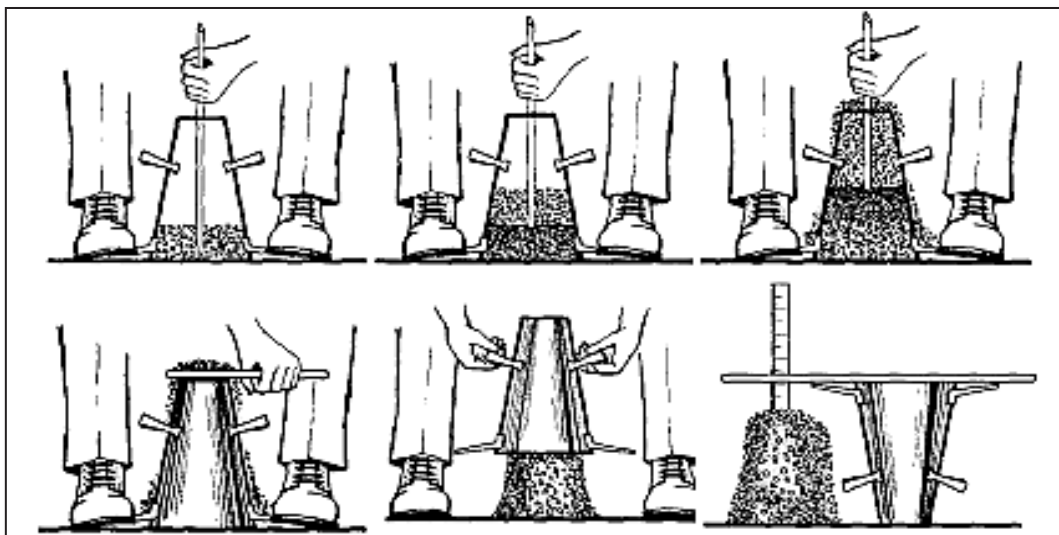
Consistencia	Asiento en Cono de Abrams (cm)	Compactación
Seca	0 - 2	Vibrado
Plástica	3 - 5	Vibrado
Blanda	6 - 9	Picado con barra
Fluida	10 - 15	Picado con barra
Líquida	16 - 20	Picado con barra

Fuente: Autor

Tabla 2 Principales Propiedades de la Fibra

COMPACTABILIDAD

Es la mayor o menor facilidad que tiene la masa del hormigón para llenar los huecos y hacerse más densa, esta cualidad es primordial para lograr una masa homogénea, variando su Factor de Compactibilidad de 0.8 con consistencia seca o 0.97 con consistencia fluida, ver figura 12.



Fuente: Autor

Figura 12 Pasos para realizar el ensayo de Cono de Abrams

RESISTENCIA

Según lo establece la siguiente investigación sobre la Elaboración del hormigón deshidratado premezclado con materiales locales nativos en Guayaquil, al respecto señala lo siguiente:

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento; depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. El curado es un factor indirecto durante el complemento del proceso de hidratación mediante el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencia sobre 700 kg/cm² (Sonia Tamara Sánchez Valencia, 2013).

2.4 Marco Legal

2.4.1 Referencias Normativas del Hormigón con Fibras de Vidrio y de Acero

COMITÉ ACI 544

Según lo establece la siguiente investigación sobre la Elaboración del hormigón deshidratado premezclado con materiales locales nativos en Guayaquil, señala al respecto lo siguiente:

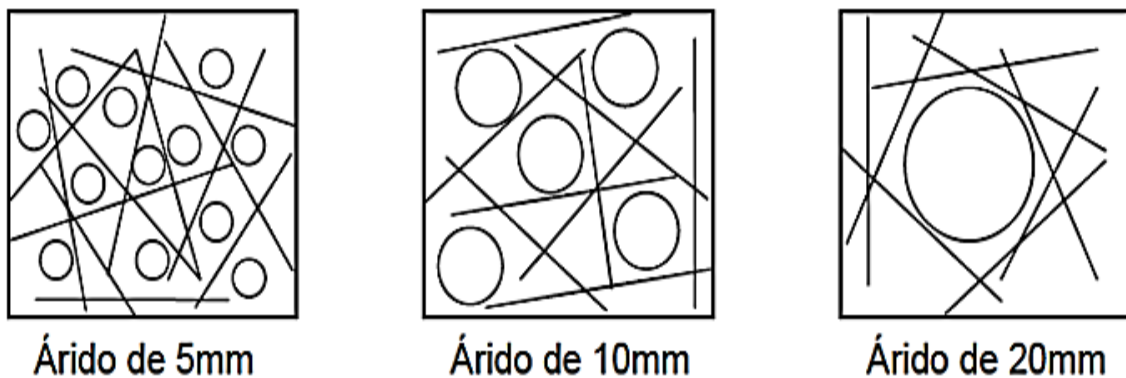
A pesar de que ISO 9001:2000 es el estándar actualizado, para estos ensayos se tomará en cuenta la ISO9001:1994 es el documento en el cual el Comité ACI 544 basa sus recomendaciones con la utilización de fibras para una mejora del hormigón ante determinadas propiedades como el control de la fisuración por retracción, el incremento de la resistencia al fuego, abrasión e impacto, entre otras. Las especificaciones estándar que se consideran para las fibras se encuentran normalizadas en UNEEN 14889-1:2008 y ASTM A820/A820M-06; en función de la cantidad de fibras que se adhieran a la mezcla del hormigón y según la geometría de éstas, el material compuesto tendrá que sufrir ciertas modificaciones respecto al hormigón tradicional; estas modificaciones pasan principalmente por una limitación en el tamaño máximo de la arena, menores valores de relación piedra-arena, mayores cantidades de aditivos reductores de agua, y mayor demanda de finos, entre otros; los tamaños máximos de la arena mayores que 20 mm no son recomendados a usar en la mezcla, aunque en algunos estudios se han empleado áridos de hasta 38 mm con resultados satisfactorios, según la norma ACI 544.3R-08, 2008 recomienda que el tamaño máximo de árido no supere los 2/3 de la longitud máxima de la fibra, 1/5 del lado menor del elemento, 3/4 de la distancia libre entre las barras de armado (Sonia Tamara Sánchez Valencia, 2013).

Existen dos tamaños generales de fibras sintéticas: las fibras microsintéticas y las fibras macrosintéticas:

FIBRAS MICROSINTÉTICAS	FIBRAS MACROSINTÉTICAS
Tienen diámetros menores que 0.012 pulgadas (0.3 mm)	Tienen diámetros mayores a 0,3 mm
Son típicamente usadas en el rango del 0.05 al 0.2% por volumen	Son usadas en el rango del 0.2 al 1.0% por volumen, y en algunos casos para ciertas aplicaciones con valores más altos

Fuente: Autor

Tabla 3 Fibras Microsinteticas y Macrosinteticas según ACI Comité 544, 2009)



Fuente: Autor

Figura 13 Efecto del tamaño de la arena según la distribución de las fibras de 40 mm de longitud SFRC (ACI 544.1R-96, 2009)

Según la [ACI Committee 544 2008], indica lo siguiente:

1. La adición de fibras afecta las propiedades plásticas y en estado endurecido de los morteros y de los concretos
2. Dependiendo del material de la fibra, longitud y diámetro, geometría y deformación, y la tasa de adición, muchas propiedades son mejoradas,

notablemente el control del agrietamiento por encogimiento plástico, la resistencia al impacto, y la tenacidad o ductilidad

3. La resistencia a la flexión, la resistencia a la fatiga y cortantes, y la capacidad para resistir agrietamiento o desprendimiento de material pueden ser aumentadas por el incremento de fibras, ya que provee al material compuesto de alguna resistencia post-agrietamiento (resistencia cortante y la capacidad para resistir resistencia residual) en el estado plástico o estado endurecido.

2.4.2 Sistema de Aseguramiento de Calidad del Hormigón

Comité ACI 121R-98

Según lo establece la siguiente investigación sobre la Elaboración del hormigón deshidratado premezclado con materiales locales nativos en Guayaquil, señala al respecto lo siguiente:

Los Comités pertenecientes al American Concrete Institute (ACI), proveen de las guías necesarias para el desarrollo e implementación de un sistema de calidad para la elaboración de esta investigación; el Comité ACI 121, basa sus guías en las norma ISO 9000:1994, que consiste de 20 pasos para establecer el Manual de Calidad; se revisarán estos pasos para realizar una adaptación de las normas versión 94 a la versión 2000, con lo cual se pretende mejorar la estructura del Manual de Calidad para facilitar la introducción de los nuevos elementos del sistema, el cual se fundamenta en la Gestión de la Calidad para elaborar un hormigón con fibras de vidrio y de acero (Sonia Tamara Sánchez Valencia, 2013).

Correspondencia entre norma ISO 9000:1994 con ISO 9000:2000		
	ISO 9000:1994	
	ELEMENTO	
A	Políticas de calidad	
B	Responsabilidades de la organización	
C	Revisión del contrato	
D	Control de diseño	
E	Control de datos y documentos	
F	Adquisiciones	
G	Control de productos provistos por el propietario de la obra	
H	Identificación y rastreo	
I	Control de Procesos	
J	Inspección y Ensayo	
K	Control del equipo de medición y ensayo	
L	Estado de la inspección y ensayo	
M	Control de inconformidad del producto	
N	Acciones correctivas y preventivas	
O	Control de registros de calidad	
P	Entrenamiento	
Q	Técnicas estadísticas	
		ISO 9000:2000
		ELEMENTO
1	Generalidades	A
2	Referencias Normativas	B
3	Terminos y definiciones	C
4	Sistema de Gestión de Calidad	A, C, D, E
5	Responsabilidades de la Dirección	B
6	Gestión de Recursos	I
7	Realización del Producto	D, F, G, H, I, J, L, K
8	Medida, análisis y mejora	M, N

Fuente: (LOAIZA, 2004-2005)

Tabla 4 Correspondencia entre norma ISO 9000:1994 con ISO 9000:2000

2.5 Hipótesis

Determinar experimentalmente, mediante un proceso mezclado el hormigón con fibras de vidrio y de acero elaborándolo con cemento portland, fibras de vidrio, fibras de acero, una adecuada mezcla de árido lavado con una granulometría calibrada para realizar su mezclado, estudiando el efecto que produce las fibras de acero y de vidrio al ser mezcladas con el hormigón.

Establecer la trabajabilidad, experimentando adhiriendo diferentes porcentajes de contenidos de fibras de vidrio y fibras de acero como refuerzo al hormigón tradicional, incrementa su resistencia a la flexión y compresión.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Diseño de la investigación

La investigación que se realizará es del tipo experimental porque se realizarán diseños de mezclas de hormigón con fibras de vidrio y de acero, lo primero que se requiere son materiales que se va a necesitar para realizar el diseño de un hormigón tradicional. En nuestro medio específicamente Guayaquil, tiene una alta gama de canteras y empresas que se dedican a vender materiales para la construcción; del cual se detalla lo siguiente:

- Agregados (arena): Cantera Canven S.A.
(piedra, cemento y acelerante): Comercial Disensa
KRON S.A.(HOLCIM S.A. y Cantera Huayco)
- Fibras (Vidrio); Comercial Pichincha
(Acero): Comercial KRON S.A (BEKAERT “Dramix 3”)
- Prueba de laboratorio – UEES.

Por consiguiente, se procede a realizar ensayos preliminares a los agregados en el laboratorio el cual me permite conocer sus propiedades físicas y que a su vez, cumplan con las especificaciones de las normas ASTM para cada uno de los ensayos. Los ensayos preliminares para elaborar el diseño de hormigón son:

- Granulometría de la arena
- Granulometría del Agregado Grueso
- Densidad saturada superficialmente seca de la arena y piedra
- Peso Volumétrico Suelto de la Arena y Piedra
- Peso Volumétrico Varillado de la Piedra
- Absorción
- Ensayo de Compresión
- Ensayo de Flexión
- Asentamiento de Cono de Abraham

Estudiado los resultados de los agregados, se comenzará a plantear los parámetros de dosificación que necesitamos en la investigación.

De esta forma se decidió tomar como referencia para un hormigón de 280kg/cm² como diseño patrón, experimentando incrementar porcentajes de dosificación de las fibras de vidrio y de acero añadiéndolas al hormigón detalladas de la siguiente manera:

- Diseño de hormigón tradicional (Diseño Patrón)
- Diseño de hormigón con fibra de acero
- Diseño de hormigón con fibra de vidrio
- Diseño de hormigón con fibra de acero y de vidrio

Se procederá a experimentar la relación agua/cemento y las diferentes dosificaciones en cada diseño, para estudiar el efecto que estas producen.

Luego, se tomarán muestras en probetas cilíndricas y vigas rectangulares para ser ensayadas en laboratorio a pruebas a la compresión y flexión (7, 14 y 28 días).

Después, se recopilará todos los resultados para establecer la trabajabilidad que tienen las fibras en cada diseño.

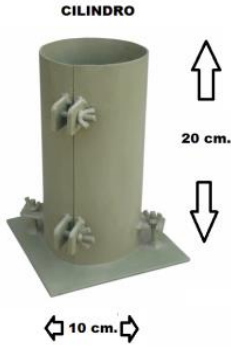
Posteriormente, se comparará su comportamiento mecánico en cada uno de los diseños, se procederá analizando sus propiedades obtenidas en cada uno de los diseños.


Finalmente se darán conclusiones y recomendaciones que puedan aportar a futuras investigaciones, pudiendo con esto corroborar o no nuestra hipótesis planteada con el fin de aplicarlos en obras de construcción.

3.2 Población y muestra

La muestra que establece la población para la investigación en este estudio son los diseños de mezclas de hormigón con fibras de vidrio y de acero con ciertos parámetros de dosificación, en el que se analizará por separado cada diseño en particular en base a sus resultados, para finalmente, emitir conclusiones independientes por cada diseño.

Para calcular la cantidad de material a utilizar se realizó en la tabla 5 mediante las dimensiones de los cilindros visualizándolo en la figura 14.

<p>Figura 14 Cilindro a usar en la mezcla</p>	<p>Tabla 5 Cantidad de cilindros a realizar</p>												
 <p>CILINDRO</p> <p>20 cm.</p> <p>10 cm.</p>	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">CILINDRO</td> <td>Alto</td> <td>Radio</td> <td>R²</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,05</td> <td>0,0025</td> </tr> </table>			CILINDRO	Alto	Radio	R ²	0,2	0,05	0,0025	<table border="1"> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td>0,0016</td> </tr> </table>	VOLUMEN	0,0016
CILINDRO	Alto	Radio	R ²										
	0,2	0,05	0,0025										
VOLUMEN	0,0016												
<p>Fuente: Autor</p>	<p>Fuente: Autor</p>												

<p>Figura 15 Vigueta a usar en la mezcla</p>	<p>Tabla 6 Cantidad de viguetas a realizar</p>												
 <p>VIGUETA</p> <p>10 cm.</p> <p>30 cm.</p> <p>10 cm.</p>	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">VIGUETA</td> <td>Alto</td> <td>Largo</td> <td>Ancho</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>0,3</td> <td>0,1</td> </tr> </table>			VIGUETA	Alto	Largo	Ancho	0,1	0,3	0,1	<table border="1"> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td>0,0030</td> </tr> </table>	VOLUMEN	0,0030
VIGUETA	Alto	Largo	Ancho										
	0,1	0,3	0,1										
VOLUMEN	0,0030												
<p>Fuente: Autor</p>	<p>Fuente: Autor</p>												

Para calcular la cantidad de material a utilizar se realizó en la tabla 6 mediante las dimensiones de los cilindros visualizándolo en la figura 16.

Para determinar la proporción a usar, nos basamos en la tabla 7 que adjunto a continuación:

PROPORCIÓN DE LA MEZCLA	
CEMENTO:	1
ARENA:	1
PIEDRA:	1,2
AGUA:	0,42

Fuente: Autor

Tabla 7 Cantidad de proporción a usar en los materiales de hormigón

El hormigón utilizado para realizar el hormigón tradicional que utilizaremos como base este diseño patrón en la tabla 8, para los siguientes ensayos será elaborado en el laboratorio de la UEES.

DISEÑO DE PATRÓN		UNIDADES
Cemento	25	Kg.
Agua	10	Kg.
Piedra	27.51	Kg.
Arena	20.17	Kg.
Peso Total	82.68	kg

Fuente: Autor

Tabla 8 Diseño Patrón para un Hormigón 280 kg/cm².

