



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTRUCTURADO DE
MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON
FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES
MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA

AUTOR: SILVA TIPANTASIG LENIN GABRIEL

TUTOR: M.Sc. ING. VICTOR HUGO PAREDES

Ambato – Ecuador

2014

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes certifico que la presente tesis de grado ***“COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”*** realizado por el señor Lenin Gabriel Silva Tipantasig Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Lenin Gabriel Silva Tipantasig, CI. 180447255-1 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” es de mi completa autoría.

Lenin Gabriel Silva Tipantasig

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: “**COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**”, del egresado Lenin Gabriel Silva Tipantasig, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 29 de Octubre de 2014

Para constancia firman

Ing. M.Sc. Santiago Medina
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Al creador de todo, el que me ha dado fortaleza para continuar y quien ha estado a mi lado desde el principio; por ello, con toda la humildad que de mí ser, dedico en primer lugar mi trabajo a *DIOS*.

De igual forma, dedico esta tesis a mi *MADRE* que ha sabido formarme a pesar de la adversidad con buenos sentimientos y valores, lo cual me ha ayudado a salir siempre adelante en todas las circunstancias de mi vida.

A mis *HERMANOS* que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi *FAMILIA* en general, que indirectamente fueron parte de mi crecimiento como persona y como profesional.

Lenin Silva 7.

AGRADECIMIENTO

A *DIOS*, por guiarme en el camino y llevarme a este importante momento de mi vida. A mi *MADRE QUERIDA* quien ha dado todo por mí y mis hermanos, quien supo ver en mí más de lo que yo mismo pude ver, quien con constancia y sacrificio velo por mí bienestar y a quien le debo todo lo que soy. *TE AMO*

Agradezco también a mis *HERMANOS* con quienes he pasado gratos momentos inolvidables y a quienes les debo tanto. *LOS QUIERO HERMANOS*

A mi *FAMILIA* quienes me acompañaron en mi infancia y juventud, apoyándome para seguir luchando por lo que quería ser.

Al *INGENIERO* Víctor Hugo Paredes, mi tutor académico, por su asesoría y colaboración en la elaboración de este proyecto.

A mis *COMPAÑEROS Y AMIGOS* que me brindaron su apoyo y por compartir conmigo muchos momentos de locura y de amistad verdadera.

Lenin Silva 7.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE TESIS.....	III
APROBACIÓN DE PROFESORES CALIFICADORES.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVII
B TEXTO: INTRODUCCIÓN	XIX

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1	TEMA:	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis crítico	3
1.2.3	Prognosis.....	3
1.2.4	Formulación del problema	4
1.2.5	Preguntas Directrices	4
1.2.6	Delimitación del problema.....	4
1.2.6.1	De Contenido	4
1.2.6.2	Espacial	4
1.2.6.3	Temporal	5
1.3	JUSTIFICACIÓN	5

1.4	OBJETIVOS	6
1.4.1	Objetivo General.....	6
1.4.2	Objetivo Específicos	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	7
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	9
2.4.1	Supraordinación de las variables	9
2.4.2	Definiciones	10
2.5	HIPÓTESIS.....	29
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	29
2.6.1	Variable Independiente	29
2.6.2	Variable Dependiente.....	29

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	ENFOQUE.....	30
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.3	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	32
3.5.1	Variable Independiente	32
3.5.2	Variable Dependiente.....	33
3.6	PLAN DE RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN	34
3.6.1	Técnicas e Instrumentos.....	35
3.7	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	35

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	36
4.1.1	Ensayos Realizados en los Agregados	36
4.1.2	Ensayos Realizados en el Cemento.....	57
4.1.3	Selección de la Fibra de Acero	58
4.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	59
4.2.1	Interpretación de Datos de Ensayos Realizados en Agregados	59
4.2.2	Interpretación de Datos de Ensayos Realizados en el Cemento	60
4.2.3	Interpretación de Datos de Selección de Fibras de Acero	60
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	60

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	61
5.2	RECOMENDACIONES.....	63

CAPÍTULO VI
PROPUESTA

6.1	DATOS INFORMATIVOS	64
6.1.1	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores.....	64
6.1.2	Fibras de Acero Tipo Encoladas Rectas de Extremos en Gancho	66
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	67
6.3	JUSTIFICACIÓN	68
6.4	OBJETIVOS	69
6.4.1	Objetivo General.....	69
6.4.2	Objetivo Específicos	69
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	70

6.6	FUNDAMENTACIÓN.....	70
6.6.1	Dosificación del Hormigón según el Método de la Densidad Máxima..	70
6.6.2	Porcentaje de Fibra de Acero en el Hormigón.....	76
6.6.2.1	Dosificación de Fibra de Acero para Cilindros.....	76
6.6.2.2	Dosificación de Fibra de Acero para Vigas	78
6.6.3	Propiedades Mecánicas del Hormigón.....	79
6.6.3.1	Propiedades del Hormigón en Estado Fresco	79
6.6.3.2	Propiedades del Hormigón en Estado Endurecido.....	82
6.7	METODOLOGÍA	91
6.7.1	Dosificación de Hormigón para Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores	91
6.7.1.1	Granulometría de la Mezcla de Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores	91
6.7.1.2	Dosificación para Hormigón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	93
6.7.2	Dosificación de la Fibra de Acero Tipo Encoladas Rectas de Extremos en Gancho.....	95
6.7.2.1	Dosificación de Fibra de Acero en Cilindros.....	95
6.7.2.2	Dosificación de Fibra de Acero en Vigas	99
6.7.3	Corrección por Humedad para cada Dosificación de Hormigón de $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240\text{ kg/cm}^2$	104
6.7.4	Determinación del % Óptimo de Fibra de Acero en el Hormigón según su comportamiento a compresión, flexión y tracción.....	105
6.7.4.1	Determinación de Propiedades del Hormigón Fresco	105
6.7.4.2	Comportamiento de Hormigón a Compresión, Tracción y Flexión.	109
6.7.4.3	Planteamiento del Porcentaje Óptimo de Fibra de Acero.....	121
6.7.5	Comparación del Hormigón Reforzado con Fibras de Acero (HRFA) con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) según su comportamiento a compresión, tracción y flexión.....	122
6.7.5.1	Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	122
6.7.5.2	Comportamiento del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras).....	124
6.7.6	CONCLUSIONES	133
6.7.7	RECOMENDACIONES.....	134

6.8	ADMINISTRACIÓN.....	136
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	136
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....		137
1.	BIBLIOGRAFÍA	137
2.	ANEXOS	141
2.1.	IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1:	Graduaciones del agregado combinado recomendados para hormigón reforzado con fibras de acero	19
Tabla # 2:	Tamaño de Tamices ASTM C-33	22
Tabla # 3:	Operacionalización de la Variable Independiente	32
Tabla # 4:	Operacionalización de la Variable Dependiente.....	33
Tabla # 5:	Plan de Recolección de la Información	34
Tabla # 6:	Técnicas e Instrumentos.....	35
Tabla # 7:	Ensayos Realizados Agregado Grueso y Fino	36
Tabla # 8:	Granulometría Agregado Grueso (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores).....	37
Tabla # 9:	Granulometría Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)	38
Tabla # 10:	Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores).....	39
Tabla # 11:	Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)	39
Tabla # 12:	Unitario Compactado de la Mezcla (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores).....	40
Tabla # 13:	Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)	41

Tabla # 14: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores).....	42
Tabla # 15: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)	43
Tabla # 16: Granulometría Agregado Grueso (Cantera Acosta).....	44
Tabla # 17: Granulometría Agregado Fino (Cantera Acosta).....	45
Tabla # 18: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Acosta)	46
Tabla # 19: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Acosta).....	46
Tabla # 20: Peso Unitario Compactado de la Mezcla (Cantera Acosta).....	47
Tabla # 21: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Cantera Acosta).....	48
Tabla # 22: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Cantera Acosta).....	49
Tabla # 23: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso (Cantera Acosta).....	50
Tabla # 24: Granulometría Agregado Grueso (Cantera Playa Llagchoa).....	51
Tabla # 25: Granulometría Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa).....	52
Tabla # 26: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa)	53
Tabla # 27: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa).....	53
Tabla # 28: Peso Unitario Compactado de la Mezcla (Cantera Playa Llagchoa)	54
Tabla # 29: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Cantera Playa Llagchoa).....	55
Tabla # 30: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa).....	56
Tabla # 31: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso (Cantera Playa Llagchoa).....	57
Tabla # 32: Densidad Real del Cemento.....	57
Tabla # 33: Interpretación de Resultados de las Diferentes Canteras	59

Tabla # 34: Propiedades de la Fibra de Acero	66
Tabla # 35: Cantidad de pasta para distintos asentamientos	71
Tabla # 36: Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación W/C	72
Tabla # 37: Granulometría de la Mezcla de Agregados Grueso – fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)	931
Tabla # 38: Dosificaciones para Hormigón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores	943
Tabla # 39: Dosificaciones para Hormigón de $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ con Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores	914
Tabla # 40: Dosificación para 0,25% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	95
Tabla # 41: Dosificación para 0,50% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	96
Tabla # 42: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	96
Tabla # 43: Dosificación para 1,50% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	97
Tabla # 44: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	97
Tabla # 45: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	98
Tabla # 46: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	98
Tabla # 47: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	99
Tabla # 48: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	99
Tabla # 49: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	100
Tabla # 50: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	100