El hormigón tendrá una resistencia de 280 kg/cm² pero para lograr este tipo de diseño se usará la tabla 9 en la investigación:

DISEÑO DE HORMIGON HIDRAULICO

OBRA:	LOCALIZACION:		
ORDENADO POR:	Fecha:		
Grava:	Arena:		
Resistencia a la compresión f_c (k/cm²):	280		
Revenimiento pedido:	8 cm		
AGREGADO GRUESO	T.Máx. = 3/8 "	AGREGADO FINO	
P.V.V. =	1458 k / m ³	P-V.S. =	1350 k / m ³
P.V.S. =	1351 k / m ³	Ds.s.s. =	2702 k / m ³
D.s.s.s.=	2200 k / m ³	M.F. =	3
Absorción =	1,52 %	Absorción	2,2 %
Abs.real =	1,72 %	Abs.real =	2,4 %
a/c =	0,4		
Agua (litros)	228	cemento (k/m ³):	593,484 # sacos /m ³ : 11,870
Aire (%):	3	Coefficiente V.A.G.C.:	0,44
V.Total de agua:	237,39		
VOLUMEN PARA 1 m³ DE HORMIGON		PESO EN KG. PARA 1 m³ DE HORMIGON	
CEMENTO	0,188 m ³	CEMENTO:	593,48 kg.
AGUA:	0,237 m ³	AGUA:	237,39 kg.
PIEDRA:	0,292 m ³	ARENA:	588,17 kg.
		VIDRIO	11,94
		ACERO	11,50
AIRE:	0,03 m ³	PIEDRA:	718,342 kg.
ARENA:	0,253 m ³		2160,830
P+A:	0,544 hghg	0,218	mín. de arena
Piedra:	0,327		
PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO		VOLUMEN SUELTO	
CEMENTO:	50	25,00	ARENA: 0,0367054 m ³
AGUA:	20	10,00	PIEDRA: 0,0447958 m ³
ARENA:	49,552	20,17	
PIEDRA:	60,519	27,02	
NUMERO DE CAJONETAS DE 0.40 X 0,40 X 0,20 m..			
ARENA:	1,15		
PIEDRA:	1,40		
AGUA:	20	litros	

Fuente: Autor

Tabla 9 Diseño del hormigón tradicional de 280 kg/cm²

Para determinar el porcentaje de dosificación de fibras de acero y de vidrio que se debe añadir en el hormigón patrón se lo determino mediante el siguiente procedimiento detallado en la Figura 16:



Fuente: Autor

Figura 16 Diseño del hormigón tradicional de 280 kg/cm²

Para mezclar la Fibra de Vidrio y de Acero, se determinó mediante el procedimiento que describí en la figura anterior, por lo que se detalla el % en peso que se añade, ver tabla 10.

PROPORCIONES DE DOSIFICACIÓN	PESO (KG)		
% DE FIBRA	FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE ACERO	FIBRA DE VIDRIO Y DE ACERO
0,25%	0,207	0,207	0,103
0,5%	0,413	0,413	0,207
0,75%	0,620	0,620	0,310
1%	0,827	0,827	0,413
2%	1,654	1,654	0,827
3%	2,480	2,480	1,240
5%	4,134	4,134	2,067

Fuente: Autor

Tabla 10 Porcentaje de Dosificación para añadir en un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm²

3.3 Instrumentos de recolección de datos

Respecto a los instrumentos para la recolección de datos para esta investigación, se determinará a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio. Para lo cual se lo clasifico en 2 fases:

Fase 1: Determinación de las propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezclas de un hormigón tradicional con fibras de vidrio y de acero.

- Ensayo para determinar la granulometría de los agregados (ASTM C33, 2013).
- Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado grueso (ASTM C127, 2012).
- Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado fino (ASTM C128, 2012).

Fase 2: Determinación de las propiedades en estado fresco y endurecido del hormigón con fibras de vidrio y de acero.

- Especificaciones para hormigón premezclado (ASTM C94, 2014).
- Ensayo para determinar el revenimiento en el hormigón en estado fresco (ASTM C143, 2012).
- Ensayo para determinar la densidad del hormigón en estado fresco (ASTM C1688, 2013).
- Ensayo para la preparación y curado de los especímenes de hormigón en campo (ASTM C31, 2012).
- Ensayo para determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de hormigón (ASTM C39, 2014).
- Ensayo para determinar la resistencia a la flexión en vigas de hormigón (ASTM C78, 2010).

- Ensayo para determinar la resistencia del hormigón con fibras de vidrio y de acero recomendado por American Society For Testing Materials (ASTM A820, A143) y el comité del American Concrete Institute (ACI318R, 2009).
- Ensayo de Cono de Abraham recomendado por American Society For Testing Materials (ASTM.C143, 2011)

3.4 Técnicas de investigación y pasos a utilizar

Para poder realizar esta investigación, se pudo tener acceso a documentos, informes y tesis de grado para recolectar la información posible; para aclarar las ideas y definir las variables, ventajas, aplicaciones y limitaciones que se puedan obtener al estudio planteado. Las técnicas para poder realizar esta investigación mediante procedimientos e instrumentos que se han diseñado mediante los siguientes pasos utilizados para nuestro estudio son:

- Tema.
- Delimitación del tema.
- Formulación del problema.
- Planteamiento del problema.
- Determinación de los instrumentos de recolección de datos.
- Análisis y comparación de los resultados.
- Comprobación o validación de la hipótesis.
- Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo se lo desarrollará en dos fases como se mencionó en el Capítulo 3 (ver índice 3.3). Concluida estas dos fases, se procederá a analizar y comparar los resultados e interpretación de los mismos.

Los ensayos previos a los agregados, elaboración de las mezclas, elaboración de las muestras de cilindros y vigas para su respectiva rotura; se lo realizó en las instalaciones de la Universidad de Especialidades UEES

FASE 1: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE UN HORMIGÓN TRADICIONAL CON FIBRAS DE VIDRIO Y DE ACERO.

4.1 Agregados

Los agregados utilizados para esta investigación siendo la piedra proporcionada por la Cantera Huayco (Comercial Disensa Kron S.A.) y arena fueron proporcionados por la Cantera Canven; son materiales clasificados geológicamente como lutitas silisifacadas principalmente y hay presencia de grauwacas y areniscas líticas.

4.1.1 Agregado grueso

La piedra de la Cantera Huayco del Comercial Disensa Kron S.A. tiene las siguientes características (Ver Tabla 11 y Figura 17):

PVS (Kg/m³)	PVV (Kg/m³)	DSSS (Kg/m³)	ABS. (%)	T.M.N.
1.351	1.458	2.200	1,52	3/8"

Fuente: Autor

Tabla 11 Características del agregado grueso.

Siendo: PVS: Peso volumétrico seco, PVV: Peso volumétrico varillado, DSSS: Densidad saturada superficialmente seca, ABS.: Porcentaje de absorción y T.M.N.: Tamaño máximo nominal.



a) Peso volumétrico Suelto (PPV), b) Peso volumétrico Varillado (PVV), c) Absorción y Gravedad Específica.

Fuente: Autor

Figura 17 Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado grueso según la norma ASTM C 127.

4.1.1.1 Granulometría

La piedra utilizada clasifica granulométricamente según la norma ASTM C 33, como agregado tamaño máximo nominal $\frac{3}{8}$ " (Ver Figura 18).



Fuente: Autor

Figura 18 Ensayo para determinar la granulometría de los agregados según la norma ASTM C 33.

4.1.2 Agregado Fino

La arena de la Cantera Canven tiene las siguientes características (Ver Tabla 12 y Figura 19).

PVS (Kg/m³)	DSSS (Kg/m³)	ABS. (%)	M.F.
1.350	2.702	2,20	3,0

Fuente: Autor

Tabla 12 Características del agregado fino.

Siendo: PVS: Peso volumétrico seco, DSSS: Densidad saturada superficialmente seca, ABS.: Porcentaje de absorción y M.F.: Módulo de finura



Peso volumétrico suelto (PVS),

Fuente: Autor

Figura 19 Ensayo para determinar la gravedad específica, densidad y la absorción del agregado fino según la norma ASTM C 128.

4.1.2.1 Granulometría

La arena utilizada clasificada granulométricamente cumple con las especificaciones de la norma ASTM C 33 (Ver Figura 20).



Fuente: Autor

Figura 20 Ensayo para determinar la granulometría de los agregados según la norma ASTM C 33.

4.1.3 Cemento

4.1.3.1 Tipo de cemento

El cemento tipo GU fue utilizado a lo largo de este trabajo, proporcionado por la cementera HOLCIM S.A.



Fuente: Autor

Figura 21 Cemento Holcim Tipo GU.

4.1.3.2 Componentes químicos y características físicas del cemento

La calidad del cemento es un factor fundamental que influye directamente en la resistencia y durabilidad del concreto, es por esto que las empresas que lo fabrican llevan un control estricto de sus productos. Este control se deriva de ensayos tanto químicos como físicos del cemento. Los análisis químicos y otros ensayos del cemento tipo GU de HOLCIM fueron proporcionados por la empresa (Ver Anexo 1).

4.1.4 Aditivo

4.1.4.1 Tipo de aditivo

Para esta investigación se utilizó un aditivo proporcionado por la empresa Comercial Disensa KRON S.A. (Sika S.A.) que implementé para la elaboración de hormigón con fibras de Vidrio y de Acero.

SIKACEM PLASTIFICANTE es un aditivo líquido para hormigón. Cumple con las especificaciones (ASTM.C39, 2011) Tipo A; Tipo A; aditivo químico plastificante reductor de agua. No contiene cloruros, no es tóxico, no es inflamable. (Ver Anexo 2).



Fuente: Autor

Figura 22 Adictivo SikaCem.

4.1.5 Agua

El agua que se usa en las mezclas de hormigón debe ser limpia y no contener aceite, sulfato de magnesio, potasio, sodio, materias orgánicas o sustancias dañinas que afecten de forma significativa la resistencia, trabajabilidad y fluidez del hormigón. Para esta investigación se utilizó el agua obtenida de las tuberías de la red pública de agua potable del cantón de Samborondón.

4.1.5 Fibras

4.1.5.1 Tipo de Fibra

Para esta investigación se utilizó la Fibra de Vidrio proporcionada por la empresa Comercial Pichincha y la Fibra de Acero Vidrio proporcionada por la empresa Comercial Kron S.A (BEKAER “Dramix 3”) para implementarlo en la elaboración del hormigón con fibras de Vidrio y de Acero.

FIBRA DE VIDRIO es un material aislante que consta de numerosos filamentos, extremadamente finos de vidrio. Cumple con las especificaciones (ASTM.C39, 2011) (Ver Anexo 3).



Fuente: Autor

Figura 23 Fibra de Vidrio.

FIBRA DE ACERO Las fibras de acero Drámix son desarrolladas y elaboradas por Bekaert, de uso estructural en hormigón, mortero o lechada, ya que su presencia en la matriz de concreto contribuye a la capacidad del elemento fundido de resistir carga.. Cumple con las especificaciones (ASTM.A280, 2011)(Ver Anexo 4).



Fuente: Autor

Figura 24 Fibra de Acero.

4.2 Diseño de mezclas de un hormigón tradicional con fibras de vidrio y fibras de acero

Los diseños elaborados en este estudio fueron experimentados para analizar los parámetros que influyen al mezclar las fibras con el hormigón.

El enfoque de esta investigación es analizar el comportamiento mecánico con ciertos parámetros de dosificación, confinados con agregados locales, aditivos y fibras. Además, lograr obtener resultados aceptables para ponerlo en la práctica ingenieril.

4.2.1 Parámetros de dosificación para los diseños de mezclas del hormigón con fibras de vidrio y fibras de acero

Para este estudio se realizaron los diseños en el que cada diseño tiene 6 mezclas de un hormigón tradicional incluyéndole fibra de vidrio y de acero, tomando como referencia ciertos parámetros de dosificación para el cemento, agua, piedra y arena.

HORMIGÓN TRADICIONAL

Para esta primera parte se realizó 1 diseño sin aditivo siendo este mi diseño patrón (Ver Tabla 13).

HORMIGÓN CON FIBRA DE ACERO

Se realizaron diseños con porcentaje de dosificación de fibra de acero añadiéndolo en mi diseño patrón, (Ver Tabla 13).

HORMIGÓN CON FIBRA DE VIDRIO

Se realizaron diseños con porcentaje de dosificación de fibra de vidrio añadiéndolo en mi diseño patrón, (Ver Tabla 13).

HORMIGÓN CON FIBRA DE ACERO Y DE VIDRIO

Se realizaron diseños con porcentaje de dosificación de fibra de acero y de vidrio añadiéndolo en mi diseño patrón, (Ver Tabla 13).

PROPORCIONES DE DOSIFICACIÓN	PESO (KG)		
HORMIGÓN TRADICIONAL DE 280 KG/CM2			
Cemento	25		
Agua	10		
Piedra	27,51		
Arena	20,17		
PESO TOTAL: 82,68 KG			
% DE FIBRA	FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE ACERO	FIBRA DE VIDRIO Y DE ACERO
0,25%	0,207	0,207	0,103
0,5%	0,413	0,413	0,207
0,75%	0,620	0,620	0,310
1%	0,827	0,827	0,413
2%	1,654	1,654	0,827
3%	2,480	2,480	1,240
5%	4,134	4,134	2,067

Fuente: Autor

Tabla 13 Dosificación del diseño patrón para un Hormigón 280 kg/cm³.

4.2.1 Parámetros para la elaboración del Modelo Matemático para los diseños de mezclas del hormigón con fibras de vidrio y fibras de acero

El Modelo Matemático que se va a utilizar para estimar teóricamente la aproximación mas cercana de los resultados obtenidos experimentalmente mediante la función cuadrática se usó el método de los mínimos cuadrados.

Se empezó resolviendo las ecuaciones mediante la ecuación lineal, obteniendo la siguiente constante, (Ver Figura25).

Ecuación Lineal
 $AX = B$

$$C^{-1} = \frac{1}{A^*A^T}$$

$$P = C^{-1} A^T$$

$$X = \frac{B}{A} = \frac{B^*A^T}{A^*A^T} = B^*C^{-1} A^T = P^*B$$

$$X_{\text{máx}} = P^*B$$

Fuente: Autor

Figura 25 Ecuación Lineal para obtener la variable $X_{\text{máx}}$.

Se continúa resolviendo el método, mediante la matriz principal, a continuación se explica el procedimiento (Ver Figura 26 y 27).

$$A = \sum_{n=1, \dots, 3}^{m=1, \dots, 6} a_{mn} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 26 Matriz Principal para la obtención de la variable

$$\sum_{n=3}^{m=1,\dots,6} \mathbf{a}_{mn} = \mathbf{X}^0 = \begin{bmatrix} X_{13} \\ X_{23} \\ X_{33} \\ X_{43} \\ X_{53} \\ X_{63} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\sum_{n=2}^{m=1,\dots,6} \mathbf{a}_{mn} = \mathbf{X}^1 = \begin{bmatrix} X_{12} \\ X_{22} \\ X_{32} \\ X_{42} \\ X_{52} \\ X_{62} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.25 \\ 0.5 \\ 0.75 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$



% DE DOSIFICACIÓN DE LA FIBRA QUE SE UTILIZA EN LOS DISEÑOS.

$$\sum_{n=1}^{m=1,\dots,6} \mathbf{a}_{mn} = \mathbf{X}^2 = \begin{bmatrix} X^2_{11} \\ X^2_{21} \\ X^2_{31} \\ X^2_{41} \\ X^2_{51} \\ X^2_{61} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.0625 \\ 0.25 \\ 0.5625 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 27 Procedimiento para la obtención de la Matriz Principal

Se obtiene la Matriz “A” en referencia a la Formula de la Matriz Principal, la Matriz “A^T” en referencia a la Matriz “A”, la Matriz “C” se la obtiene mediante la multiplicación de la Matriz “A” por la Matriz “A^T”, la Matriz “C⁻¹” en referencia a la Matriz “C”, la Matriz “P” en referencia de la Matriz “C⁻¹”, la Matriz “X” se la obtiene mediante la multiplicación de la Matriz “P” por la Matriz “B” y los valores aproximados de X_{máx}. (Ver Figura28, 29, 30, 31, 32, 33, 34).