Tabla # 51: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$	101
Tabla # 52: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	101
Tabla # 53: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	102
Tabla # 54: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	102
Tabla # 55: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$	103
Tabla # 56: Corrección a la dosificación para Hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	104
Tabla # 57: Propiedades del Hormigón Fresco en Cilindros de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	106
Tabla # 58: Propiedades del Hormigón Fresco en Cilindros de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	107
Tabla # 59: Propiedades del Hormigón Fresco en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	108
Tabla # 60: Propiedades del Hormigón Fresco en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	108
Tabla # 61: Resistencia a la Compresión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	109
Tabla # 62: Resistencia a la Compresión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	110
Tabla # 63: Resistencia a la Tracción Indirecta o Tracción por Compresión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	112
Tabla # 64: Resistencia a la Tracción Indirecta o Tracción por Compresión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	113
Tabla # 65: Resistencia a la Flexión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con carga al tercio de la luz	115
Tabla # 66: Resistencia a la Flexión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con carga al tercio de la luz	115
Tabla # 67: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	117
Tabla # 68: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	119

Tabla # 69: Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) en Cilindros	122
Tabla # 70: Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) en Vigas.....	123
Tabla # 71: Resistencia a la Compresión en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras).....	124
Tabla # 72: Resistencia a la Tracción Indirecta en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	126
Tabla # 73: Resistencia a la Flexión en Vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	128
Tabla # 74: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	130
Tabla # 75: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	131

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico # 1: Diferentes formas de fibras de acero.	17
Gráfico # 2: Secciones de las fibras más comunes.	17
Gráfico # 3: Ubicación Planta de Trituración de Áridos.....	65
Gráfico # 4: Fibras de Acero DRAMIX RC-65/60-BN	66
Gráfico # 5: Esquema de Cilindro de Hormigón	74
Gráfico # 6: Esquema de Viga de Hormigón	75
Gráfico # 7: Procedimiento de medición de la consistencia	80
Gráfico # 8: Compresión de Cilindros de Hormigón.	83
Gráfico # 9: Toma de muestras cilíndricas de hormigón	83
Gráfico # 10: Esquema para ensayo de Tracción Indirecta.....	85
Gráfico # 11: Esquema para determinar la resistencia a flexión del concreto con aplicación de carga en los tercios de la luz.	86
Gráfico # 12: Curvas carga- desplazamiento.	88
Gráfico # 13: Colocación de accesorios para ensayo a flexión.....	89
Gráfico # 14: Colocación de transductores de desplazamiento	90

Gráfico # 15: Resistencia a la Compresión del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero	111
Gráfico # 16: Resistencia a la Tracción del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero	114
Gráfico # 17: Resistencia a la Flexión del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero	116
Gráfico # 18: Carga vs Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	118
Gráfico # 19: Carga vs Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	120
Gráfico # 20: Resistencia a la Compresión en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras).....	125
Gráfico # 21: Resistencia a la Tracción Indirecta en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	127
Gráfico # 22: Resistencia a la Flexión en Vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	129
Gráfico # 23: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	130
Gráfico # 24: Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	131
Gráfico # 25: Comparación entre la deflexión máxima en vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)	132

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Lenin Gabriel Silva Tipantasig

TUTOR: Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes

FECHA: Septiembre 2014

Una vez trazada la planificación adecuada para el desarrollo del presente proyecto de investigación, como primer paso se analizó las características físicas de los agregados minerales de las principales canteras que distribuyen de material pétreo a las diferentes obras dentro de la ciudad de Ambato. Con lo que se decidió por la cantera que presentaba los agregados con las propiedades idóneas, que ayudaron en la selección de la fibra apta para fabricar un Hormigón Reforzado con Fibras de Acero HRFA de buena calidad acorde a lo establecido por las normas ASTM C 1116 y ACI 544 1R.

Establecidos los componentes que conformarán las muestras de Hormigón Reforzado con Fibras de Acero, a continuación se realizaron las debidas dosificaciones del hormigón empleando el Método de la Densidad Máxima, para resistencias requeridas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con un asentamiento de 6 – 9 cm, pues hormigones de este tipo son los más utilizados en el campo de la construcción local.

En el proceso de preparación de los hormigones, se elaboraron especímenes cilíndricos y tipo vigas con diferentes cantidades de fibra de acero, tomando además muestras patrón de hormigón convencional (sin fibra), con la finalidad de realizar análisis comparativos con el hormigón de distintos porcentajes de fibra de acero incorporado.

Para obtener una adecuada información de resultados sobre el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero, se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades mecánicas del concreto tanto en su estado fresco como endurecido.

Finalmente, se planteó el porcentaje óptimo de fibra de acero que debería añadirse al hormigón para mejorar así sus propiedades mecánicas, sin perder substancialmente las cualidades que caracterizan a un hormigón resistente y de buena calidad

B. TEXTO: INTRODUCCIÓN

El hormigón ha llegado a ser el material más ampliamente empleado en el sector de la construcción, pero a pesar de su importante resistencia a compresión, prácticamente no resiste esfuerzos a tracción y presenta una falla frágil al momento de su rotura.

El conocimiento de que las fibras se han utilizado para reforzar materiales frágiles, dio la pauta para que surja la idea de adicionar fibras dispersas dentro del concreto con la finalidad de contribuir a la mejora de determinadas características del hormigón convencional.

No es suficiente conocer que la incorporación de fibras de acero al hormigón presentará en él, un mejor desempeño; sino que es de vital relevancia evaluar los resultados positivos y negativos que conlleva la idea de trabajar con hormigones fabricados con diversas concentraciones de fibras de acero.

Dentro del presente proyecto se analizará, estudiará y evaluará la influencia de la incorporación de fibras de acero en el hormigón. Con los resultados finales obtenidos de todos los ensayos de laboratorio, se contará con una suficiente información que pueda describir el real comportamiento que presentan los hormigones reforzados con diversas concentraciones de fibra de acero, utilizando en su elaboración los agregados propios del medio local.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA:

“Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

La idea de usar fibras como refuerzo de los materiales de construcción no es nueva. La adición de fibras, considerada como técnica para el refuerzo en materiales frágiles o quebradizos, constituye una práctica manipulada desde hace miles de años. Históricamente se conoce que muchas de las construcciones eran a base de arcilla mezclada con paja.

El hormigón hidráulico marcó grandes bases para el desarrollo constructivo desde su descubrimiento en el siglo XIX debido a que es moldeable en su etapa de preparación, a su alta resistencia en compresión y a que es un material económico dada la composición del mismo. Como todo material también tiene desventajas, y la más desfavorable es que conserva una baja capacidad de resistir esfuerzos de tracción, por lo que esa fragilidad se convirtió en una de las razones para empezar a buscar métodos para reforzarlo.

El concreto reforzado mediante la adición de fibras cortas dispersas durante el proceso de mezclado del mismo, representa una práctica que desde el siglo pasado ha sido tema de diversos estudios, todos ellos con el objetivo de constituir una

innovación relevante en el campo de los hormigones especiales. Es en Norteamérica, precisamente en Estados Unidos que a principios del siglo XX inicia una serie de investigaciones elementales acerca de las propiedades físico-mecánicas del hormigón al cual le fueron incorporando elementos de acero como refuerzo tales como clavos, segmentos de alambre y virutas de metal.

Las primeras referencias históricas mencionan que en el año de 1911, Graham incorporó por primera vez fibras de acero en la fabricación de hormigón armado común, para aumentar su resistencia y estabilidad. Pero es a partir de 1960, cuando empieza una etapa de rápido y moderno desarrollo investigativo debido a estudios más profundas enfocados a evaluar el potencial de las fibras de acero como refuerzo para el hormigón, se destacan los trabajos realizados por James Romualdi en Estados Unidos.

La inclusión de fibras con una apropiada resistencia mecánica a la tensión, como las fibras de acero, homogéneamente distribuidas en el hormigón fresco, conforman una micro-armadura la cual, por un lado, trabaja eficazmente en controlar la formación de grietas por tracción cosiendo la matriz cementante y, por otro lado, confiere al concreto mejores respuestas en sus propiedades físico-mecánicas.

En las últimas décadas, la incorporación del hormigón reforzado con fibras, ha generado una impresionante evolución en el campo de la construcción alrededor del mundo; mas no ha significado un gran avance en nuestro país, en el que ve al hormigón a uno de sus materiales primordiales para las consideraciones de diseño y costo de los proyectos que se estudian y ejecutan, pero que aún no visualiza el empleo de materiales innovadores que ayudarían en la optimización de recursos y en la edificación de estructuras durables en el tiempo, con la capacidad de soportar las acciones del medio natural, ataques físicos, u otros procesos de deterioro con un mínimo mantenimiento.

1.2.2 Análisis crítico

En la actualidad la mayoría de profesionales de la construcción en nuestro país continúan utilizando los mismos materiales tradicionales para la edificación de obras, lo cual nos hace reflexionar que estamos dejando a un lado el concepto de innovar para mejorar.

La utilización de un hormigón especial producto de incorporar nuevos componentes a uno ya existente, como el concreto reforzado con fibras de acero, dentro del mercado de la construcción lleva a realizar diversos análisis previos con el objetivo de conocer a cabalidad cuales son las nuevas propiedades del material, y consideraciones que se tomarían al momento de planificar y ejecutar una obra civil.

1.2.3 Prognosis

De no realizarse la investigación propuesta dejará de lado la oportunidad de utilizar un innovador material dentro del sector de la construcción local con lo que se vería aún más rezagado el intento de desarrollo de nuevas técnicas constructivas.