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0.0625 & 0.25 & 1 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \\ 0.5625 & 0.75 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 28 Matriz A.

$$A^T = \sum_{n=1, \dots, 6}^{m=1, \dots, 3} a_{mn} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{41} & a_{51} & a_{61} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & a_{42} & a_{52} & a_{62} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & a_{43} & a_{53} & a_{63} \end{bmatrix}$$

$$A^T = \begin{bmatrix} 0 & 0.0625 & 0.25 & 0.5625 & 1 & 4 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 29 Matriz A^T.

$$C = A * A^T$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0.0625 & 0.25 & 1 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \\ 0.5625 & 0.75 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 & 0.0625 & 0.25 & 0.5625 & 1 & 4 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 17.383 & 9.563 & 5.875 \\ 9.563 & 5.875 & 4.500 \\ 5.875 & 4.500 & 6.000 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 30 Matriz C.

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 1.005 & -2.072 & 0.570 \\ -2.072 & 4.673 & -1.476 \\ 0.570 & -1.476 & 0.715 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 31 Matriz C⁻¹.

$$P = C^{-1} * A^T$$

$$P = \begin{bmatrix} 1.005 & -2.072 & 0.570 \\ -2.072 & 4.673 & -1.476 \\ 0.570 & -1.476 & 0.715 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 & 0.0625 & 0.25 & 0.5625 & 1 & 4 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 0.570 & 0.115 & -0.215 & -0.419 & -0.497 & 0.445 \\ -1.476 & -0.437 & 0.342 & 0.863 & 1.125 & -0.417 \\ 0.715 & 0.382 & 0.120 & -0.071 & -0.191 & 0.044 \end{bmatrix}$$

Fuente: Autor

Figura 32 Matriz P.

"B", se la obtiene mediante la Tabla de Esfuerzo kg/cm², son los resultados que se obtuvieron en los diseños.

$$X = P * B$$

$$X = \begin{bmatrix} 0.570 & 0.115 & -0.215 & -0.419 & -0.497 & 0.445 \\ -1.476 & -0.437 & 0.342 & 0.863 & 1.125 & -0.417 \\ 0.715 & 0.382 & 0.120 & -0.071 & -0.191 & 0.044 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 146.555 \\ 162.705 \\ 205.05 \\ 219.37 \\ 240.73 \\ 106.325 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} -105.870 \\ 198.580 \\ 134.852 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}$$

A=-105.87
B=198.580
C=134.852

Fuente: Autor

Figura 33 Matriz X.

ECUACIÓN CUADRÁTICA

$$Y=F(x)=AX^2 + BX + C$$

$$F'(x) = \frac{F(x)}{dx} = \frac{AX^2}{dx} + \frac{BX}{dx} + \frac{C}{dx}$$

$$0=2Ax+B$$

$$x_{\text{máx}} = -(B/2A)$$

X es el Porcentaje de Fibra que se le adhiere al diseño Patrón.

REEMPLAZAMOS LOS VALORES DE A Y B
OBTENIDOS EN LA FORMULA ANTERIOR.

$$x_{\text{máx}} = -(B/2A) = 0.94$$

Fuente: Autor

Figura 34 Se obtiene el $X_{\text{máx}}$ teórico mediante el Método de los Mínimos Cuadrados.

FASE 2: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO DE UN HORMIGÓN TRADICIONAL CON FIBRAS DE VIDRIO Y DE ACERO.

4.3 Elaboración de las mezclas de un Hormigón Tradicional con fibra de vidrio y de acero

4.3.1 Muestreo

Para la preparación de las mezclas de los diseños se pesaron los agregados, cemento, agua y aditivo. Toda la preparación y comprobación de los diseños se realizó en las instalaciones de la UEES, ver figura 35.



Fuente: Autor

Figura 35 Elaboración de la mezcla de hormigón tradicional con fibras de vidrio y de acero elaborada en el laboratorio.

4.3.2 Asentamiento del hormigón en estado fresco

Luego se procedió aplicar la norma ASTM C 143, con el fin de verificar el asentamiento (revenimiento) del hormigón tradicional en estado fresco. El revenimiento para todos los diseños fue nulo (cero), ver foto 36.



Fuente: Autor

Figura 36 Ensayo de asentamiento al hormigón en estado fresco según la norma ASTM C 143.

4.4 Elaboración de las probetas cilíndricas y vigas rectangulares

4.4.1 Muestreo de cilindros

Para la comprobación de la resistencia a compresión se prepararon 48 cilindros en moldes de 10 x 20 cm para los diseños patrón (hormigón tradicional 1A, hormigón con fibra de acero 2A y 2B, hormigón con fibra de vidrio 3A y 3B, y hormigón con fibra de acero y de vidrio 4A y 4B), con el fin de ensayarlos a los 7, 14 y 28 días según la norma ASTM C 39, ver foto 37.



Fuente: Autor

Figura 37 Elaboración de cilindros de hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero.

4.4.2 Muestreo de vigas

Para la comprobación de la resistencia a la flexión se prepararon 48 vigas rectangulares en moldes de 10 x 30 x 10 cm para los diseños patrón (hormigón tradicional 1A, hormigón con fibra de acero 2A y 2B, hormigón con fibra de vidrio 3A y 3B, y hormigón con fibra de acero y de vidrio 4A y 4B), con el fin de ensayarlos a los 7, 14 y 28 días según la norma ASTM C 39, ver figura 38.



Fuente: Autor

Figura 38 Elaboración de vigas rectangulares de hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero.

4.4.3 Curado

Al día siguiente de elaborar cilindros y vigas, se los desencofra y se los coloca en la piscina de curado siguiendo la norma ASTM C 31, ver figura 39.



Fuente: Autor

Figura 39 Desencofrado de cilindros y vigas para luego ser colocados en la piscina de curado.

4.5 Determinación de la resistencia a compresión y flexión en las muestras elaboradas de un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero

4.5.1 Resistencia a la compresión

Se ensayaron las muestras cilíndricas según la norma ASTM C 39, para la rotura establecida a los 7, 14 y 28 días. Además, al retirar los cilindros de las piscinas de curado se estableció un tiempo de 5 minutos o menos para que drene toda el agua acumulada dentro de su estructura. Finalmente, se procedió a colocar el cilindro, ver figura 40.



a) Peso de la muestra cilíndrica, b) Colocación de la muestra cilíndrica para previa rotura, c) Rotura de la muestra cilíndrica.

Fuente: Autor

Figura 40 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión según la norma ASTM C 39.

4.5.2 Resistencia a la flexión

De similar forma se procedió a ensayar las vigas siguiendo los parámetros establecidos por la norma ASTM C 79, ver figura 41.



a) Muestras de las vigas rectangulares, b) Muestra sometida a ensayo a la flexión, c) Rotura de la viga rectangular.

Fuente: Autor

Figura 41 Ensayo para determinar la resistencia a la flexión según la norma ASTM C 79.

4.6 Análisis e interpretación de los diseños de un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero

4.6.1 Resultados de los diseños

Todos los resultados de los ensayos a compresión y flexión de los diseños realizados en el laboratorio de la UEES.

4.6.1.1 Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño Patrón.

4.6.1.1.1 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Nº cilindro	Toma muestra	Rotura de muestra	Días	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
1	23/06/2015	30/06/2015	7	3643	2.20	12100	148,08
2	23/06/2015	30/06/2015	7	3650	2.20	11850	145,03
3	23/06/2015	07/07/2015	14	3642	2.20	17180	210,25
4	23/06/2015	07/07/2015	14	3655	2.20	17190	210,38
5	23/06/2015	21/07/2015	28	3680	2.22	21490	263
6	23/06/2015	21/07/2015	28	3675	2.22	21485	262,94

Fuente: Autor

Tabla 14 Tabla de resultados de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).

RESUMEN DE RESULTADOS DISEÑO DE PATRÓN	
EDAD DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DÍAS	Kg/cm²
7	146,555
14	210,315
28	262,97
COLOR	

Fuente: Autor

Tabla 15 Resumen de resultados de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).



Fuente: Autor

Gráfico 1 Crecimiento de resistencia a compresión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).

4.6.1.1.2 ENSAYO A LA FLEXIÓN

Nº cilindro	Toma muestra	Rotura de muestra	Días	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
1	23/06/2015	30/06/2015	7	5632	2.22	690	21,85
2	23/06/2015	30/06/2015	7	5645	2.28	700	22,17
3	23/06/2015	07/07/2015	14	5680	2.24	1000	31,67
4	23/06/2015	07/07/2015	14	5650	2.22	1030	32,62
5	23/06/2015	21/07/2015	28	5630	2.20	1248	39,52
6	23/06/2015	21/07/2015	28	5626	2.23	1250	39,58

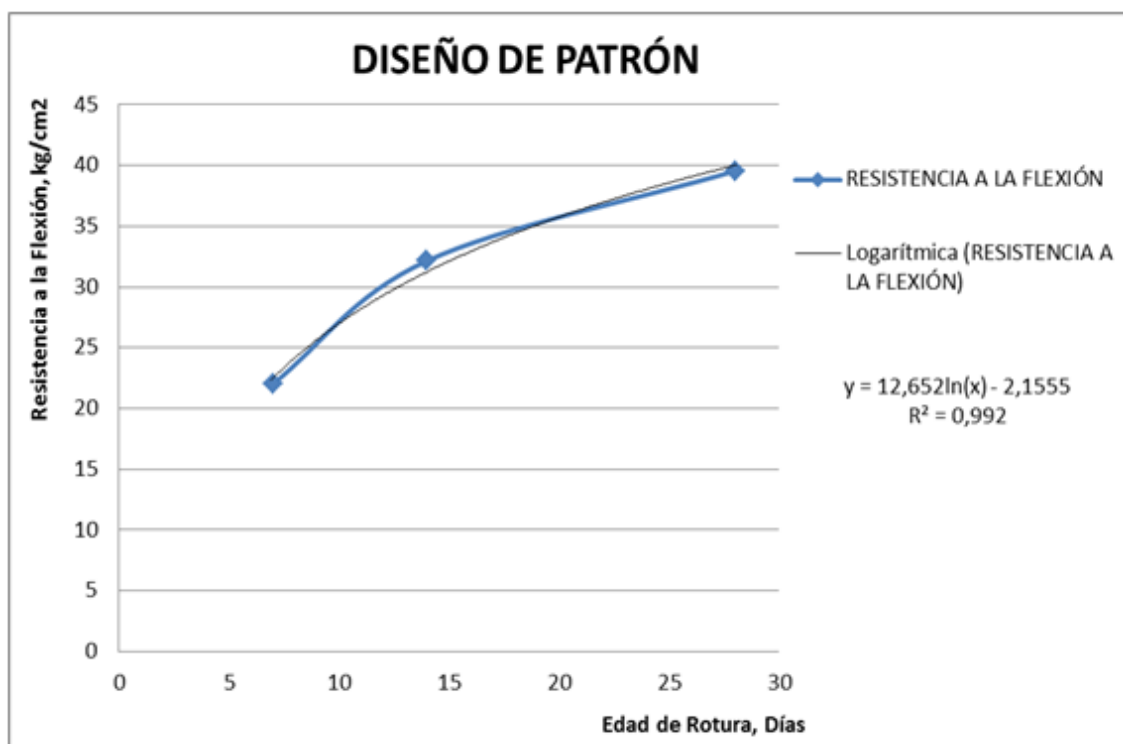
Fuente: Autor

Tabla 16 Tabla de resultados de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).

RESUMEN DE RESULTADOS DISEÑO DE PATRÓN	
EDAD DE ROTURA	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
DÍAS	Kg/cm ²
7	22,01
14	32,15
28	39,55
COLOR	

Fuente: Autor

Tabla 17 Resumen de resultados de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).



Fuente: Autor

Gráfico 2 Crecimiento de resistencia a la flexión del diseño patrón (Hormigón Tradicional).

4.6.1.2 Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Acero.

4.6.1.2.1 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras cilíndricas para determinar la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 18.

FIBRAS DE ACERO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº cilindro	Esfuerzo Compresión (Kg/cm ²)		
DISEÑO PATRON	148,08	210,25	263
DISEÑO PATRON	145,03	210,38	262,94
0.25%	150,85	210,85	262
0.25%	152,69	215,69	262
0.5%	155,8	211,8	262
0.5%	168,95	223,95	262
0.75%	180,8	225,8	261
0.75%	170,89	210,89	261
1.00%	204,75	228,98	260,92
1.00%	194,95	217,84	271,69
2%	152,63	190,63	250,58
2%	155,25	198,25	240,85
3%	100,8	158,8	210,5
3%	100,4	155,4	200,8
5%	76,61	140,37	180
5%	92,4	145,26	200

Fuente: Autor

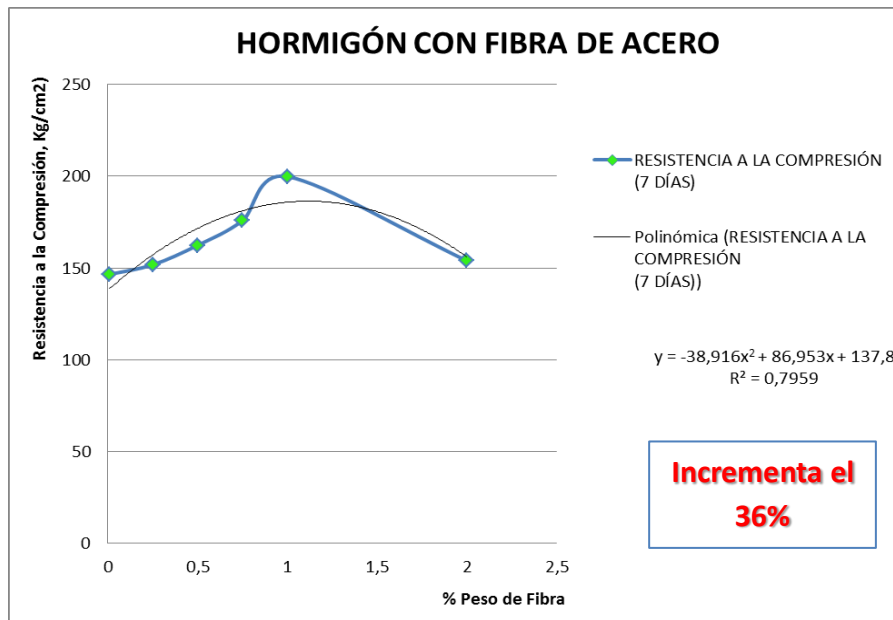
Tabla 18 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.1.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Hormigón Tradicional	0.01	2.2	146.555
0.25%	0.25	2.2	151.77
0.5%	0.5	2.2	162.375
0.75%	0.75	2.21	175.845
1.00%	1	2.27	199.85
2.00%	2	2.2	153.94
3.00%	3	2.1	100.6
5.00%	5	2.175	84.505

Fuente: Autor

Tabla 19 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 3 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

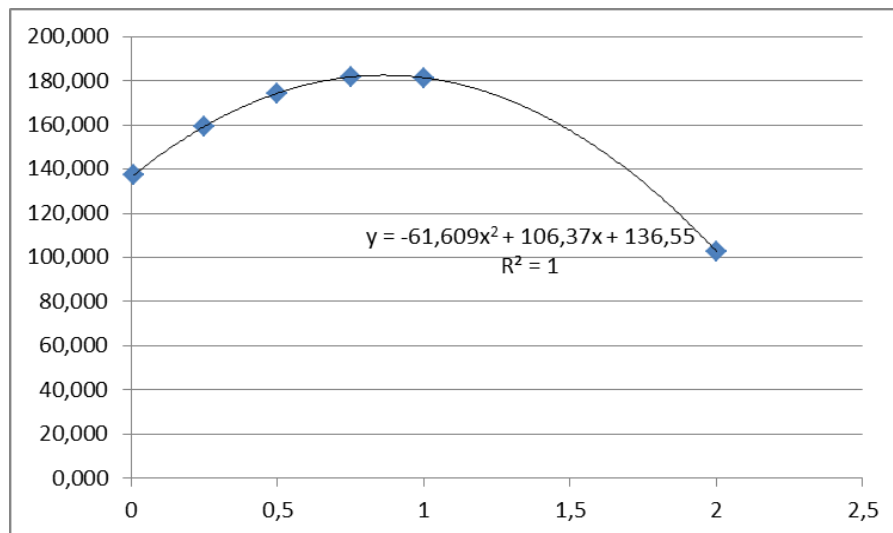
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	137,607
0,25	159,291
0,5	174,331
0,75	181,670
1	181,309
2	102,850