Al no existir fuentes de orientación sobre el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero, los profesionales inmiscuidos en esta área tan explotada y necesaria para el progreso del país, seguirían utilizando los mismos materiales convencionales en las edificaciones, sin tener la intención de ver más allá e innovar para aprovechar al máximo los recursos que nuestro país tiene al alcance de las manos.

Adicionalmente, si no empieza ya a incorporarse hormigones especiales y continúa el uso del hormigón normal en las construcciones, seguirá existiendo la compleja problemática de la durabilidad del concreto lo que afecta directamente al servicio que las estructuras brindan a la comunidad.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo influye el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua?

1.2.5 Preguntas Directrices

¿Se han realizado estudios centrados en examinar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero utilizando los agregados existentes dentro del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua?

¿Cuáles serían las ventajas e inconvenientes derivados de comparar un hormigón normal con un hormigón reforzado con fibras de acero, enfocado en sus propiedades mecánicas?

¿Cuáles serían los resultados de las propiedades mecánicas del hormigón al incorporar diferentes porcentajes de fibras de acero?

1.2.6 Delimitación del problema

1.2.6.1 De Contenido

La problemática a investigar en el presente proyecto está dentro del campo de la ingeniería civil y requiere estudios de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales.

1.2.6.2 Espacial

Para la investigación de este proyecto será necesario considerar los siguientes aspectos:

- Los agregados grueso y fino para la preparación de probetas de hormigón serán adquiridos de las principales canteras que distribuyen de este material a la ciudad de Ambato.
- Las fibras de acero adecuadas para la investigación serán seleccionadas conforme a los resultados de los ensayos de los agregados, y al mercado local.
- Las pruebas y ensayos pertinentes se los realizara en los laboratorios de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, así como las diferentes fuentes de investigación en la biblioteca de la facultad ya mencionada.

1.2.6.3 Temporal

El estudio del presente proyecto se desarrollará durante en el periodo comprendido entre los meses de Abril – Septiembre 2014

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es de interés personal y de muchos ingenieros civiles tener conocimiento sobre el comportamiento de nuevos materiales que revolucionarían el campo de la construcción local. Al existir suficientes fuentes de consulta sobre la influencia de incorporar nuevos componentes al hormigón y obtener así un concreto con mejores características, conlleva sin duda alguna a pensar en obras con mejores desempeños durante su vida útil.

Una vez manifestado los beneficios que traería en el desarrollo de la construcción el empleo de un hormigón especial, se considera de importancia proceder a realizar este proyecto de investigación de modo que sirva como empuje para futuras pruebas y análisis que ayuden a profundizar en el estudio de las fibras como refuerzo en el hormigón y de esta forma fijar conceptos capaces de justificar su uso en nuestra ciudad y provincia.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Analizar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero utilizando los agregados existentes dentro de la ciudad de Ambato.
- Determinar cómo varían las propiedades mecánicas del hormigón con la incorporación de diferentes porcentajes de fibra de acero.
- Plantear concentraciones de fibra de acero apropiadas para la preparación de hormigón de distintas resistencias, de acuerdo a las propiedades de los agregados grueso – fino.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Irías Ana (2013) en su tesis de grado “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras”, señala que “Las fibras de acero cosen las fisuras del hormigón formando un “puente” entre labios de la rotura, permitiendo una formación controlada de las fisuras, y llevando al hormigón a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial, evitando así la rotura frágil.”

Rojas Letty (2014) en su tesis de grado “Estudio de viabilidad de utilización de fibras de acero para hormigones convencionales y autocompactantes”, menciona que “Debido a sus propiedades las piezas con incorporación de fibras, generalmente presentan una zona de fisuración más ancha, por lo que la apertura máxima y la longitud de las fisuras son bastante menor que en el caso del hormigón sin fibras. Por estos aspectos, el HRF (Hormigón Reforzado con Fibras) mejora la durabilidad del hormigón, y en algunos casos, puede hasta lograr reemplazar totalmente el refuerzo tradicional con barras de acero.”

Figuroa Manuel (2013) en su tesis de grado “Comparativa de la tenacidad entre hormigón convencional, hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno”, concluye que “Hoy en día las fibras de acero son las más utilizadas en la industria de la construcción por su efectividad, mejorar la resistencia del hormigón a impactos y su alta durabilidad frente a agresivos del medio ambiente.”

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Es imprescindible que los ingenieros del medio se enfoquen aún más en el uso de materiales con mejores propiedades físicas y mecánicas, refiriéndonos al hormigón reforzado con fibras de acero, para que estos puedan ser utilizados en las futuras construcciones, de manera que se asegure un mejor desempeño estructural.

Este proyecto está encaminado para que todos aquellos profesionales tengan una mayor visión sobre cómo es posible conseguir mejores resultados del hormigón como material, al adicionar en su preparación fibras de acero utilizando los agregados propios de nuestra ciudad y de esta manera dejar un precedente basado en ensayos técnicos de laboratorio.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Este proyecto de investigación acerca de reforzar al hormigón con fibras de acero está respaldado en: la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), American Society for Testing and Materials (A.S.T.M), Código American Concrete Institute (A.C.I.).

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 Supraordinación de las variables



Variable Independiente



Variable Dependiente

2.4.2 Definiciones

DEFINICIONES DE LOS NIVELES DE SUPRAORDINACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

FIBRAS.

Son filamentos de corta longitud y pequeña sección transversal orientadas a lo largo de un solo eje y que pueden ser de diversos materiales naturales o de procedencia industrial. Al ser delgados se doblan fácilmente y desde hace años su uso en la preparación de hormigones ha representado una técnica muy empleada debido a que mejoran ciertas características del concreto y lo convierten en un material especial.

CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

Existen varias fibras en el mercado mundial y según el código A.C.I 544 se pueden nombrar las siguientes:

Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, plátano, bambú.

Fibra Sintética: acrílica, aramida, carbono, nylon, poliéster, polipropileno.

Fibra de Vidrio.

Fibra de Acero.

FIBRA NATURAL:

- **Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar**

El bagazo es el remanente sólido de materia resultado de la compresión de la fibra de caña entre grandes cilindros llamados mazas, proceso de molienda indispensable para obtener el líquido de los tallos. Un tipo de bagazo es el residuo que se obtiene a partir de la caña de azúcar.

“Las características morfológicas y las propiedades físico-mecánicas del bagazo de caña de azúcar, lo catalogan como un material adecuado para ser usado como fibrorefuerzo.”¹

- **Fibras de Coco**

“El sustrato conocido como fibra de coco se obtiene como residuo de la industria textil de las fibras del mesocarpio de los frutos del cocotero (cocos nucífera). Este residuo se compone de una fracción granular, a modo de “copos” que también es conocido como “turba de coco”, y otra fracción fibrosa, que son los restos de fibras.”²

- **Fibras de Yute**

“La fibra de yute posee muchos usos entre los que se encuentran los tradicionales de hacer ropas o embaces para transportar granos, los llamados sacos. Por su resistencia a la tensión las fibras de yute pueden ser usadas en matrices cementicias. El proceso para obtener las fibras de yute es muy simple: las plantas maduras son cortadas y remojadas en agua, aproximadamente a las cuatro semanas ya la corteza está descompuesta, entonces las fibras expuestas son despojadas del tallo, lavadas y secadas.”³

- **Fibras de Maguey**

“De las múltiples plantas que benefician al ser humano, el maguey ha sido una de las más aprovechadas, tanto por los antiguos mesoamericanos como por las actuales habitantes del altiplano central. Pocos son los vegetales que proporcionan al hombre casa, vestido, sustento y salud, además de ser un medio de conocimientos (papel). Por estas razones el maguey ha sido calificado como excepcional.

¹ SERA, E.E., ROBLES, AUSTRIACO, L., PAMA, R.P., *Natural Fibers as Reinforcement. Journal of Ferrocement, Bangkok. 1990.*

²<http://www.abonosysustratosmarc.galeon.com/>

³ MACÍAS, José. *Utilización de Fibras en Hormigones, Quito. 2009*

“El género Agave está compuesto por plantas suculentas pertenecientes a una extensa familia botánica del mismo nombre: *Agavaceae*. Se les conoce con el nombre común de agave, pita, maguey, cabuya, fique, mezcal.”⁴

- **Fibras de Plátano**

El plátano es una planta herbácea que al madurar puede llegar a medir hasta seis metros de altura, posee un tronco fuerte de forma cilíndrica, que sale de un tallo bulboso y grande. Para obtener un correcto empleo de la fibra de plátano como material industrial es necesario realizar ciertos procesos de preparación, los cuales consisten generalmente en sumergir por completo durante 24 horas las fibras en una composición de químicos, lavarlas con otros líquidos y llevarlas al horno otro día para su secado. Modificando así estos filamentos de origen natural se procura que adquieran mayor resistencia frente a la humedad, para que puedan ser utilizadas con otros materiales, como por ejemplo el cemento.

- **Fibras de Bambú**

“EL bambú es un tipo de fibra de celulosa regenerada, obtenida de la pulpa de la caña de bambú, que posee un elevado valor ecológico puesto que proviene de cultivos con ciclos renovables cortos y sin dañar el patrimonio forestal. Esta pulpa se refina a través de un proceso de hidrólisis- alcalinización y blanqueado. Además La fibra de bambú es de alta durabilidad, estabilidad y tenacidad.”⁵

FIBRA SINTÉTICA

- **Fibras de Acrílico**

La fibra acrílica es un material manufacturado elaborado a partir de *acrilonitrilo* el cual es un líquido incoloro incendiabile que se deriva del plástico de

⁴NISHIHARA, Jorge. *Influencia de las Fibras Naturales de Maguey a Manera de Adiciones en el Control de Fisuras por Ccontracción Plástica en los Pavimentos Rígidos de Concreto Hidráulico, Perú. 2012*

⁵<http://desarrollatuproducto.com/directorio/proveedores/materiales/textiles.html?catid=707>

polipropileno. El resultado de combinar fibras acrílicas con el hormigón normal ha demostrado la capacidad de tener una alta tenacidad pos-fisuración y alta ductibilidad del material compuesto.

- **Fibras de Aramida**

Las fibras de aramida son una clase de fibras sintéticas compuestas por macromoléculas lineales orientadas mayoritariamente a lo largo del eje de las fibras. Esta fibra sintética es fabricada mediante el corte de una solución de polímero a través de una hiladora.

Posee propiedades importantes tal como una elevada estabilidad térmica, insensibilidad a la humedad, gran tenacidad, alta resistencia a la tracción, alto módulo de elasticidad y una baja elongación a la rotura, al tener estas características las fibras de aramida otorgan parte de sus propiedades al concreto cuando son incorporadas en su mezcla.

- **Fibras de Carbono**

La Fibra de carbono se puede identificar como un polímero de una específica forma de grafito, siendo este una especie de carbono en estado puro. Posee propiedades mecánicas semejantes a la del acero tomando en cuenta que es un material más ligero tanto como la madera o el plástico. Comparadas con las demás fibras sintéticas del mercado, las fibras de carbono son mucho más costosas por lo que es necesario realizar un profundo análisis costo-beneficio para optar por utilizar este material como refuerzo para el hormigón.

Las fibras de carbono se han desarrollado especialmente por sus propiedades de alta resistencia, elevado módulo de elasticidad, bajo peso por unidad de volumen, adecuada resistencia a la corrosión, al fuego; y a que son inertes frente a la gran parte de productos químicos. Dejando a un lado el alto precio, su incorporación al concreto resulta muy valiosa pues le asigna superiores beneficios de desempeño.

- **Fibras de Nylon**

La denominación de *nilones*, es el término genérico que identifica una clase de polímeros. Existen una gama de fibras de nylon en el medio comercial para su utilización en aplicaciones industriales, textiles, entre otras; pero únicamente hay dos tipos de fibras de nylon que pueden prestarse para refuerzo del hormigón convencional y son el nylon 6 y el nylon 66, los cuales presentan buenas características como tenacidad, ductilidad y recuperación de elasticidad.

- **Fibras de Poliéster**

El poliéster es un polímero (plástico) producto derivado del petróleo. Las fibras de poliéster se presentan a manera de monofilamentos y son sensibles a la temperatura por lo que sus propiedades fundamentales son alteradas cuando el material sobrepasa su temperatura normal servicio.

- **Fibras de Polipropileno**

“Este tipo de fibras no tienen reacción química y son muy estables, presentan una superficie impermeable por lo cual no quita agua de mezclado, son livianas y pueden alcanzar medianas resistencias a la tensión, sin embargo son tenaces. Pueden ser fabricadas en diversas formas y con costos más bajos que otros tipos de fibras.

Al ser hidrófobas tienen como desventajas el tener pobres características de adherencia con la matriz del cemento, un bajo punto de fusión, alta combustibilidad y un módulo de elasticidad relativamente bajo. Las largas Fibras de Polipropileno pueden resultar difíciles de mezclar debido a su flexibilidad y a la tendencia a enrollarse alrededor de las orillas extremas de las hojas de la mezcladora.”⁶

⁶Barros, V., Ramírez., *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Pifo, Quito. 2012*

FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio es un producto mineral fabricada de manera artificial el cual está conformado por numerosas y finas fibras de vidrio.

“Con bajos porcentajes de fibras de vidrio que se incorporan al hormigón se puede incrementar significativamente la resistencia a la flexión, tensión e impacto, resultando productos de peso ligero y adecuadamente resistente. El mejoramiento de las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras de vidrio, sugiere su uso en aplicaciones donde se requiera resistencias un tanto mejoradas y un control adecuado de la fisuración. Esto incluye, pavimentos de calles y carreteras, pisos industriales, tuberías y reparaciones de estructuras realizadas con hormigón convencional.”⁷

FIBRA DE ACERO

Las fibras de acero se definen como pequeños pedazos discontinuos de acero. Son elementos con la característica que presentan una dimensión predominante respecto a las demás, cuya superficie puede ser lisa o labrada para conseguir una mayor adherencia a la matriz cementante en caso de hormigones reforzados con fibras.

La norma ASTM A 820 cita una clasificación para cuatro tipos de fibras de acero según su proceso de fabricación los cuales son:

- i. *Trefiladas*: fibras de alambre conformadas a frío.
- ii. *Láminas cortadas*: fibras cortadas de chapas de acero.
- iii. *Extractos fundidos*: las fibras extraídas por fundición.
- iv. *Otras fibras*

⁷Barros, V., Ramírez, H., *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Pifo, Quito. 2012*

CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS

La fibra de acero está caracterizada de acuerdo a los siguientes criterios físicos que directamente definen al producto: su longitud (L) y su diámetro equivalente (De) y su forma. De los dos primeros se determina el parámetro llamado *esbeltez*.

Longitud L.- define la longitud de la fibra de acero (mm)

Diámetro equivalente De.- es el diámetro de una superficie circular cuya área es igual al área que describe la sección transversal de una fibra (mm). Es posible determinar el diámetro equivalente de la fibra mediante el método directo y el método indirecto geométrico.

- *Método directo:* el diámetro De es igual al diámetro nominal de la fibra acabada. Este método es aplicable para fibras provenientes de alambre de acero.

$$De = Dn$$

- *Método indirecto geométrico:* el diámetro De es igual al diámetro de la circunferencia que tiene igual área a la de la sección transversal del filamento. Este método está direccionado para aquellas fibras de chapa de acero.

$$De = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

Donde **A** es el área de la sección transversal de una fibra (mm²) y su fórmula es:

$$A = w * t$$

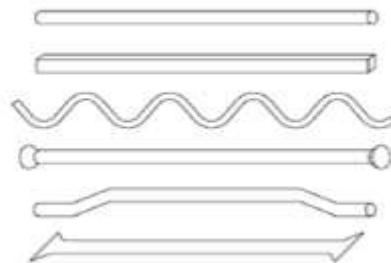
Siendo: w = ancho
t = espesor.

El término *esbeltez* o también denominado *relación de aspecto* es una característica física de la fibra de acero que resulta de dividir la longitud (L) para el diámetro equivalente (De), y juega un papel muy importante pues guarda una relación directa con el mejoramiento de las cualidades del hormigón fibroso.

Forma y sección de la Fibra de Acero.

Axialmente la fibra puede presentar diferentes formas: planas, onduladas, con anclajes en sus extremos, con ganchos (tipo omega), con sus puntas achatadas, entre otros (Gráfico # 1). Debido a que la forma geométrica de la fibra posee una incidencia significativa en las características adherentes de la fibra con la matriz de hormigón, es que en la actualidad los filamentos rectos y lisos han sido reemplazados por fibras con superficies asperas y deformadas, con extremos terminados en gancho, rizadas u onduladas a través de su eje longitudinal.

Gráfico # 1: Diferentes formas de fibras de acero.



Fuente: Blanco, A. “Durabilidad del hormigón con fibras de acero”

De manera general la sección de las fibras pueden adoptar distintas configuraciones, tal como se demuestra en el Gráfico # 2:

Gráfico # 2: Secciones de las fibras más comunes.



Fuente: Mármol, P. “Hormigones con Fibras de Acero Características Mecánicas”

HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO (HRFA)

EL hormigón con fibra es el resultado de combinar el concreto convencional con fibras de acero, cuya misión es incrementar determinadas características físico-mecánicas del hormigón normal. Adicionalmente se puede definir al HRFA comparandolo con el hormigón armado tradicional, la diferencia que los separa está en que en lugar de presentar unas cuantas barras de acero orientadas en una dirección determinada, el hormigón fibroreforzado incorpora cantidades considerables de fibras orientadas aleatoria y tridimensionalmente, a las cuales se transmiten los esfuerzos producidos el momento en que la matriz aglutinante empieza a fisurarse.

Las ventajas que presenta el uso de hormigón reforzado con fibras de acero en el ámbito estructural son⁸:

- Control de la fisuración
- Aumento de la resistencia a la abrasión
- Gran resistencia a la fatiga dinámica
- Reducción de la deformación bajo cargas permanentes
- Reducción de la fragilidad, aumento de la tenacidad
- Incremento significativo de la resistencia al impacto y choque
- Mejora de durabilidad
- Aplicación más simple y rápida

Componentes del HRFA.

El HRFA está compuesto por los mismos materiales que un hormigón normal al que se le incorporan fibras de acero. La adición de fibras obliga a que ciertos componentes cumplan con determinadas condiciones que en los hormigones convencionales no son importantes su consideración.

⁸Rojas, L.. *Estudio de viabilidad de utilización de fibras de acero para hormigones convencionales y autocompactantes*, Barcelona. 2014

Cemento y agua.