$X_{MAX} =$	0,863
$Y_{MAX} =$	182,47

Fuente: Autor

Tabla 20 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

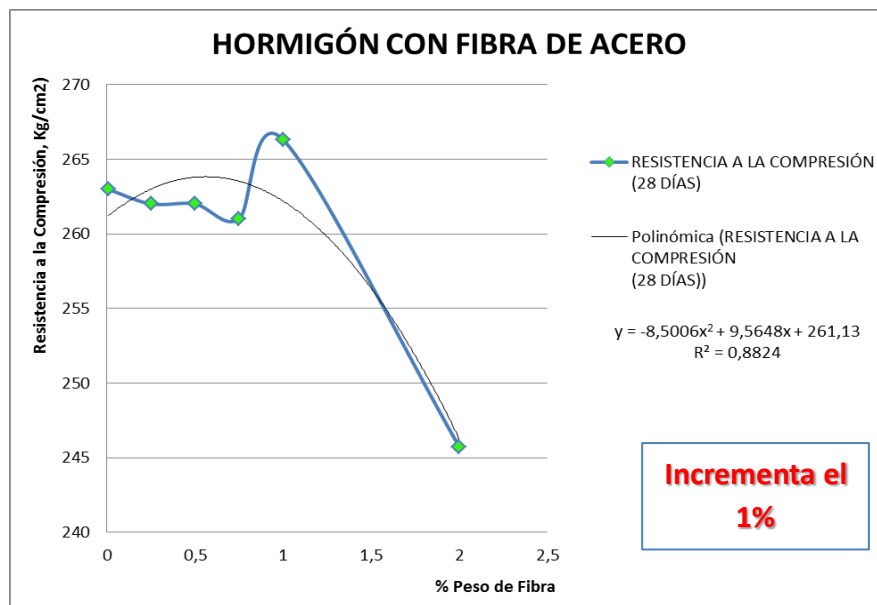
Gráfico 4 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.1.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0.01	2.22	262.97
0.25%	0.25	2.23	262
0.5%	0.5	2.24	262
0.75%	0.75	2.25	261
1.00%	1	2.265	266.305
2.00%	2	2.25	245.715
3.00%	3	2.24	205.65
5.00%	5	2.24	190

Fuente: Autor

Tabla 21 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 5 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

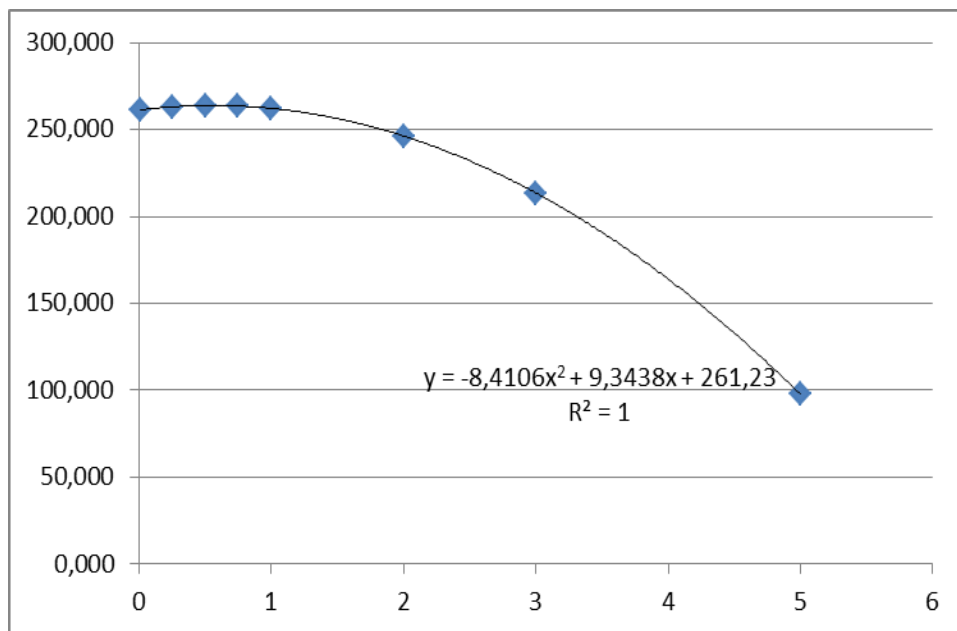
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	261,318
0,25	263,036
0,5	263,795
0,75	263,503
1	262,159
2	246,271
3	213,562
5	97,681

$X_{MAX} =$	0,555
$Y_{MAX} =$	263,82

Fuente: Autor

Tabla 22 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 6 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.2 ENSAYO A LA FLEXIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras en viguetas para determinar la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 23.

FIBRAS DE ACERO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº Vigueta	Esfuerzo Flexión(Kg/cm ²)		
DISEÑO PATRON	21,85	31,67	39,52
DISEÑO PATRON	22,17	32,62	39,58
0.25%	23,52	33,52	40,5
0.25%	23,85	31,85	40,6
0.5%	25,96	30,96	41,58
0.5%	25,85	31,35	41,58
0.75%	27,85	32,35	43,26
0.75%	28,96	33,16	44
1.00%	31,35	35,45	45,6
1.00%	31,03	35,15	46,86
2%	-	-	-
2%	-	-	-
3%	-	-	-
3%	-	-	-
5%	10,032	11,344	14,592
5%	9,9296	11,248	14,9952

Fuente: Autor

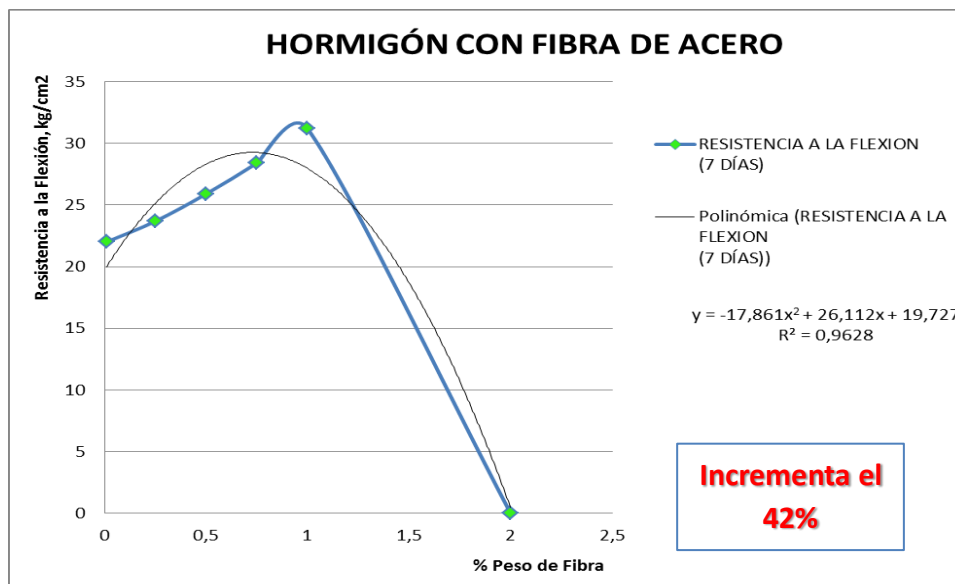
Tabla 23 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.2.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Hormigón Tradicional	0.01	2.24	22.01
0.25%	0.25	2.2	23.685
0.5%	0.5	2.2	25.905
0.75%	0.75	2.21	28.405
1.00%	1	2.22	31.19
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.22	9.9808

Fuente: Autor

Tabla 24 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 7 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

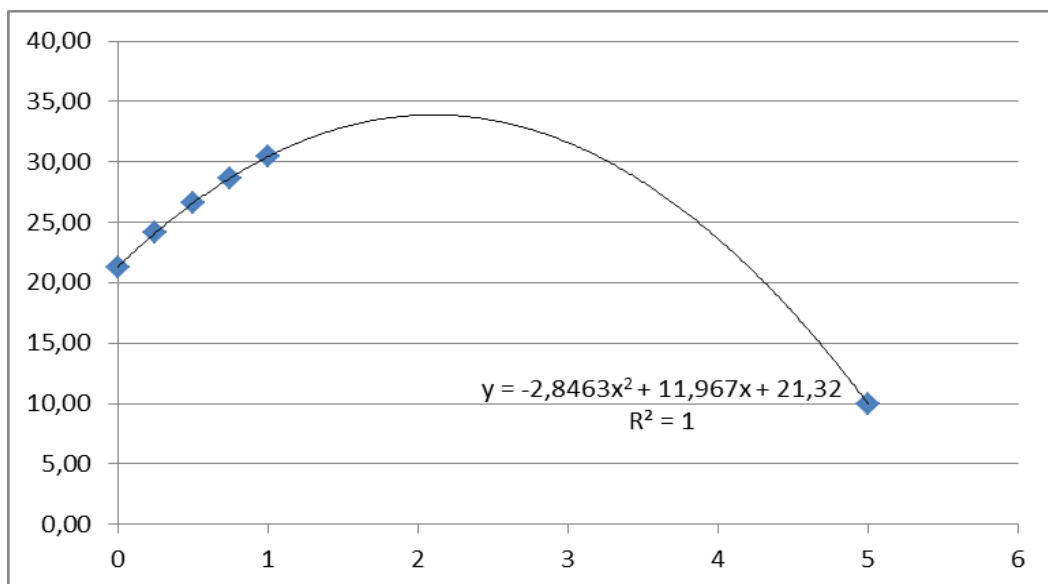
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0	21,32
0,25	24,13
0,5	26,59
0,75	28,69
1	30,44
5	10,00

$X_{MAX} =$	2,10
$Y_{MAX} =$	33,90

Fuente: Autor

Tabla 25 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

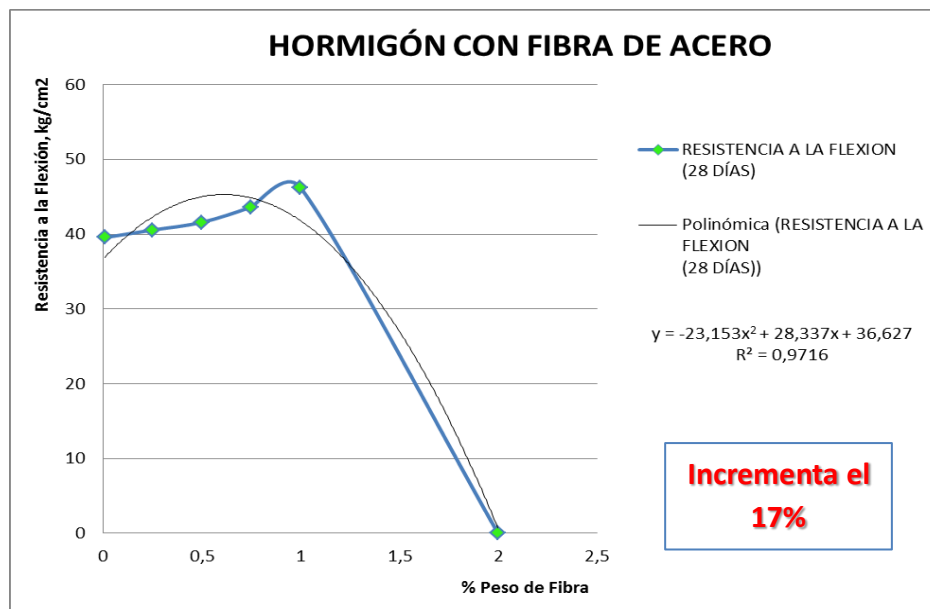
Gráfico 8 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.2.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0.01	2.215	39.55
0.25%	0.25	2.2	40.55
0.5%	0.5	2.2	41.58
0.75%	0.75	2.21	43.63
1.00%	1	2.225	46.23
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.225	14.7936

Fuente: Autor

Tabla 26 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 9 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

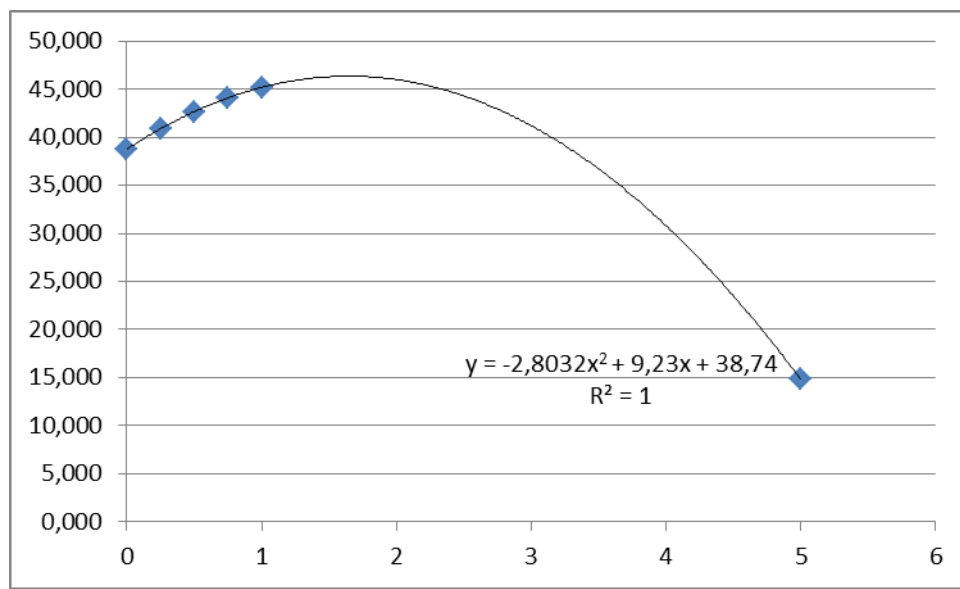
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0	38,740
0,25	40,872
0,5	42,654
0,75	44,086
1	45,167
5	14,811

$X_{MAX} =$	1,65
$Y_{MAX} =$	46,34

Fuente: Autor

Tabla 27 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero



Fuente: Autor

Gráfico 10 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero.

4.6.1.2.3 PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE ACERO

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	7	146,55	22,01	15,02%
0,25	7	151,77	23,685	15,61%
0,5	7	162,37	25,905	15,95%
0,75	7	175,85	28,405	16,15%
1	7	199,85	31,19	15,61%
2	7	153,94	-	0,00%
3	7	100,6	-	0,00%
5	7	84,505	9,9808	11,81%

Fuente: Autor

Tabla 28 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	28	262,97	39,55	15,04%
0,25	28	262	40,55	15,48%
0,5	28	262	41,58	15,87%
0,75	28	261	43,63	16,72%
1	28	266,305	46,23	17,36%
2	28	245,715	-	0,00%
3	28	205,65	-	0,00%
5	28	190	14,7936	7,79%

Fuente: Autor

Tabla 29 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero

Tomando como referencia la tabla 28 y 29 se obtiene como resultado que añadiendo el 1% de la fibra de acero al Hormigón de 280 kg/cm², comparando su incremento a los 7 y 28 días se obtiene como resultado el 75% de incremento a la compresión y el 67% de incremento a la flexión, ver tabla 30.

INCREMENTA	
R. Compresión	75%
R. flexión	67%

Fuente: Autor

Tabla 30 Incremento de la resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero

4.6.1.2.4 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON DE 280 KG/CM2 AÑADIENDO FIBRAS DE ACERO

En este diseño se considera lo siguiente:

- i. Mayor control de la fisuración ya que cosen las fisuras del hormigón formando un camino entre los agregados gruesos, llegando al hormigón un comportamiento dúctil luego de la fisuración inicial evitando así la fractura frágil. Mejora su Ductilidad
- ii. Excelente resistencia a la corrosión, ya que mediante el uso de la fibra, las fisuras controladas tienen un diámetro mucho menor al necesario para permitir que el proceso de corrosión se inicie en el acero del hormigón
- iii. Excelente resistencia al impacto, mejora la resistencia a la tracción, compresión, flexión y corte.
- iv. Gran capacidad para soportar cargas, control eficaz de la retracción del hormigón.

4.6.1.3 Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Vidrio

4.6.1.3.1 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras cilíndricas para determinar la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 31.