La preparación de un hormigón fibroreforzado no establece la utilización de un tipo de cemento específico. Esta decisión depende de los mismos condicionantes que en otros diseños: tiempo de fraguado, resistencias requeridas, entre otros.

Con respecto al agua de amasado de igual forma no se imponen condiciones diferentes a la del hormigón tradicional, pero es necesario incrementar el volumen de pasta. Dicho incremento puede lograrse respetando la relación agua – cemento mediante el incremento de volumen de conglomerante, ya sea aumentando la cantidad de cemento o con el uso de aditivos.

Áridos.

En cuanto a lo que tiene que ver con sus características minerales es necesario que el material sea resistente, no poroso, pues es necesario limitar su capacidad de absorción, además la incorporación de fibras sugiere seguir determinadas características físicas como: menor tamaño máximo del agregado grueso, mayor porcentaje de árido fino y su granulometría conjunta según el ACI 544 1R:

Tabla # 1: Graduaciones del agregado combinado recomendados para hormigón reforzado con fibras de acero

U. S. standard sieve size	Percent Passing for Maximum Size of				
	$\frac{3}{8}$ in. (10 mm)	$\frac{1}{2}$ in. (13 mm)	$\frac{3}{4}$ in. (19 mm)	1 in. (25 mm)	$1\frac{1}{2}$ in. (38 mm)
2 (51 mm)	100	100	100	100	100
$1\frac{1}{2}$ (38 mm)	100	100	100	100	85-100
1 (25 mm)	100	100	100	94-100	65-85
$\frac{3}{4}$ (19 mm)	100	100	94-100	76-82	58-77
$\frac{1}{2}$ (13 mm)	100	93-100	70-88	65-76	50-68
$\frac{3}{8}$ (10 mm)	96-100	85-96	61-73	56-66	46-58
#4 (5 mm)	72-84	58-78	48-56	45-53	38-50
#8 (2.4 mm)	46-57	41-53	40-47	36-44	29-43
#16 (1.1 mm)	34-44	32-42	32-40	29-38	21-34
#30 (600 μ m)	22-33	19-30	20-32	19-28	13-27
#50 (300 μ m)	10-18	8-15	10-20	8-20	7-19
#100 (150 μ m)	2-7	1-5	3-9	2-8	2-8
#200 (75 μ m)	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2

Fuente: ACI 544 1R - Report on Fiber Reinforced Concrete

Fibras de acero para HRFA.

Las fibras deben poseer determinadas propiedades que aseguren la efectividad del refuerzo matriz-fibras y son⁹:

- Una resistencia a tracción significativamente mayor que la del hormigón.
- Una adherencia con la matriz del mismo orden o mayor que la resistencia a tracción de la matriz.
- Un módulo de elasticidad significativamente mayor que el del hormigón.

Orientación de las fibras en el HRFA

La orientación de las fibras en el hormigón influye de forma significativa en el comportamiento post-fisuración del material. En función de la orientación de las fibras con respecto al plano de fisuración, la acción de refuerzo de las fibras será más o menos eficiente.

A pesar de que las fibras se distribuyan en forma homogénea al mezclar, la orientación se puede modificar por el proceso de llenado y compactación y por el efecto pared, el cual es conocido por la orientación de las fibras en paralelo a las paredes o superficies de encofrado, resultando más notable cuando el HRFA está expuesto a un mayor número de bordes.

Es necesario anotar que el proceso de compactación por vibración no tiene un efecto significativo en la orientación de las fibras si sólo se lleva a cabo durante 1 o 2 minutos o si la trabajabilidad del hormigón no es suficientemente alta, mientras que excesiva vibración da lugar a una orientación preferencial y segregación.¹⁰

⁹Ramos, H., *Aplicación de Fibras Estructurales a los Pilotes tipo CPI 8*, Barcelona. 2012

¹⁰Rojas, L., *Estudio de viabilidad de utilización de fibras de acero para hormigones convencionales y autocompactantes*, Barcelona. 2014

DEFINICIONES DE LOS NIVELES DE SUPRAORDINACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

AGREGADOS

A los agregados se les puede definir como una colección de partículas de distintos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza o como resultado de la trituración de rocas.

En los hormigones estructurales, los agregados pueden llegar a ocupar del 60% al 75% del volumen del concreto, y su vez intervienen directamente en las características del hormigón en su estado fresco y endurecido pues de sus propiedades físicas y mecánicas depende la proporción de los componentes de la mezcla.

Los agregados para hormigón se pueden clasificar en:

1. **AGREGADO FINO.-** es el árido que en nuestro medio se denomina “Arena”, cuyas partículas pasan casi en su totalidad por el tamiz #4 (de 4.75mm) y son retenidas en el tamiz #200 (de 75 μ m).
2. **AGREGADO GRUESO.-** es el material pétreo denominado localmente como “Ripio” y que es retenido predominantemente por el tamiz #4 (de 4.75mm).
3. **FRAGMENTOS DE ROCA.-**son los agregados con tamaño mayor a 3’’ (de 75mm), que se usan tradicionalmente para la preparación de hormigón ciclópeo.
4. **AGREGADO LIGERO.-**se conoce así a los áridos finos o gruesos que por su baja densidad y resistencia limitada a la compresión son efectivamente utilizados en la fabricación de los denominados hormigones ligeros.

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino

- Granulometría

Siendo la granulometría la distribución de los tamaños de las partículas, esta debe cumplir con los límites de la norma (ASTM C-33)¹¹ indicada a continuación:

Tabla # 2: Tamaño de Tamices ASTM C-33

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (No.4)	95 a 100
2.36 mm (No.8)	80 a 100
1.18 mm (No.16)	50 a 85
0.60 mm (No.30)	25 a 60
0.30 mm (No.50)	10 a 30
0.15 mm (No.100)	2 a 10

Fuente: ASTM C-33. *Especificación Normalizada para agregados en el concreto*

- Módulo de Finura

El módulo de finura (MF) es un parámetro que da una idea del grosor o finura del agregado y se lo obtiene mediante la norma ASTM C-125, sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100.

Los tamices que se utilizan para determinar el módulo de finura son los de 0.15mm (No.100), 0.30mm (No.50), 0.60mm (No.30), 1.18mm (No.16), 2.36mm (No.8), 4.75mm (No.4), 9.52mm (3/8"), 19.05mm (3/4"), 38.10mm (1½"), 76.20mm (3"), y 152.40mm (6").

¹¹ASTM C-33. *Especificación Normalizada para agregados en el concreto*

- **Densidad Relativa**

La densidad relativa (denominada gravedad específica) de un árido es la relación entre su masa y la masa de agua con igual volumen absoluto. Generalmente los agregados de origen natural tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9. Este ensayo se lo realiza de acuerdo a la norma NTE INEN 856.

- **Contenido de Humedad**

Los agregados pueden llegar a presentar cierto grado de humedad lo cual está relacionado con la porosidad de las partículas. Adicionalmente las partículas de árido pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

1.- Seco al horno (OD): se consigue mediante un secado al horno a 110 C hasta que el agregado tenga un peso constante (por lo general 12 horas).

2.- Seco al aire (AD): se logra mediante la exposición de las partículas al aire libre.

3.- Saturado superficie seca (S.S.S): es un estado límite en donde todas las partículas presentan sus poros completamente llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado se logra únicamente en el laboratorio.

4.- Saturado superficie húmeda: todos los agregados están llenos de agua y adicionalmente hay presencia de agua libre en su superficie.

- **Peso Volumétrico**

Debe realizarse basándose en la norma NTE INEN 858, para determinar de esta manera el peso volumétrico del agregado en condición compactada o suelta y así calcular los vacíos entre áridos.

Agregado Grueso

- Granulometría

Es aconsejable que el agregado grueso en conjunto tenga una determinada continuidad de tamaños de sus partículas, además se dice que el tamaño máximo del árido influye en el aspecto económico en la preparación del concreto, pues se necesita más agua y cemento para agregados con partículas pequeñas que para tamaños mayores.

Conforme a las especificaciones de la norma ASTM E-11 la serie de tamices necesarios para la determinación del análisis granulométrico del árido grueso son: 2'', 1/2'', 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', #4.

- Tamaño Nominal Máximo TNM

Para determinar el tamaño nominal máximo se busca el primer valor que represente el 15% o más en la columna de *%Retenido Acumulado* de la tabla del análisis granulométrico de una muestra de agregado, y el TNM será la abertura del tamiz antes del cual corresponde al que retiene el 15% o más.

Comúnmente el tamaño máximo de las partículas no debe ser superior a:

- I. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- II. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- III. Un tercio del peralte de las losas.

- Densidad Relativa

Se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 127-80, NTE INEN 857. Mediante la aplicación de este ensayo es posible determinar la densidad promedio de una muestra de agregado grueso (descartando el volumen de vacíos entre partículas).

- Resistencia al Desgaste

En los agregados gruesos una de las características físicas cuyo análisis es indispensable pues influye en la durabilidad y adecuada resistencia del concreto es la *Resistencia a la Abrasión o Desgaste de los Áridos*.

Para determinar la resistencia al desgaste se utiliza un método indirecto cuyas especificaciones se encuentran en la norma NTE INEN 860 (ASTM - C131). Dicho método más conocido como el de la Máquina de los Ángeles, consiste en introducir una cantidad determinada de agregado grueso en un tambor de acero con forma cilíndrica. Se coloca una carga de bolas de acero y se le induce mecánicamente cierto número de vueltas. El impacto que se genera entre el material pétreo con las bolas de acero da por resultado la abrasión y los resultados se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material ensayado expresándolo como porcentaje inicial.