FIBRAS DE VIDRIO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº cilindro	Esfuerzo Compresión (Kg/cm ²)		
DISEÑO PATRON	148,08	210,25	263
DISEÑO PATRON	145,03	210,38	262,94
0.25%	155,79	215,79	270,58
0.25%	169,62	232,62	278,8
0.5%	204,25	260,25	290,58
0.5%	205,85	260,85	300,25
0.75%	219,06	264,06	325,58
0.75%	219,68	259,68	350,58
1.00%	269	310,85	383,3
1.00%	271,57	326,28	369,96
2%	100,8	145,8	300,58
2%	111,85	153,85	300,85
3%	81,0	106,0	150,69
3%	75,8	85,8	100,85
5%	68,17	68,65	95,95
5%	64,86	68,9	80,1

Fuente: Autor

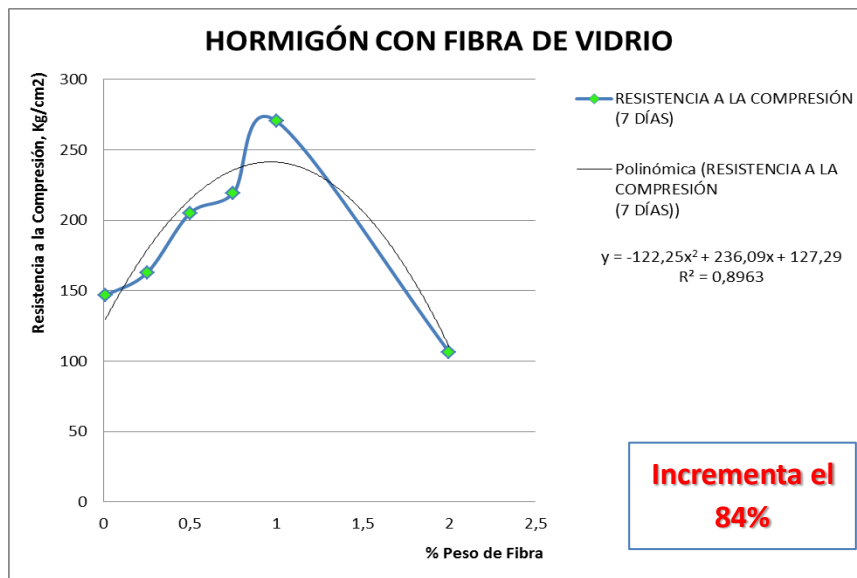
Tabla 31 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.1.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0,01	2,2	146,555
0.25%	0,25	2,2	162,705
0.5%	0,5	2,2	205,05
0.75%	0,75	2,21	219,37
1.00%	1	2,285	270,285
2.00%	2	2,15	106,325
3.00%	3	2,07	78,38
5.00%	5	2,005	66,515

Fuente: Autor

Tabla 32 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 11 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

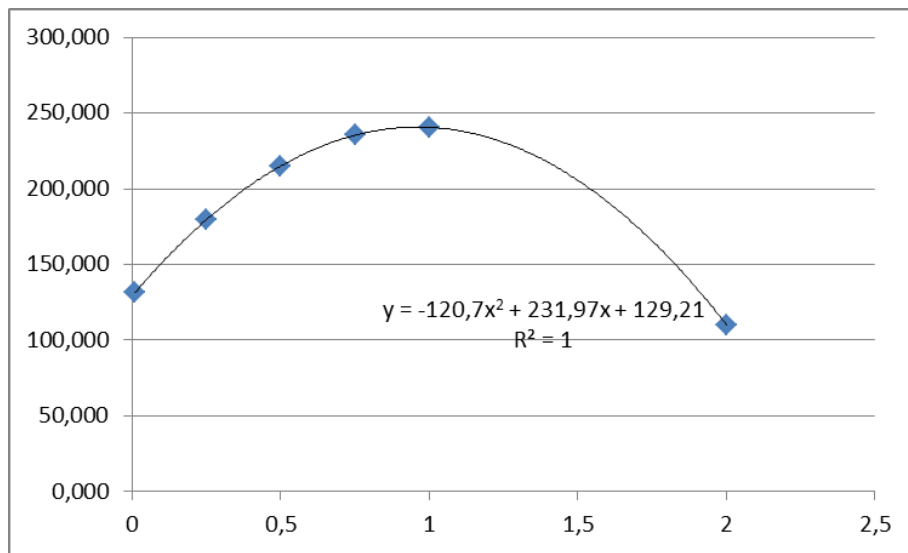
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	131,515
0,25	179,655
0,5	215,016
0,75	235,288
1	240,472
2	110,327

$X_{MAX} =$	0,961
$Y_{MAX} =$	240,66

Fuente: Autor

Tabla 33 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

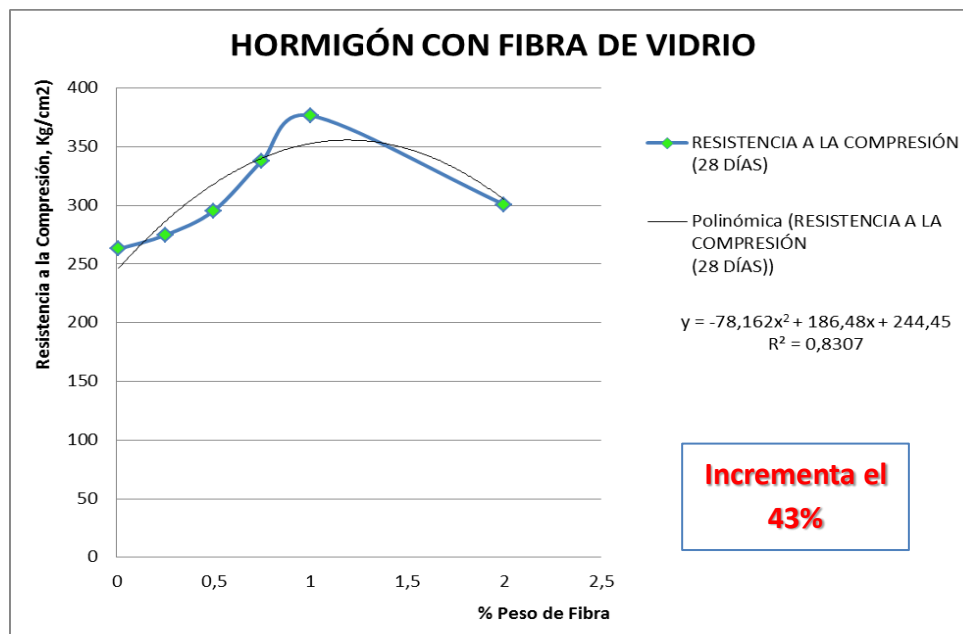
Gráfico 12 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.1.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0,01	2,22	262,97
0.25%	0,25	2,23	274,69
0.5%	0,5	2,25	295,415
0.75%	0,75	2,485	338,08
1.00%	1	2,3	376,63
2.00%	2	2,15	300,715
3.00%	3	2,07	125,77
5.00%	5	2,125	88,025

Fuente: Autor

Tabla 34 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 13 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

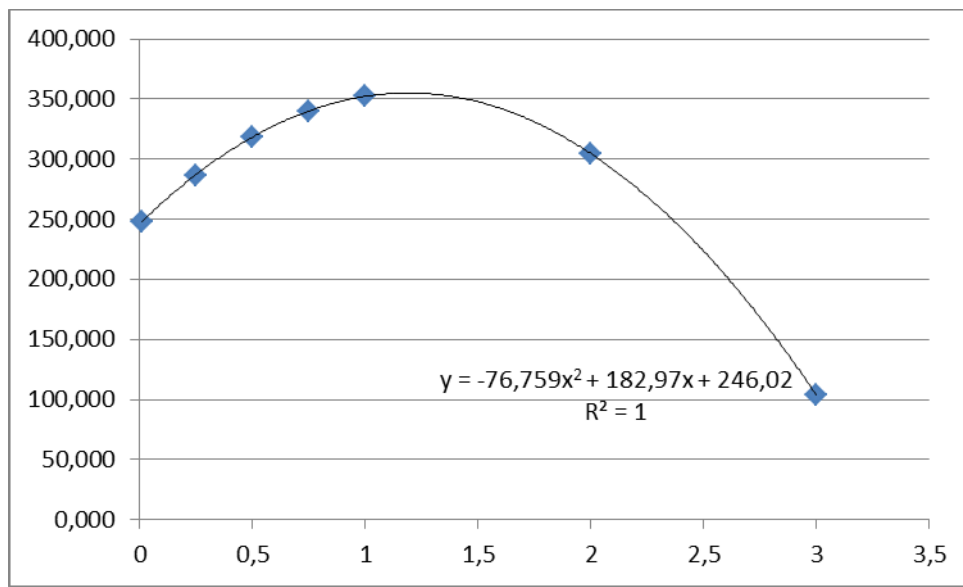
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	247,841
0,25	286,963
0,5	318,312
0,75	340,066
1	352,226
2	304,914
3	104,084

$X_{MAX} =$	1,192
$Y_{MAX} =$	355,06

Fuente: Autor

Tabla 35 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 14 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.2 ENSAYO A LA FLEXIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras en viguetas para determinar la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 36.

FIBRAS DE VIDRIO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº Vigueta	Esfuerzo Flexión (Kg/cm ²)		
DISEÑO PATRON	21,85	31,67	39,52
DISEÑO PATRON	22,17	32,62	39,58
0.25%	23,52	33,52	40,58
0.25%	23,48	31,48	40,75
0.5%	24,58	29,58	41,85
0.5%	25,63	31,13	41,56
0.75%	27,58	32,08	42,85
0.75%	28,96	33,16	42,57
1.00%	29,77	37,05	43,7
1.00%	36,1	43,38	50,98
2%	-	-	-
2%	-	-	-
3%	-	-	-
3%	-	-	-
5%	9,5264	11,856	9,5264
5%	11,552	13,8816	11,552

Fuente: Autor

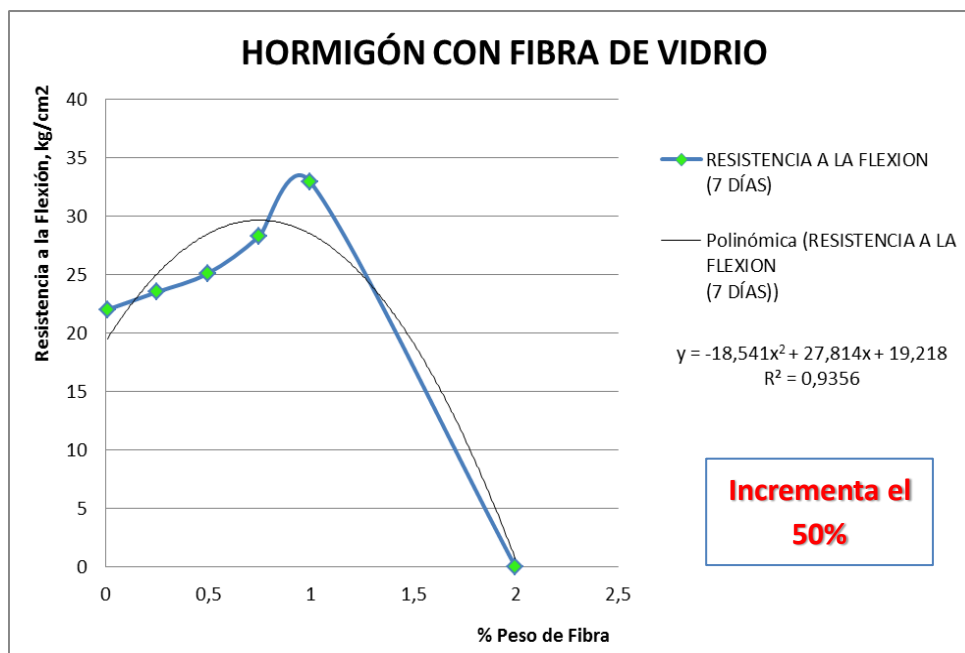
Tabla 36 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.2.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Hormigón Tradicional	0.01	2.24	22.01
0.25%	0.25	2.2	23.5
0.5%	0.5	2.2	25.105
0.75%	0.75	2.21	28.27
1.00%	1	2.325	32.935
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.325	10.5392

Fuente: Autor

Tabla 37 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.



Fuente: Autor

Gráfico 15 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

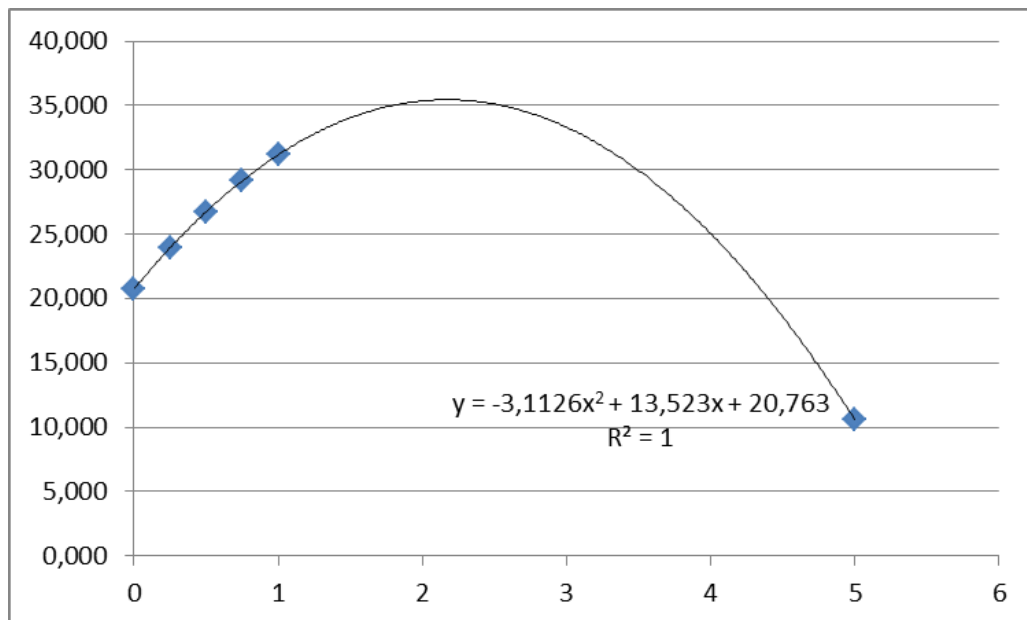
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0	20,763
0,25	23,949
0,5	26,746
0,75	29,154
1	31,173
5	10,563

$X_{MAX} =$	2,17
$Y_{MAX} =$	35,45

Fuente: Autor

Tabla 38 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

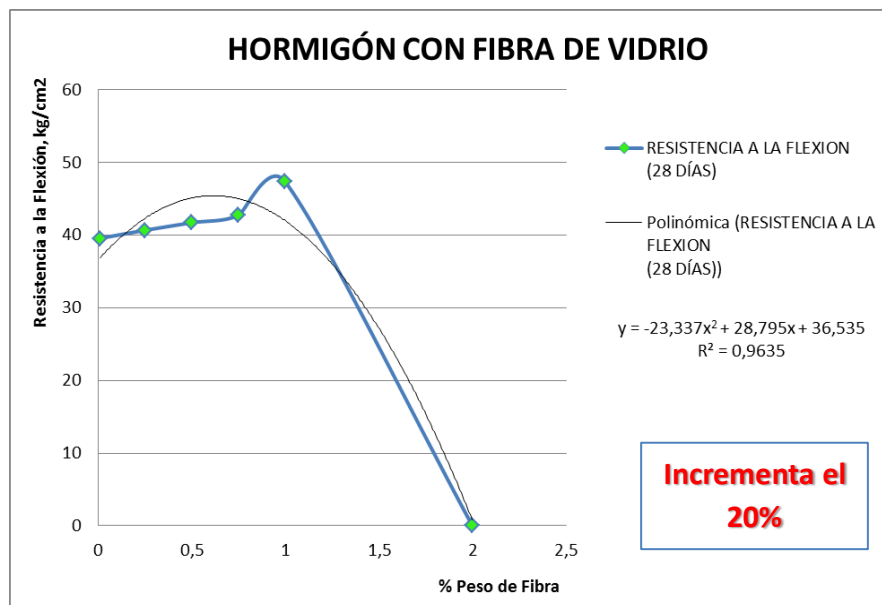
Gráfico 16 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.2.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0.01	2.215	39.55
0.25%	0.25	2.2	40.665
0.5%	0.5	2.2	41.705
0.75%	0.75	2.21	42.71
1.00%	1	2.31	47.34
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.325	10.5392

Fuente: Autor

Tabla 39 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.