HORMIGÓN

El hormigón o concreto es un material de construcción, no homogéneo, constituido por la mezcla de cemento, arena, grava y agua. El cemento hidráulico es el material aglomerante, la arena y la grava a los que se les denomina agregados son materiales de relleno; mientras que el agua se puede identificar como el catalizador que reacciona con el cemento y hace que este desarrolle sus características ligantes.

“El hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a solicitaciones de tracción. Para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón armado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado, o combinado con cables tensados de acero de alta resistencia, lo que se identifica como hormigón pre esforzado.”¹²

¹²ROMO PROAÑO, Marcelo. *Temas de Hormigón Armado, 1 Edición. ESPE-Ecuador, 2008.*

La mezcla de cemento con el agua toma el nombre de *Pasta o Matriz Cementante* cuyas funciones son¹³:

- En estado plástico sirve como lubricante permitiendo el deslizamiento entre partículas,
- En estado sólido, en unión con los agregados, contribuye a proporcionar a la mezcla su resistencia mecánica. Además, rellena los espacios entre partículas proporcionándole al hormigón la característica de impermeabilidad.

CALIDAD DEL HORMIGÓN

La primera etapa del control de calidad comienza con los componentes del hormigón: agregados grueso y fino, agua, cemento y eventualmente aditivos. Una vez que se puede asegurar que los componentes que se emplean son los apropiados, se debe asegurar que las proporciones que intervienen en la mezcla sean las que corresponden a la dosificación elegida, cualquiera sea el método empleado para dosificar y la forma de medición. Lógicamente, es preferible la medición de los mismos en peso porque se obtiene una menor variación.

En algunos casos, como cuando se emplean aditivos o se pretende un hormigón de buena calidad, la medición en peso de todos los componentes es imprescindible.

Aseguradas las proporciones de la mezcla, se debe constatar que el hormigón esté correctamente mezclado, que sea homogéneo y que presente características adecuadas en estado fresco.

Conviene entonces evaluar estas características, para lo cual se cuantifican algunas de sus propiedades, es decir, se emplean procedimientos prácticos que permiten asignar un número a esa propiedad. De esa manera se evitan los juicios subjetivos en la calificación del hormigón fresco.

¹³ROCHEL AWAD, Roberto. *Hormigón Reforzado, Tomo I, Colombia, 1998*

El hormigón fresco debe colocarse y compactarse adecuadamente. Una vez que el hormigón está colocado y terminado, asegurándonos que no haya ondulaciones excesivas y que posea una correcta textura, se inicia la etapa de curado. Este proceso tecnológico consiste en darle al hormigón las condiciones de humedad apropiadas para posibilitar la evolución de resistencia. Es claro que el componente que evoluciona es el cemento, el que, al reaccionar con el agua, hace que la mezcla fragüe (se transforme en un sólido) y luego endurezca paulatinamente hasta alcanzar la resistencia deseada.

Este proceso es paulatino; se acelera con altas temperaturas y se retarda con temperaturas bajas, por lo que se debe tener en cuenta este factor. Además, un correcto curado permite evitar la aparición de fisuras no deseadas.¹⁴

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

Hormigón Fresco

Se denomina como *hormigón fresco* al hormigón que al presentar plasticidad tiene la capacidad de poder moldearse. El hormigón fresco tiene una vida comprendida entre el instante en que culmina el proceso de amasado manual o mecánica y aquel en que inicia el fraguado del cemento, siendo este periodo de tiempo variable dependiendo del tipo de cemento utilizado, de la cantidad de agua, de la temperatura ambiental, de la incorporación de aditivos, etc. Las propiedades más relevantes del hormigón fresco son: Consistencia, Docilidad, Homogeneidad y Peso Específico.

a) Consistencia

Es la oposición que demuestra el concreto en su estado fresco a experimentar deformaciones. Depende de la granulometría, forma y tamaño máximo de los agregados, de la cantidad de agua y cemento, además del posible uso de aditivos.

¹⁴JIMÉNEZ MONTOYA, P. *Hormigón Armado*. 14ª Edición, Barcelona 2001

b) Docilidad

Conocida como trabajabilidad. Se la define como la facilidad con que el concreto fresco es manipulado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con la mínima pérdida de homogeneidad.

c) Homogeneidad

Se dice que un hormigón es homogéneo cuando en cualquier parte de su masa, los componentes que lo conforman están perfectamente mezclados y en la proporción prevista en la etapa del diseño de la mezcla.

d) Peso Específico

Es la relación que existe entre la masa del hormigón fresco y el volumen que ocupa. El peso específico es un buen índice de medida de su uniformidad.

Hormigón Endurecido

El concreto presenta un proceso de endurecimiento continuo que lo transforma de un material plástico a uno sólido, debido a que pasa por una fase físico-química compleja. En esta etapa las propiedades del concreto se desarrollan con el tiempo, dependiendo de las características y dosificaciones de los diferentes componentes, adicionalmente de las condiciones medio ambientales a las que estará expuesto a lo largo de su vida útil.

a) Permeabilidad

El hormigón es un material permeable, es decir que al estar sometido exteriormente a presión de agua, se genera escurrimiento a través de su superficie. El parámetro que más influye es la relación agua/cemento, pues al disminuir esta disminuye la permeabilidad del concreto.

b) Resistencia a la Compresión

El hormigón convencional es un material que resiste las sollicitaciones de compresión, tensión y flexión; siendo la resistencia a compresión la más elevada de todas, cifrando resultados diez veces más en comparación a la de tensión.

- **Resistencia Característica.**- Valor de la resistencia a la compresión del hormigón simple, si se ensayan varias muestras en el laboratorio, el 95% de las probetas tienen resistencias mayores o iguales.
- **Resistencia Media.**- Media aritmética entre las resistencias a compresión obtenidas de varias muestras de hormigón.¹⁵

2.5 HIPÓTESIS

Las fibras de acero como refuerzo para el hormigón influyen en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1 Variable Independiente

Las fibras de acero como refuerzo para el hormigón.

2.6.2 Variable Dependiente

Propiedades mecánicas del hormigón en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

¹⁵MEDINA, Santiago “Ensayo de Materiales II”

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El enfoque del presente estudio es de tipo cuantitativo y cualitativo debido a que se fundamenta en el análisis de datos que se obtendrán a partir de ensayos de los diversos materiales para determinar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en las propiedades mecánicas, considerando imperativo determinar las características de los agregados tanto grueso como fino, para conseguir resultados confiables en base a una correcta preparación del hormigón conforme dictan las normas establecidas.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La modalidad de investigación que seguirá el presente proyecto de investigación es de campo, pues para la obtención de los agregados será necesario acudir a las diferentes canteras de la ciudad de Ambato para posterior a ello preceder a realizar las probetas de hormigón, de igual forma la investigación será guiada con la modalidad de laboratorio y experimental debido a que se realizarán pruebas y ensayos a los agregados para determinar sus propiedades y al hormigón reforzado con diferentes porcentajes de fibra de acero para otorgar conclusiones de los resultados conseguidos.

Se desarrollará también la modalidad bibliográfica porque será relevante investigar y aplicar las especificaciones de los ensayos para las muestras que están establecidos en las normas INEN y Código ASTM, además para seguir los requisitos indicados en el código ACI para la elaboración de hormigón reforzado con fibras.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación a ser utilizados en este proyecto serán: exploratorio y descriptivo.

Será exploratorio considerando que el tema de reforzar al hormigón con fibras dispersas de acero utilizando los agregados de nuestro medio ha sido poco analizado, pero que con el sustento técnico de los ensayos que se realizaran se logrará determinar la influencia que tendrá sobre las propiedades mecánicas del hormigón.

Será descriptivo porque a más de tener conocimiento acerca de la calidad de los diferentes agregados propios de nuestra localidad utilizados para la fabricación de concreto, se contará con una amplia información acerca del comportamiento que tendrá el hormigón al incorporar en su preparación diferentes porcentajes de fibra de acero, hormigón especial que podría utilizarse con mayor confiabilidad y seguridad en las futuras obras civiles.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

El presente estudio posee como universo las principales canteras que distribuyen de árido fino y grueso, material importante para la fabricación de hormigón utilizado en las diferentes obras civiles de la ciudad de Ambato.

Adicionalmente, una vez analizadas las propiedades del material pétreo se podrá determinar las características de la fibra de acero adecuada para ser utilizada como refuerzo en el hormigón.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.5.1 Variable Independiente

Hormigón Reforzado con Fibras de Acero

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El hormigón reforzado con fibras es un hormigón al que se incorpora en su elaboración fibras cortas, discretas, y aleatoriamente distribuidas en su masa con el objetivo de mejorar ciertas propiedades específicas del concreto.	Hormigón	Calidad del Hormigón	¿Cuáles son los requisitos para que un hormigón sea de buena Calidad?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM
		Tipos de Hormigón	¿Qué clase de hormigón se puede elaborar en nuestro medio?	Investigación de Laboratorio y Experimental
	Fibras de Acero	Características de las fibras de acero.	¿Cuáles son las características de las fibras de acero?	Investigación Bibliográfica Normas ASTM, Código ACI
		Cantidad de fibras de acero incluida en la mezcla de hormigón.	¿Cómo afecta la cantidad de fibras de acero incluida en la mezcla de hormigón?	Investigación de Laboratorio y Experimental

Tabla # 3: Operacionalización de la Variable Independiente

3.5.2 Variable Dependiente

Propiedades del Hormigón

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Son las particularidades propias que tiene el hormigón tanto en su estado fresco como endurecido y que dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los diferentes componentes utilizados para su producción.	Hormigón Fresco	Trabajabilidad	¿Qué parámetro afecta directamente a la trabajabilidad del hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM
		Homogeneidad	¿Cómo obtener una adecuada distribución de los componentes del hormigón al momento de su preparación?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM
	Hormigón Endurecido	Resistencia	¿Cómo afecta las características de los agregados en la resistencia del hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de Laboratorio
		Densidad	¿Cómo afecta la cantidad de los componentes del hormigón en su densidad?	Investigación Bibliográfica y de Laboratorio

Tabla # 4: Operacionalización de la Variable Dependiente

3.6 PLAN DE RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	<ul style="list-style-type: none"> - Para investigar la influencia sobre las propiedades del hormigón, la incorporación de diferentes porcentajes de fibra de acero.
2. ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none"> - Agregados de una cantera de la ciudad de Ambato. - Fibras de acero.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero. - Influencia en las propiedades del Hormigón en su estado fresco y endurecido.
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> - Lenin Silva.
5. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante pruebas y estudios de laboratorio. - Investigación Bibliográfica en Normas y Códigos

Tabla # 5: Plan de Recolección de la Información

3.6.1 Técnicas e Instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Ensayos de Laboratorio	- Herramienta Menor - Moldes para probetas de Hormigón - Máquina de compresión - Cámara de Curado

Tabla # 6: Técnicas e Instrumentos

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis de la información obtenida se manejará el siguiente plan de procesamiento de la información:

- Análisis crítico – técnico de la información recolectada.
- Tabulación de cuadros de acuerdo a las variables de la hipótesis.
- Publicar los resultados obtenidos mediante gráficos de computadora.
- Evaluar e interpretar los resultados correlacionándolos con las diferentes partes del proyecto de investigación, fundamentalmente con los objetivos y la hipótesis.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el desarrollo de este capítulo fue necesario realizar los ensayos de laboratorio para el agregado grueso, agregado fino así como del cemento más utilizado en nuestro medio, cemento Holcim; todo con el objetivo de conocer las características físicas y mecánicas de los materiales locales adecuados para la preparación del hormigón.

4.1.1 Ensayos Realizados en los Agregados

Los ensayos realizados a los agregados se detallan a continuación:

ENSAYOS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Análisis Granulométrico	X	X
Peso Unitario Suelto	X	X
Peso Unitario Compactado	X	X
Peso Específico	X	X
Capacidad de Absorción	X	X
Resistencia al Desgaste	X	-

Tabla # 7: Ensayos Realizados Agregado Grueso y Fino

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 8: Granulometría Agregado Grueso (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
ORIGEN:		Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
PESO DE LA MUESTRA (gr.):		10000	PÉRDIDA DE MUESTRA (%):		0,9
ENSAYADO POR:		Egdo. Lenin Silva	FECHA:		02/06/2014
NORMA:		INEN 696			
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES ASTM % QUE PASA
2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 1/2"	38,2	38,2	0,4	99,6	95 - 100
1"	1102,1	1140,3	11,4	88,6	-
3/4"	3089,6	4230,0	42,3	57,7	35 - 70
1/2"	3469,7	7699,7	77,0	23,0	-
3/8"	1205,2	8904,9	89,0	11,0	10 - 30
#4	832,5	9737,4	97,4	2,6	0 - 5
BANDEJA	168,6	9906,0	99,1	0,9	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:			1'		

Gráfico de Granulometría:

El gráfico muestra el porcentaje que pasa (% QUE PASA) en el eje Y (escala lineal de 0 a 100) frente a la abertura del tamiz (mm) en el eje X (escala logarítmica de 1 a 100). Se comparan los datos experimentales (% ACUMULADO, línea azul) con los límites ASTM (LÍMITE SUPERIOR, línea verde y LÍMITE INFERIOR, línea roja). Los datos experimentales se encuentran dentro de los límites especificados.

Abertura Tamiz (mm)	% Acumulado	Límite Superior (%)	Límite Inferior (%)
2	0,0	0,0	0,0
7,5	11,4	10,0	10,0
15	57,7	50,0	35,0
30	88,6	80,0	60,0
60	99,6	95,0	90,0
100	100,0	100,0	100,0

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 9: Granulometría Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO					
ORIGEN:		Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
PESO DE LA MUESTRA (gr.):		700	PÉRDIDA DE MUESTRA (%):		0,2
ENSAYADO POR:		Egdo. Lenin Silva	FECHA:		02/06/2014
NORMA:		INEN 696			
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES ASTM % QUE PASA
3/8"	0	0,0	0,0	100,0	100
#4	32,8	32,8	4,7	95,3	95 - 100
#8	61,9	94,7	13,5	86,5	80 - 100
#16	91	185,7	26,5	73,5	50 - 85
#30	121,8	307,5	43,9	56,1	25 - 60
#50	187,8	495,3	70,8	29,2	10 - 30
#100	128,8	624,1	89,2	10,8	2 - 10
#200	43,1	667,2	95,3	4,7	-
BANDEJA	31,4	698,6	99,8	0,2	-
MÓDULO DE FINURA				2,49	

El gráfico muestra la curva de granulometría del agregado fino. El eje horizontal (ABERTURA TAMIZ) está en milímetros y escala logarítmica (0,01 a 10). El eje vertical (% QUE PASA) está en porcentaje y escala lineal (0 a 100). La curva azul (% ACUMULADO) representa los datos experimentales. Las curvas verde (LÍMITE SUPERIOR) y roja (LÍMITE INFERIOR) representan los límites de especificación ASTM.

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 10: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	03/06/2014	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,7			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,65			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	37,2	27,5	1,332	1,344
	37,7	28	1,356	
FINO	42,6	32,9	1,593	1,574
	41,8	32,1	1,554	

Tabla # 11: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	03/06/2014	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,7			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,65			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	39,4	29,7	1,438	1,448
	39,8	30,1	1,458	
FINO	44	34,3	1,661	1,663
	44,1	34,4	1,666	

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 12: Unitario Compactado de la Mezcla (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA								
ORIGEN:		Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores						
ENSAYADO POR:		Egdo. Lenin Silva	FECHA:		03/06/2014			
NORMA:		INEN 858						
MASA RECIPIENTE (Kg):		9,7						
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):		20,65						
% MEZCLA		CANTIDAD (Kg)		FINO AÑADIDO (Kg)	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGREGADO (Kg)	PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm3)
R	A	R	A	A	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	40	0,00	0,00	39,4	29,7	1,438	1,448
					39,8	30,1	1,458	
90	10	40	4,44	4,44	42,2	32,5	1,574	1,588
					42,8	33,1	1,603	
80	20	40	10,00	5,56	45,2	35,5	1,719	1,722
					45,3	35,6	1,724	
70	30	40	17,14	7,14	47,4	37,7	1,826	1,835
					47,8	38,1	1,845	
60	40	40	26,67	9,52	49,1	39,4	1,908	1,896
					48,6	38,9	1,884	
50	50	40	40,00	13,33	49	39,3	1,903	1,908
					49,2	39,5	1,913	
40	60	40	60,00	20,00	48,5	38,8	1,879	1,881
					48,6	38,9	1,884	

DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (Kg/dm3)
PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA MEZCLA %
— DENSIDAD ÓPTIMA DE LOS AGREGADOS

PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	51	%
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	49	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	47	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	53	%
PESO UNITARIO MÁXIMO	1,910	gr/cm3
PESO UNITARIO ÓPTIMO	1,904	gr/cm3

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 13: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso
(Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	04/06/2014	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL RIPIO				
M1	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	gr	1161	
M2	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	gr	1001,5	
M3	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	3034	
M4	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	2153	
DA	DENSIDAD REAL DEL AGUA	gr/cm ³	1,000	
M5 = M3 - M1	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	1873	
M6 = M4 - M2	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	1151,5	
VR = (M5-M6) / DA	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	cm ³	721,5	
DR = M5 / VR	DENSIDAD REAL DEL RIPIO	gr/cm ³	2,596	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL RIPIO				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	94,5	95,4
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	285,7	330,4
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	191,2	235
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	284,4	326,3
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	189,9	230,9
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	0,68	1,78
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL RIPIO	%	1,23	

PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 14: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	05/06/2014	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DE LA ARENA				
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	164,1	
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	gr	388,9	
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	gr	800,0	
M4 = M3 - M2	MASA AGUA AÑADIDA	gr	411,1	
M5	MASA PICNÓMETRO + 500 cm ³ DE AGUA	gr	662,3	
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm ³ DE AGUA	gr	498,2	
DA = M6 / 500 cm ³	DENSIDAD DEL AGUA	gr/cm ³	0,996	
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	gr	87,1	
Msss = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	gr	224,8	
Vsss = M7 / DA	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	cm ³	87,4	
DRA = Msss / Vsss	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	gr/cm ³	2,572	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA ARENA				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	30,8	31
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	154,3	146,6
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	123,5	115,6
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	150,1	142,8
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	119,3	111,8
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	3,52	3,40
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL ARENA	%	3,46	