Fuente: Autor

Gráfico 17 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

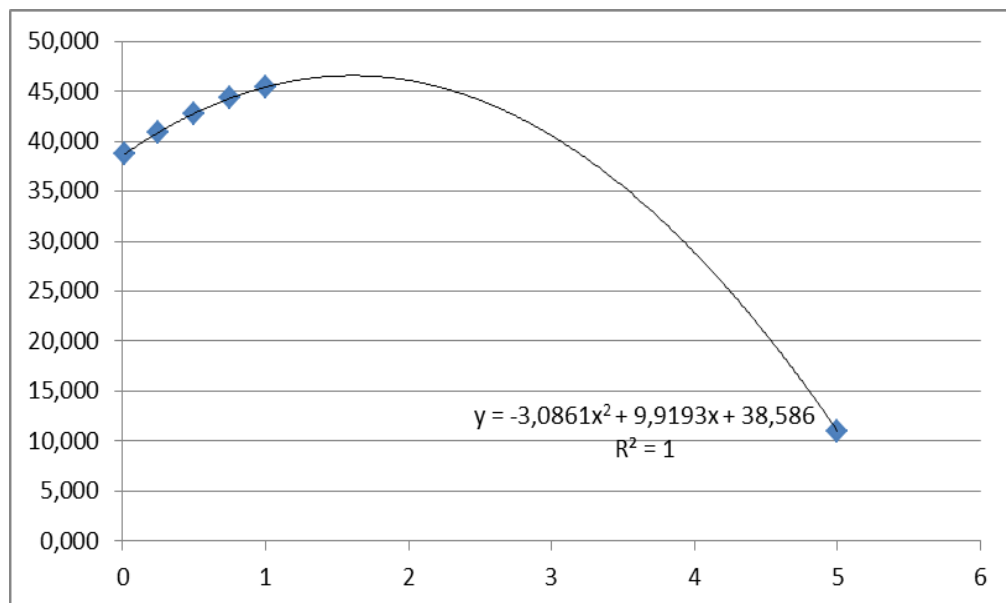
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	38,684
0,25	40,873
0,5	42,774
0,75	44,289
1	45,419
5	11,030

$X_{MAX} =$	1,61
$Y_{MAX} =$	46,67

Fuente: Autor

Tabla 40 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 18 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

4.6.1.3.3 PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE VIDRIO

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	7	146,555	22,01	15,02%
0,25	7	162,705	23,5	14,44%
0,5	7	205,05	25,105	12,24%
0,75	7	219,37	28,27	12,89%
1	7	270,285	32,935	12,19%
2	7	106,325		0,00%
3	7	78,38		0,00%
5	7	66,515	10,5392	15,84%

Fuente: Autor

Tabla 41 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	28	262,97	39,55	15,04%
0,25	28	274,69	40,665	14,80%
0,5	28	295,415	41,705	14,12%
0,75	28	338,08	42,71	12,63%
1	28	376,63	47,34	12,57%
2	28	300,715		0,00%
3	28	125,77		0,00%
5	28	88,025	10,5392	11,97%

Fuente: Autor

Tabla 42 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio.

Tomando como referencia la tabla 41 y 42 se obtiene como resultado que añadiendo el 1% de la fibra de vidrio al Hormigón de 280 kg/cm², comparando su incremento a los 7 y 28 días se obtiene como resultado el 72% de incremento a la compresión y el 70% de incremento a la flexión, ver tabla 43.

INCREMENTA	
R. Compresión	72%
R. flexión	70%

Fuente: Autor

Tabla 43 Incremento de la resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Vidrio

4.6.1.3.4 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON DE 280 KG/CM2 AÑADIENDO FIBRAS DE VIDRIO

En este diseño se considera lo siguiente:

- i. Alta resistencia química, tanto en medios ácidos como básicos.
- ii. Reducción de Grietas causadas por retracción, secado rápido o gradiente de temperatura. Alivio de tensiones generadas durante el proceso de hidratación del cemento, retardado de la evaporación y reducción de la exudación.
- iii. Reducción del asentamiento plástico
- iv. Reducción de la Permeabilidad del hormigón, aumento de la resistencia al impacto, la resistencia al fuego y el índice de tenacidad del hormigón endurecido.
- v. Incremento de las propiedades mecánicas (compresión, flexión) del Hormigón Endurecido
- vi. Reducción del costo del hormigón.
- vii. Absorción de energía gracias a su uniforme distribución multidimensional en la totalidad de la masa del hormigón.

4.6.1.4 Resultados de los ensayos de la Resistencia a la Compresión y a la Flexión para un Diseño de Hormigón Tradicional con Fibras de Acero y de Vidrio

4.6.1.4.1 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras cilíndricas para determinar la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 44.

FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº cilindro	Esfuerzo Compresión (Kg/cm²)		
DISEÑO PATRON	148,08	210,25	263
DISEÑO PATRON	145,03	210,38	262,94
0.25%	155,79	215,79	270,58
0.25%	169,62	232,62	275,85
0.5%	204,25	260,25	290,25
0.5%	205,85	260,85	295,68
0.75%	219,06	256,06	300,75
0.75%	219,68	254,68	305,75
1.00%	231,55	250,76	315,26
1.00%	249,91	286,26	345,12
2%	100,8	150,8	300,15
2%	111,85	159,85	290,75
3%	81,0	139,0	210,85
3%	75,8	130,8	150,85
5%	64,12	79,91	97,41
5%	69,88	87,13	104,4

Fuente: Autor

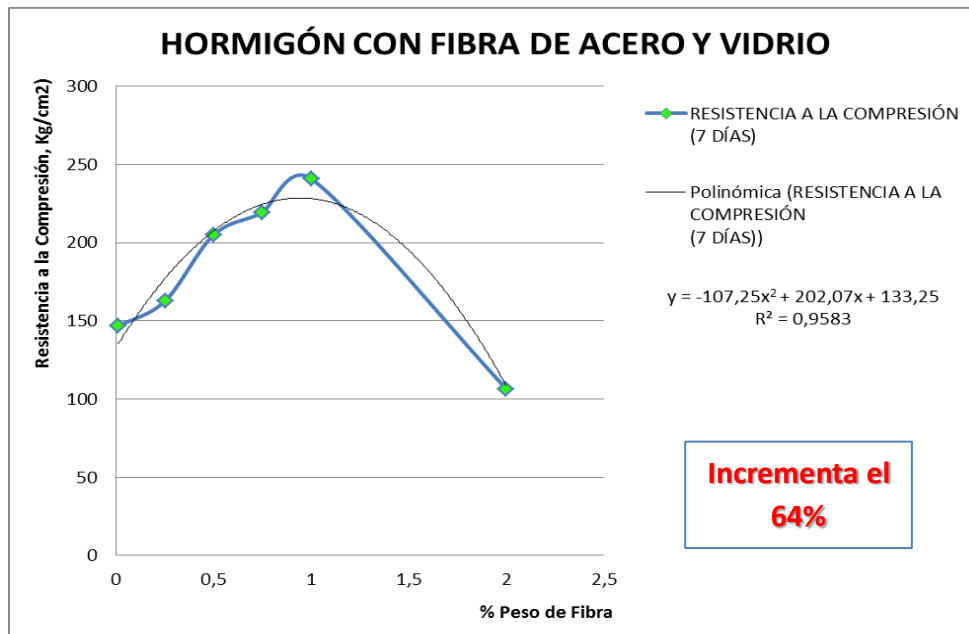
Tabla 44 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.1.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0,01	2,2	146,555
0.25%	0,25	2,2	162,705
0.5%	0,5	2,2	205,05
0.75%	0,75	2,21	219,37
1.00%	1	2,3	240,73
2.00%	2	2,15	106,325
3.00%	3	2,07	78,38
5.00%	5	2,015	67

Fuente: Autor

Tabla 45 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 19 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

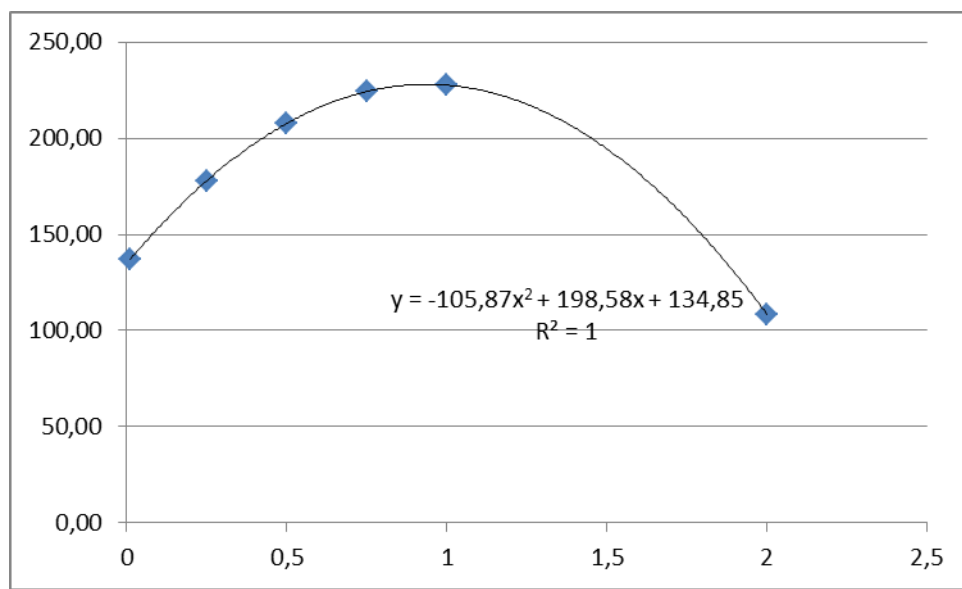
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	136,83
0,25	177,88
0,5	207,67
0,75	224,23
1	227,56
2	108,53

$X_{MAX} =$	0,94
$Y_{MAX} =$	227,97

Fuente: Autor

Tabla 46 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.



Fuente: Autor

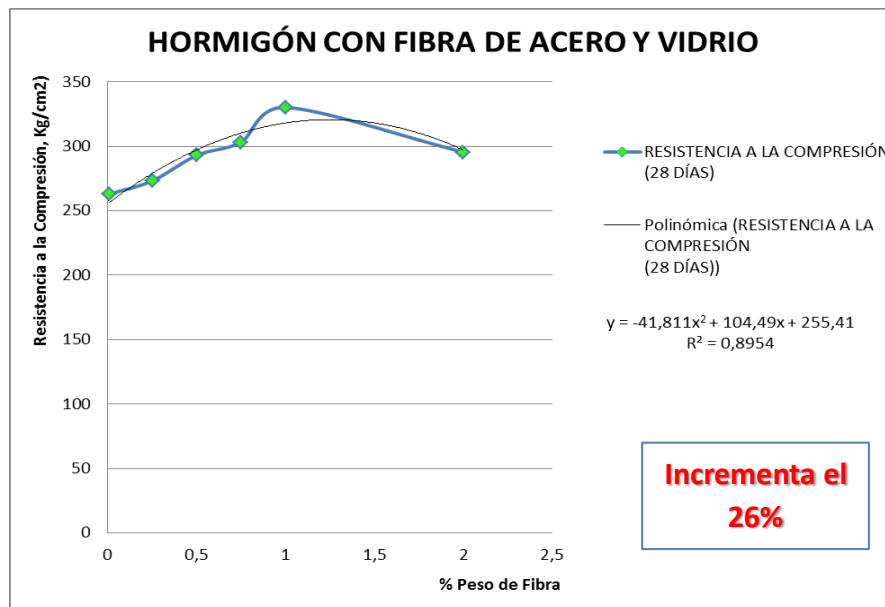
Gráfico 20 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.1.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Hormigón Tradicional	0,01	2,22	262,97
0.25%	0,25	2,2	273,215
0.5%	0,5	2,24	292,965
0.75%	0,75	2,25	303,25
1.00%	1	2,28	330,19
2.00%	2	2,15	295,45
3.00%	3	2,07	180,85
5.00%	5	2,045	100,905

Fuente: Autor

Tabla 47 Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.



Fuente: Autor

Gráfico 21 Crecimiento de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

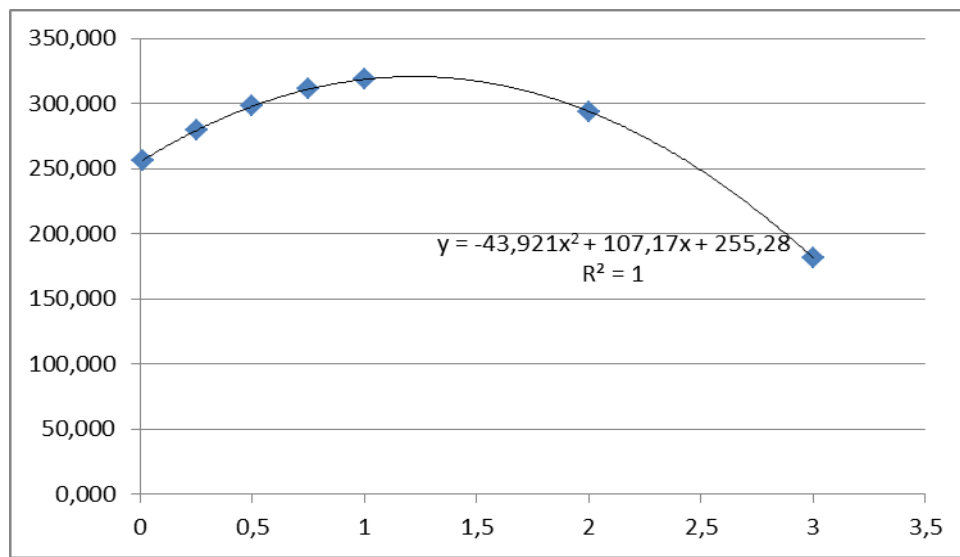
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	256,345
0,25	279,325
0,5	297,881
0,75	310,947
1	318,523
3	181,486
2	293,926

$X_{MAX} =$	1,219
$Y_{MAX} =$	320,66

Fuente: Autor

Tabla 48 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 22 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la compresión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.2 ENSAYO A LA FLEXIÓN

Se realizaron ensayos mediante muestras en viguetas para determinar la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días, mediante distintos porcentajes de dosificación que se le agregaron a mi diseño patrón un Hormigón de 280 kg/cm², ver tabla 49.

FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Nº Vigueta	Esfuerzo Flexión (Kg/cm ²)		
DISEÑO PATRON	21,85	31,67	39,52
DISEÑO PATRON	22,17	32,62	39,58
0.25%	23,58	33,58	40,85
0.25%	24,85	32,85	40,87
0.5%	30,5	35,5	42,96
0.5%	30,75	36,25	43,58
0.75%	35,85	40,35	45,85
0.75%	36,75	40,95	48,85
1.00%	37,62	42,54	54,72
1.00%	37,236	42,18	56,232
2%	-	-	-
2%	-	-	-
3%	-	-	-
3%	-	-	-
5%	12,0384	13,6128	17,5104
5%	11,91552	13,4976	17,99424

Fuente: Autor

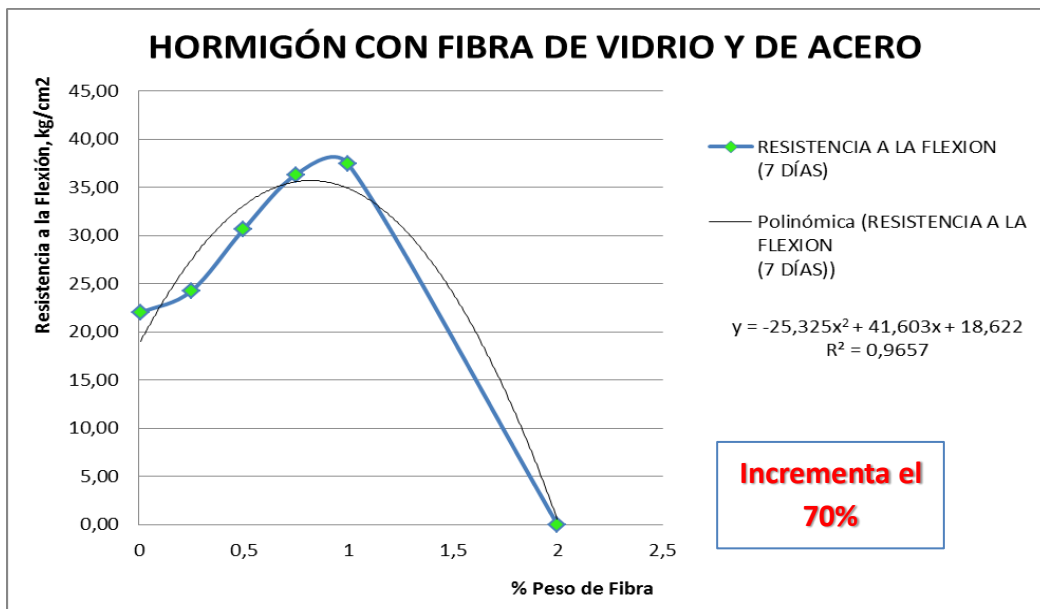
Tabla 49 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.2.1 A LOS 7 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (7 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Hormigón Tradicional	0.01	2.24	22.01
0.25%	0.25	2.2	24.22
0.5%	0.5	2.2	30.63
0.75%	0.75	2.21	36.30
1.00%	1	2.22	37.43
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.22	11.98

Fuente: Autor

Tabla 50 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.



Fuente: Autor

Gráfico 23 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

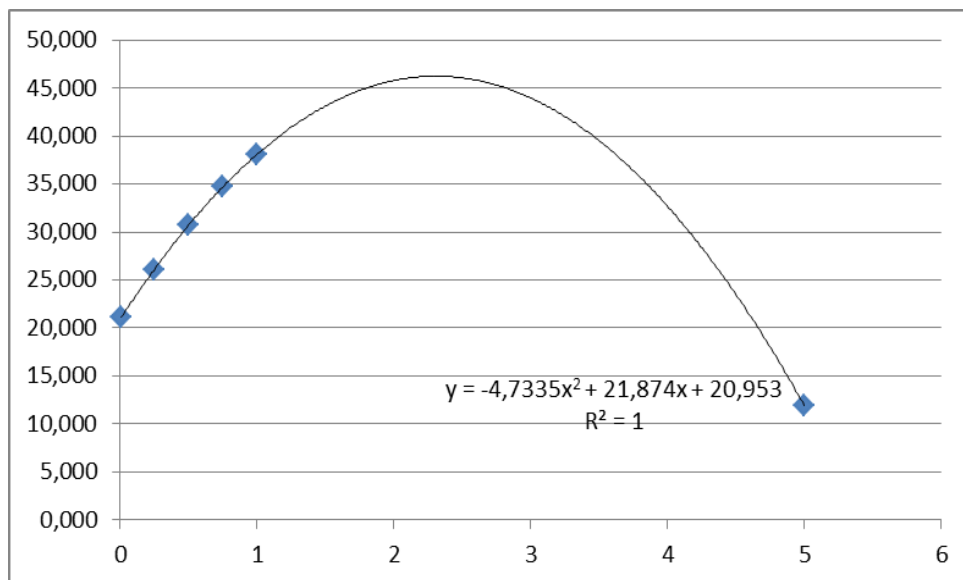
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0,01	21,171
0,25	26,126
0,5	30,707
0,75	34,696
1	38,093
5	11,984

$X_{MAX} =$	2,31
$Y_{MAX} =$	46,22

Fuente: Autor

Tabla 51 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.



Fuente: Autor

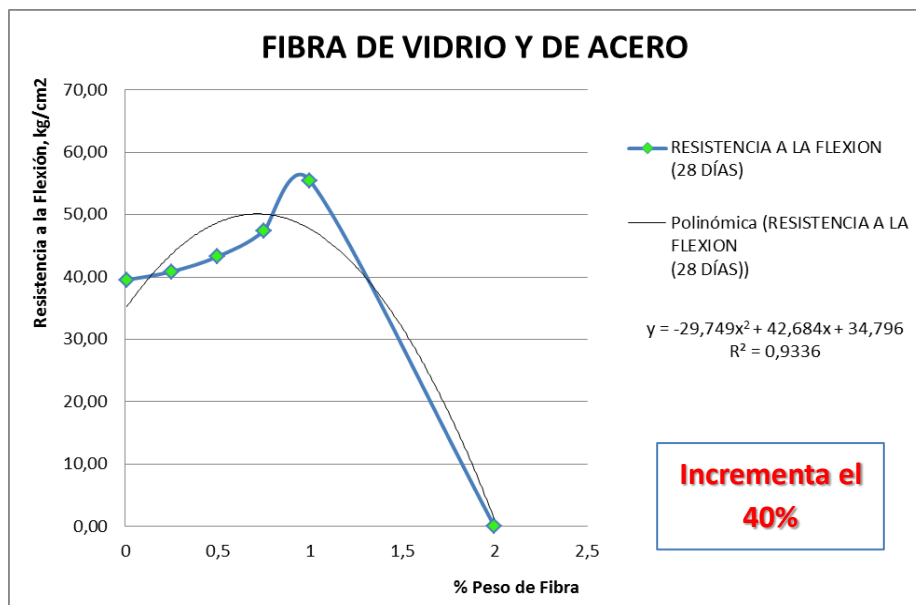
Gráfico 24 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 7 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.2.2 A LOS 28 DIAS

RESISTENCIA A LA FLEXION (28 DÍAS)			
Nº cilindro	% Peso	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
Hormigón Tradicional	0.01	2.215	39.55
0.25%	0.25	2.2	40.86
0.5%	0.5	2.2	43.27
0.75%	0.75	2.21	47.35
1.00%	1	2.225	55.48
2.00%	2	-	-
3.00%	3	-	-
5.00%	5	2.225	17.75

Fuente: Autor

Tabla 52 Resumen de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.



Fuente: Autor

Gráfico 25 Crecimiento de resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

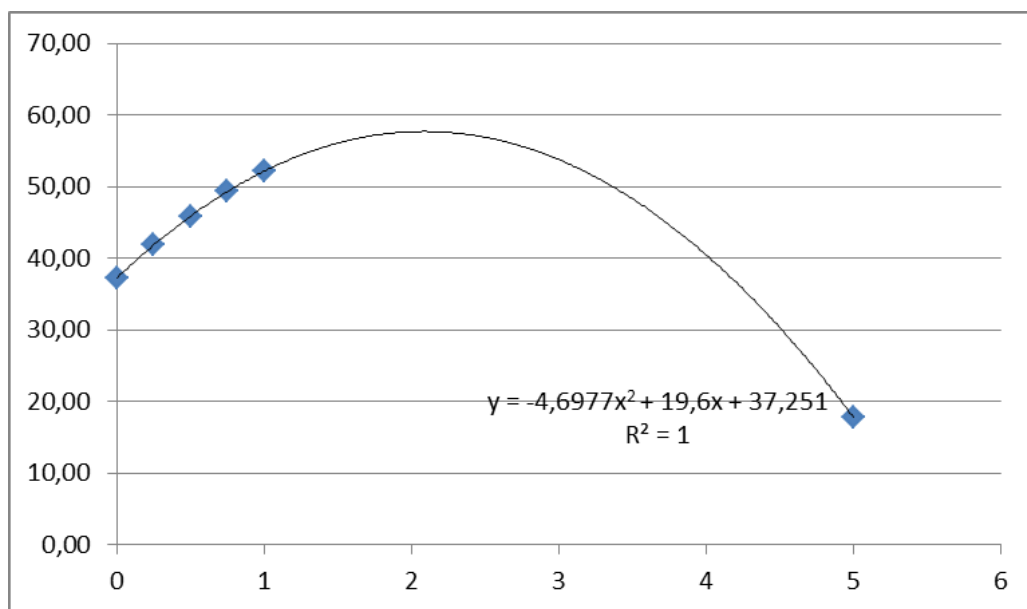
MODELO MATEMATICO MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

X	Y
0	37,25
0,25	41,86
0,5	45,88
0,75	49,31
1	52,15
5	17,81

$X_{MAX} =$	2,09
$Y_{MAX} =$	57,69

Fuente: Autor

Tabla 53 Resumen de resultados del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio



Fuente: Autor

Gráfico 26 Crecimiento del Método de los Mínimos Cuadrados para una resistencia a la flexión a los 28 días del diseño de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.3 PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE FLEXIÓN EN COMPARACIÓN A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SOLO CON FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	7	146,555	22,01	15,02%
0,25	7	162,705	24,22	14,89%
0,5	7	205,05	30,63	14,94%
0,75	7	219,37	36,3	16,55%
1	7	240,73	37,43	15,55%
2	7	106,325		0,00%
3	7	78,38		0,00%
5	7	67	11,98	17,88%

Fuente: Autor

Tabla 54 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio

PROPORCIONES	DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	%
H. Tradicional	28	262,97	39,55	15,04%
0,25	28	273,215	40,86	14,96%
0,5	28	292,965	43,27	14,77%
0,75	28	303,25	47,35	15,61%
1	28	330,19	55,48	16,80%
2	28	295,45		0,00%
3	28	180,85		0,00%
5	28	100,905	17,75	17,59%

Fuente: Autor

Tabla 55 Resumen de los porcentajes de dosificación para una resistencia a la flexión y a la compresión a los 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio

Tomando como referencia la tabla 54 y 55 se obtiene como resultado que añadiendo el 1% de la fibra de acero al Hormigón de 280 kg/cm², comparando su incremento a los 7 y 28 días se obtiene como resultado el 73% de incremento a la compresión y el 67% de incremento a la flexión, ver tabla 56.

INCREMENTA	
R. Compresión	73%
R. flexión	67%

Fuente: Autor

Tabla 56 Incremento de la resistencia a la flexión y a la compresión a los 7 y 28 días de un Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio.

4.6.1.4.4 ANALISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON DE 280 KG/CM2 AÑADIENDO FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO

En este diseño se considera lo siguiente:

- i. Excelente resistencia a la corrosión, ya que mediante el uso de la fibra, las fisuras controladas tienen un diámetro mucho menor al necesario para permitir que el proceso de corrosión se inicie en el acero del hormigón
- ii. Excelente resistencia al impacto, mejora la resistencia a la tracción, compresión, flexión y corte.
- iii. Gran capacidad para soportar cargas, control eficaz de la retracción del hormigón.
- iv. Reducción de la Permeabilidad del hormigón, aumento de la resistencia al impacto, la resistencia al fuego y el índice de tenacidad del hormigón endurecido.
- v. Incremento de las propiedades mecánicas (compresión, flexión) del Hormigón Endurecido
- vi. Absorción de energía gracias a su uniforme distribución multidimensional en la totalidad de la masa del hormigón.

4.7 Análisis de Costos para un hormigón tradicional con fibra de vidrio y de acero

Para este trabajo se estima un análisis de costo con un Hormigón Tradicional para 1 m3 mismo que detallando el 1% del contenido de la fibra para adicionarle a la mezcla total del hormigón, según lo indica en la tabla 57, 58 y 59.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U.	Costo Parcial
Cemento	Saco	8.24	\$ 7.30	\$60.15
Piedra ³/₄	M3	1.00	\$ 14.00	\$ 14.00
Arena Gruesa	M3	0.55	\$ 14.00	\$ 7.70
Agua	M3	0,23	\$ 1.79	\$ 0.417
Subtotal				\$ 82.26

Fuente: Autor

Tabla 57 APU de un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm2.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U.	Costo Parcial
Hormigón Tradicional Fc=280kg/cm2	M3	1,00	\$ 82.26	\$ 82.26
Fibra de Vidrio	Kg	0,41	\$ 15,00	\$ 6,20
Fibra de Acero	Kg	0,41	\$ 80,00	\$ 33,04
Fibra de Vidrio y Fibra de Acero	kg	0,41	\$ 47,85	\$ 19,62

Fuente: Autor

Tabla 58 APU de un Hormigón Tradicional de 280 kg/cm2, de la Fibra de Vidrio y de la Fibra de Acero.

PRESUPUESTO

**TESIS DE GRADO "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN HORMIGÓN TRADICIONAL Y UN HORMIGÓN
CON FIBRA DE VIDRIO Y DE ACERO"**

FECHA: 'MARZO 2016

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Hormigón de 280 kg/cm2 con Fibras de Acero y de Vidrio				
1,1	Hormigón Tradicional	m3	1,00	\$ 82.26	\$ 82.26
1,2	Hormigón con Fibras de Vidrio	m3	1,00	\$ 88.46	\$ 88.46
1,3	Hormigón con Fibras de Acero	m3	1,00	\$ 115.3	\$ 115.3
1,4	Hormigón con Fibras de Acero y de Vidrio	m3	1,00	\$ 101.88	\$ 101.88

Fuente: Autor

Tabla 59 Presupuesto para un hormigón tradicional de 280 kg/cm2 y un Hormigón de 280 kg/cm2 con Fibras de Acero y de Vidrio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con base al análisis de los resultados de los ensayos se pueden presentar las siguientes conclusiones referentes a los diseños expuesto en esta investigación:

- La adición de fibras tanto de vidrio y de acero en un rango del 1%, favorece aumentando sus resistencias a compresión y flexión e incrementando su trabajabilidad y ductilidad, pero mientras mayor es el porcentaje de dosificación esta reduce sus resistencias.
- Adicionando un porcentaje mayor de 5% de fibra de vidrio y de acero, se afecta la trabajabilidad pero incrementa la ductilidad.
- Respecto al costo de elaboración del hormigón con fibra de vidrio y de acero realizar un hormigón solo con fibra de vidrio resulta aproximadamente un 50% más económico que un hormigón solo con fibra de acero.
- El hormigón solo con fibra de vidrio tiene mayor resistencia mecánica que el hormigón con fibra de acero; es por ello, que cuando se realiza el hormigón con fibra de vidrio y de acero hace que incremente su resistencia pero no supere al hormigón solo con fibra de vidrio.
- Respecto a la manejabilidad del material en estado fresco al momento de realizar las mezclas de los diseños patrones, se observó mejor desempeño cuando se incrementaba menos porcentaje de fibra de vidrio y de acero en el hormigón por tal motivo se decidió que el porcentaje adecuado para el hormigón debe ser el 1% del peso de todo el hormigón.

- Para la toma de las muestras de cilindros y vigas se deberán compactar bien los agregados, para que la mezcla sea uniforme y no afecte en la resistencia.
- El curado es un punto muy importante es por ello que se tuvo en consideración que la temperatura del agua donde reposaban los cilindros y viguetas estén a una temperatura ambiente de 25° C.
- Es importante aclarar que los resultados de los diseños de mezclas de hormigón con fibras de vidrio y de acero tanto a compresión y flexión son altamente confiables y pueden ser utilizados para futuras investigaciones. De igual manera se lo puede implementar para usos ingenieriles específicos como: vigas, losas, columnas y tanques de almacenamiento; donde se requiera aprovechar su capacidad para incrementar su resistencia a la flexión y compresión.
- En la resistencia a la compresión para un Hormigón con Fibra de Acero podemos observar lo siguiente:

HORMIGON CON FIBRAS DE ACERO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA COMPRESION			
Diseño	1%	199,85	266,31
Métodos Mínimos Cuadrados	0,863%	182,47	-
	0,555%	-	263,82

HORMIGON CON FIBRAS DE ACERO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA FLEXION			
Diseño	1%	31,19	46,23
Métodos Mínimos Cuadrados	2,1%	33,90	-
	1,65%	-	46,34

Nota: La resistencia aumenta considerablemente con los parámetros que se ha usado para determinar las resistencias a la compresión y flexión.

- En la resistencia a la compresión para un Hormigón con Fibra de Vidrio podemos observar lo siguiente:

HORMIGON CON FIBRAS DE VIDRIO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA COMPRESION			
Diseño	1%	270,29	376,63
Métodos Mínimos Cuadrados	0,961%	240,66	-
	1,192%	-	355,06

HORMIGON CON FIBRAS DE VIDRIO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA FLEXION			
Diseño	1%	32,94	47,34
Métodos Mínimos Cuadrados	2,17%	35,45	-
	1,61%	-	46,67

Nota: La resistencia aumenta considerablemente con los parámetros que se ha usado para determinar las resistencias a la compresión y flexión.

- En la resistencia a la compresión para un Hormigón con Fibra de Acero y de Vidrio podemos observar lo siguiente:

HORMIGON CON FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA COMPRESION			
Diseño	1%	240,73	330,19
Métodos Mínimos Cuadrados	0,94%	227,97	-
	1,219%	-	320,66

HORMIGON CON FIBRAS DE ACERO Y DE VIDRIO	% Contenido de fibra	7 días	28 días
RESISTENCIA A LA FLEXION			
Diseño	1%	37,43	55,48
Métodos Mínimos Cuadrados	2,31%	46,22	-
	2,09%	-	57,69

Nota: La resistencia aumenta considerablemente con los parámetros que se ha usado para determinar las resistencias a la compresión y flexión.

5.2 Recomendaciones

- Antes de establecer los parámetros de dosificación hay que tener bien claro las variables que implican a la elaboración del hormigón con fibras de vidrio y de acero como: relación agua/cemento (A/C), relación agregado fino/agregado grueso, cantidad de material cementante, porcentaje de vacíos, estructura y forma de los agregados.
- Se recomienda que el agregado a utilizar debe estar libre de impurezas como: polvo, limo, arcillas y sustancias orgánicas que pueda repercutir en la resistencia.
- De igual manera el agua no debe contener impurezas que afecten la calidad del hormigón.
- Si lo que se requiere es tener un equilibrio entre su de compresión y flexión se debe utilizar un porcentaje de dosificación del 1% del peso total del hormigón.

- Es importante realizar pruebas previas con diferentes porcentajes de dosificación para poder determinar la cantidad optima de fibra de vidrio y de acero para que incremente sus resistencias.
- Realizar una evaluación económica respecto a la elaboración y colocación del hormigón con fibra de vidrio y de acero en comparación del hormigón tradicional para que pueda ser aplicado en elementos estructurales.
- Se recomienda continuar con las investigaciones sobre la adición de fibras de vidrio y de acero al hormigón, ya que posee muchas ventajas y aplicaciones que se pueden implementar en Ecuador.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- ACI 522R. (2011). *Report on Previous Concrete*. United States: American Concrete Institute.
- ACI318R. (2009). *Report on Previous Concrete*. United States: American Concrete Institute.
- ANDREW PYTEL , FERDINAND L. SINGER. (2008). *RESISTENCIA DE MATERIALES*. NEW YORK: OXFORD.
- ASTM C127. (2012). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C128. (2012). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C131. (2006). *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C143. (2012). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. United States: ASTM International Standard Methods.
- ASTM C1688. (2013). *Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Previous Concrete*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C31. (2012). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C33. (2013). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. United States: ASTM Internacional Standars Methods.
- ASTM C39. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C78. (2010). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM C88. (2013). *Test on Soundness of Aggregate Using Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate: A Study of the Mechanisms of Damage*. United States: ASTM International Standards Methods.

- ASTM C94. (2014). *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM.A280. (2011). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. United States: ASTM Association Standard Methods.
- ASTM.C143. (2011). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. United States: ASTM International Standards Methods.
- ASTM.C39. (2011). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. United States: ASTM International Standar Methods.
- CIVILGEEKS. (11 de 12 de 2011). Recuperado el 03 de 11 de 2015, de <http://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>
- Comercio, G. E. (2014). *REVISTA LIDERES.EC*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido: http://www.revistalideres.ec/informe-semanal/ecuador-crece-consumo-cemento-empresas-cifras-ventas_0_1120087996.html
- Cosntructivas, I. S. (s.f.). *Iberia GCR*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de <http://www.iberiagrc.com/index.php/17-inicio/inicio/16-historia-grc>
- José Juan Rodríguez Lozano, E. S. (2013). *Tesis de Grado: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL EFECTO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FIBRAS EN EL COMPORTAMIENTO POST FISURA DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS*. Valencia: Universidad Politecnica de VAlencia.
- LIDERES.EC, R. (13 de 04 de 2014). *En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de http://www.revistalideres.ec/informe-semanal/ecuador-crece-consumo-cemento-empresas-cifras-ventas_0_1120087996.html
- LIDERES.EC, R. (01 de 02 de 2015). *Construcción, sector clave para levantar la economía ecuatoriana en este 2015*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de <http://www.revistalideres.ec/lideres/construccion-sector-clave-economia-ecuador.html>
- LOAIZA, G. (2004-2005). *“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL HORMIGON PREMEZCLADO APLICADO EN OBRA CON HQ SEGÚN COMITÉ ACI121”*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5526/1/26059_1.pdf
- MATEUS, C. (2006). *Definiciones*. Mexico: Mac Graw Hill.

Ocala, P. S. (19 de 09 de 2013). *Estructuras de Concreto Construccion 1*. Recuperado el 17 de 09 de 2014, de Universidad San Francisco: <http://es.scribd.com/doc/169265023/4-Estructuras-de-Concreto-Construccion1>

PEREZ, L. (2009). *Metodos de resistencia* . Mexico: Ediciones Limusa.

POLIT ROLDOS, P. (2014). CIFRAS DE DOMUS. *DOMUS*, 2-16.

Sonia Tamara Sánchez Valencia, J. J. (1 de 12 de 2013). ELABORACIÓN DEL HORMIGON DESHIDRATADO PREMEZCLADO CON MATERIALES LOCALES NATIVOS EN GUAYAQUIL. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UEES.

Vicente, J. J. (2013). *Analisis comparativo del efecto de los distintos tipos de fibra en el comportamiento post fisura del hormigon reforzado con fibras*. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO HOLCIM TIPO GU.

Certificado de Producto

Doc ID: ACB0-H00-RC28

Revisión: 6

Autor: Técnico de Control de Calidad Revisa: Coordinador Control de Calidad Aprueba: Coordinador Control de Calidad



Cemento Hidráulico para Uso General Tipo GU

El Cemento Holcim RocaFuerte Tipo GU es un cemento hidráulico que se fabrica bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2380. Esta norma establece los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos y los clasifica de acuerdo a sus propiedades específicas.

Especificaciones técnicas

Fecha Reporte: 04-10-2011
 Período de análisis: 01-09-2011 a 01-10-2011

Requisitos Químicos

La composición química para el cemento no está especificada en la NTE INEN 2380, sin embargo los constituyentes individuales molidos y mezclados para producirlo son analizados.

Requisitos Físicos



	INEN 2380	Valor
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	0.80	-0.038
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	45	222
Inicial, no más de, minutos	420	323
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	A	3.0
Resistencia a la Compresión, mínimo MPa		
1 día	A	8
3 días	13	17
7 días	20	22
28 días	28	31
Expansión en barras de mortero 14 días, % max.	0.02	0.006

NOTAS:

- La información que consta en el certificado corresponde al promedio de los datos obtenidos en el período indicado. Los datos son del cemento típico despachado por Holcim; los despachos individuales pueden variar.
- La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior
- (A) Límite no especificado por la NTE INEN 2380. Resultado reportado sólo como información.
- (ND) Resultado del ensayo no disponible para el periodo de análisis indicado.

ALMACENAMIENTO:

Almacenar el cemento en ambientes ventilados, sin humedad y cambios bruscos de temperatura.

Se recomienda acopios de no más de 10 sacos, aislados del suelo y separados de las paredes.

Para cemento a granel se debe contar en obra con silos de al menos 30 toneladas (capacidad promedio de camiones graneleros).



Planta Latacunga Barrio San Rafael Vía a San Juan Servicio al cliente: 04-2871900
 Dirección Latacunga, Ecuador Extensiones: 1130,1131
 Teléfono 593 3 281773 1132,1112

www.holcim.com.ec



Myrian Patricia Moreno M.
 Coordinador de Control de Calidad
 Holcim Ecuador S.A. , Planta Guayaquil

ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DEL ADICTIVO SIKACEM.



HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

SikaCem® Plastificante

PLASTIFICANTE - PRODUCTOR DE RESISTENCIAS PARA HORMIGÓN

**DESCRIPCIÓN
DEL PRODUCTO**

SikaCem Plastificante es un aditivo líquido para hormigón. Cumple con las especificaciones ASTM C-494 Tipo A; aditivo químico plastificante reductor de agua. No contiene cloruros, no es tóxico, no es inflamable.

USOS

SikaCem Plastificante tiene tres usos básicos:

- **Como plastificante:** para una mezcla con relación agua/cemento dada, manteniéndola constante, se incrementará notablemente el asentamiento con la adición únicamente del aditivo.
- **Como productor de resistencia:** la adición del aditivo permite reducciones de agua hasta un 15 %, manteniendo el mismo asentamiento de la mezcla original. (Esto se traducirá en un notable crecimiento de las resistencias a todas las edades, dada la baja en la relación agua/cemento).
- **Como economizador de cemento:** puesto que la pasta (cemento + agua) del hormigón tiene como parte de sus funciones la de dar manejabilidad a la mezcla, podemos reducir su cuantía y el aditivo adicionado realizará esta función. (Permite una reducción del 5 al 10% del cemento, por metro cúbico de hormigón sin sacrificar resistencias).

VENTAJAS

- Produce mezclas más fáciles de colocar, sin necesidad de aumentar ni el contenido de cemento ni el contenido de agua.
- Reduce los esfuerzos de vibrado al plastificar el hormigón fresco.
- Disminuye los riesgos de colocar mezclas poco manejables en elementos densamente armados o en encofrados esbeltos.
- Produce resistencias mayores a temprana edad sin contener cloruro de calcio.
- Reduce el costo por m³ de hormigón al poder reducir la cantidad de cemento de la mezcla.
- No incorpora aire.
- No altera el tiempo del fraguado inicial de la mezcla.
- Disminuye los inconvenientes de mezclas con alto contenido de cemento.

DATOS TÉCNICOS

Aspecto: líquido color café oscuro

Densidad: 1,08 kg/l. +/- 0.03

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE VIDRIO.



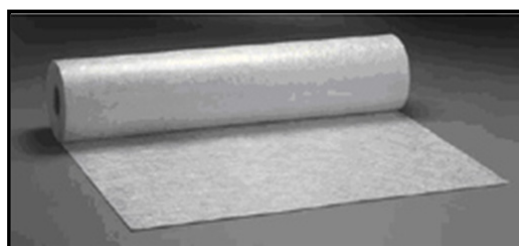
M133

Chopped Strand Mat for PU panels

This product is produced using Advantex® glass fiber. Advantex® glass fiber combines the electrical and mechanical properties of traditional E-glass with the acid corrosion resistance of E-CR glass.

PRODUCT DESCRIPTION

The M133 chopped strand mat is made with medium size strands of Advantex® Glass, chopped at different lengths to improve the tensile strength and held together by a powder binder which is extremely soluble in styrene. The basic strand has a sizing system containing a silane coupling agent. This sizing system combined with the binder properties make M133 suitable with PU resins. Advantex® glass is a patented glass formulation meeting ASTM D 578 as a boron-free corrosion resistant E-CR glass fiber and ISO 2078 recommendation for use in acid environments.



PRODUCT REFERENCE

- Example : M133 300-130 1ST
M133 : Owens Corning product code
300 : surface weight (g/m²)
130 : roll width (cm)
1ST : number of trimmed edges (zero, one or two)

FEATURES AND PRODUCT BENEFITS

- Good resin wet through
- High tensile strength
- Fast impregnation
- Good fibers' bonding
- Good processability, unwinding and cutting

TECHNICAL CHARACTERISTICS (nominal values)

WEIGHT (G/M ²)	LOSS OF IGNITION (%)	MOISTURE – MAX VALUE(%)
ISO 3374: 2000	ISO 1887: 1995	ISO 3344: 1997
300 ± 20%	4.5 ± 40%	<0.2
450 ± 20%	3.5 ± 40%	
600 ± 20%	3.2 ± 40%	

VISUAL CHARACTERISTICS or POSSIBLE DEFECTS

- Unbound edges
- Holes < 40 mm in diameter or tears
- Dirt spots < 5 mm
- Unsplit strands
- Fiber accumulations < 100 mm

Maximum number of visual defects for a 100 m² roll is 6.

M133

Chopped Strand Mat for PU panels

PRODUCT AVAILABILITY (ROLL CHARACTERISTICS)

Additional weights (from 225 to 900g/m²) and widths (from 10 to 320 cm) are available upon request.

STANDARD WEIGHT (g/m ²)	STANDARD WIDTH (cm)	DIAMETER (cm)	LENGTH (cm)	WEIGHT (Kg)
300	125	39	220	86
450			150	88
600			110	86

A roll is considered to be complete if it measures more than 70% of the nominal length

PACKAGING (STANDARD REF.)

- Each roll is wound on a cardboard tube (internal diameter 101 mm) and wrapped up individually; the height is equal to the width of the mat.
Number of rolls per pallet = 9.

MAT WIDTH	PALLET DIMENSIONS	NET PALLET WEIGHT (Kg)		
(cm)	L x W x H (cm)	300 g/ m ²	450 g/m ²	600 g/m ²
125	120x120x(125+17)	774	792	774

- Special packaging: Strips are packed in cardboard boxes or palletized, according to the quantity.
Rolls higher than 2 m are placed in a wooden cage.

LABELING

Each pallet shall bear two labels with this information: product reference, net and gross weight in kg, packaging and product code, identification code of the palletized unit, and production date.

STORAGE

The M133 mat should be stored in its original packaging in a dry and cool place. Best conditions are at temperature from 10 to 35°C and humidity between 35 and 85%. If you store the product at lower temperatures, please move the soon-to-be-processed pallets to the production area 24 hours ahead of time; remove part of the protective cover of each roll to prevent condensation. You can stock pallets one on one with a plywood plank between the two.

Contact:
ChoppedStrandMats@owenscorning.com



OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK®
www.owenscorning.com
composites.owenscorning.com

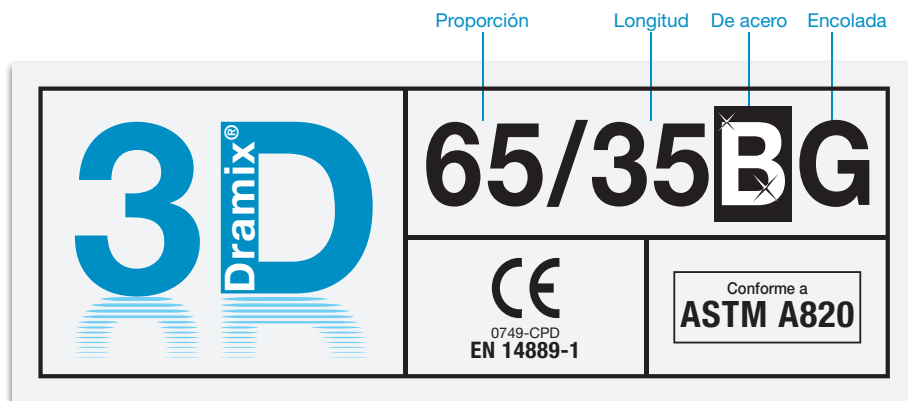
EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.
166, CHAUSSÉE DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
+32 2 674 8211

OWENS CORNING
COMPOSITE SOLUTIONS BUSINESS
ASIA PACIFIC REGIONAL HEADQUARTERS
UNIT 01,02,05,39/F, PUDONG KERRY PARKSIDE,
1155 FANG DIAN ROAD, PUDONG, SHANGHAI
201204, CHINA
+86-21-6101 9666

Advantex® glass is a patented glass formulation meeting ASTM D578 as a boron-free corrosion resistant E-CR glass fiber and ISO 2078 recommendation for use in acid environments. This information and data contained herein is offered solely as a guide in the selection of a reinforcement. The information contained in this publication is based on actual laboratory data and field test experience. We believe this information to be reliable, but do not guarantee its applicability to the user's process or assume any responsibility or liability arising out of its use or performance. The user agrees to be responsible for thoroughly testing any application to determine its suitability before committing to production. It is important for the user to determine the properties of its own commercial compounds when using this or any other reinforcement. Because of numerous factors affecting results, we make no warranty of any kind, express or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. Statements in this publication shall not be construed as representations or warranties or as inducements to infringe any patent or violate any law safety code or insurance regulation.

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ACERO.

Ficha Técnica



DRAMIX® 3D



Dramix® 3D es la referencia en refuerzos con fibra de acero. Gracias a su combinación de rendimiento, durabilidad y fácil manejo, 3D es una solución eficiente para un gran número de utilidades y le permite ahorrar tiempo y dinero.

- > anclaje original
- > resistencia a la tracción

Dramix® 3D es una solución rentable para

- > pavimento
- > túneles
- > prefabricados
- > viviendas

Bekaert le ofrece todo el apoyo que necesita para su proyecto. Le ayudamos a elegir el tipo de fibra que más le conviene, la dosificación necesaria y el tipo de hormigón correcto.

Póngase en contacto con su asesor local.

Visite www.bekaert.com/dosingdramix para conocer nuestras recomendaciones sobre manipulación, dosificación y mezcla.

Reservado el derecho a modificaciones. Todos los datos describen nuestros productos con carácter meramente general. Para una información más detallada, solicite las especificaciones técnicas de los productos.

RENDIMIENTO

Propiedades del material

Resistencia a la tracción:

$R_{m,nom}$: 1.345 N/mm²

Tolerancias: ± 7,5% promedio

Módulo de Young: ± 210.000 N/mm²

Geometría

Gama de fibras **3D**



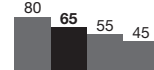
Longitud (l) 35 mm



Diámetro (d) 0,55 mm



Proporción (l/d) 65



Red de fibra

8,0 km por m³ (para 15 kg/m³)

14.531 Fibras/kg

Gama Dramix®

5D 4D 3D

Resistencia a la tracción	
Ductilidad del alambre	
Fuerza de anclaje	

CERTIFICACIONES DEL PRODUCTO



Dramix® dispone del certificado para uso estructural conforme a la EN 14889-1 (sistema '1'). Si lo desea, puede solicitar información más detallada.

CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS



Todas las plantas industriales Dramix® cuentan con la certificación ISO 9001 e ISO 14001.

EMBALAJE



SACOS 20 kg

BIG BAG 1100 kg

ALMACENAJE