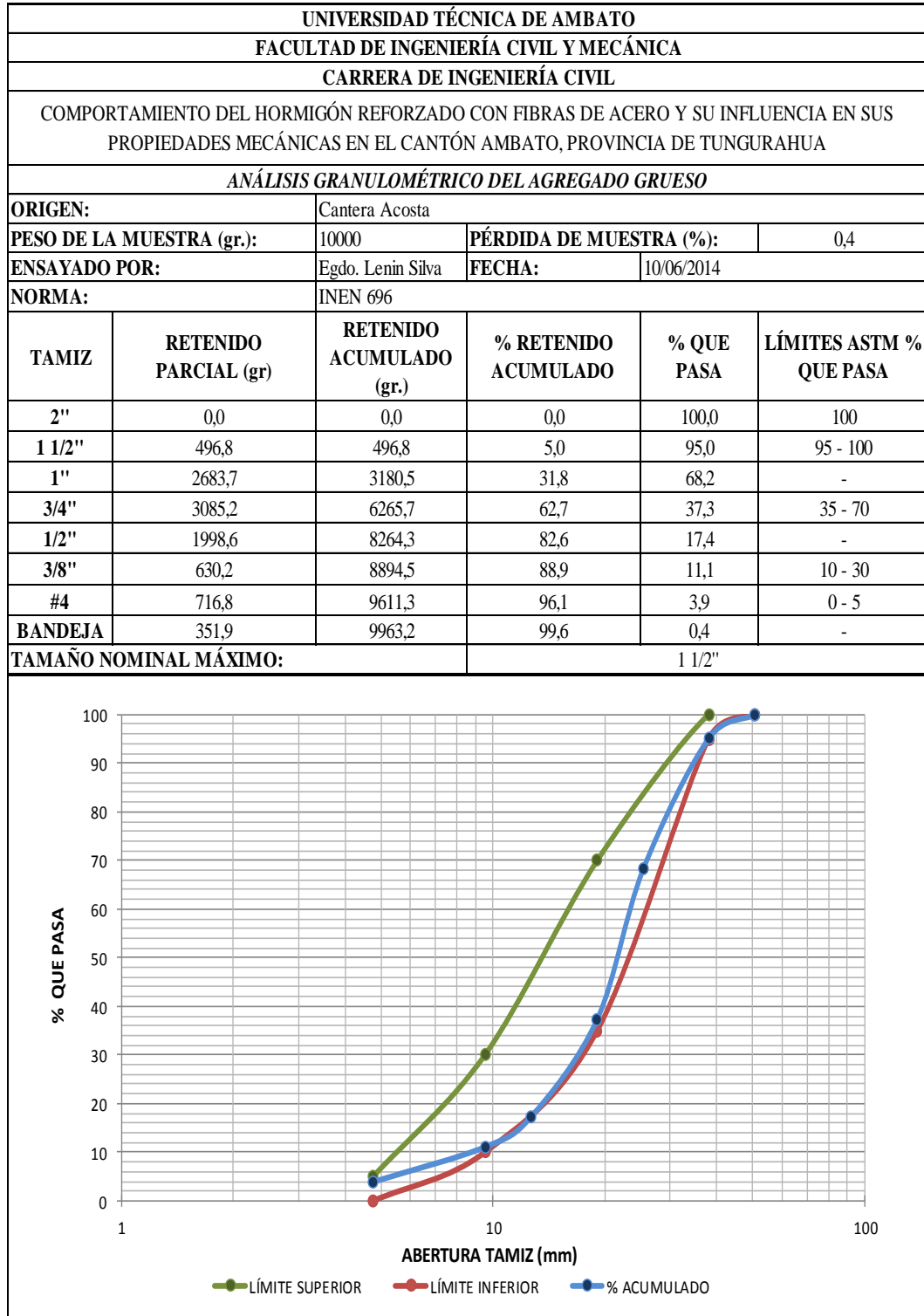
PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES

Tabla # 15: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso
(Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
RESISTENCIA AL DESGASTE - PRUEBA DE LOS ÁNGELES AGREGADO GRUESO			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	06/06/2014
NORMA:	INEN 860		
ENUNCIADO	UNIDAD	M1	M2
PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL ENSAYO	gr	5000	5000
PESO MUESTRA DESPUÉS DEL ENSAYO RET. # 12	gr	2974,2	2904,5
PESO MUESTRA PASA # 12	gr	2025,8	2095,5
% DESGASTE	%	40,516	41,910
PROMEDIO	%	41,21	

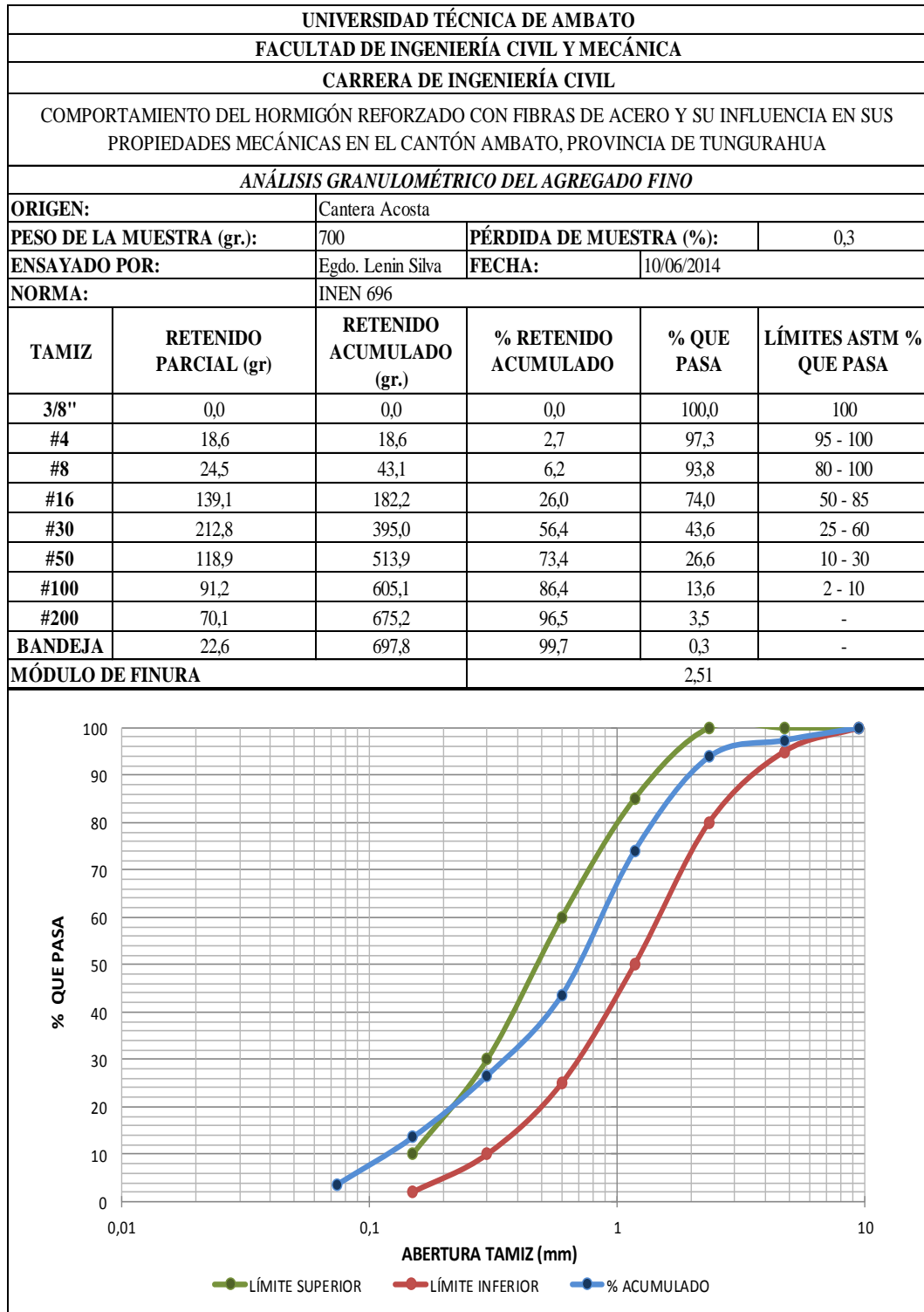
CANTERA ACOSTA

Tabla # 16: Granulometría Agregado Grueso (Cantera Acosta)



CANTERA ACOSTA

Tabla # 17: Granulometría Agregado Fino (Cantera Acosta)



CANTERA ACOSTA

Tabla # 18: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Cantera Acosta			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	11/06/2014	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,7			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,65			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	37,3	27,6	1,337	1,329
	37	27,3	1,322	
FINO	36,8	27,1	1,312	1,315
	36,9	27,2	1,317	

Tabla # 19: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Cantera Acosta			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	11/06/2014	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,7			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,65			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	40,5	30,8	1,492	1,487
	40,3	30,6	1,482	
FINO	40,7	31	1,501	1,504
	40,8	31,1	1,506	

CANTERA ACOSTA

Tabla # 20: Peso Unitario Compactado de la Mezcla (Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA								
ORIGEN:		Cantera Acosta						
ENSAYADO POR:		Egdo. Lenin Silva		FECHA:		11/06/2014		
NORMA:		INEN 858						
MASA RECIPIENTE (Kg):		9,7						
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):		20,65						
% MEZCLA		CANTIDAD (Kg)		FINO AÑADIDO (Kg)	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGREGADO (Kg)	PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm3)
R	A	R	A	A	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	40	0,00	0,00	40,5	30,8	1,492	1,487
					40,3	30,6	1,482	
90	10	40	4,44	4,44	43,1	33,4	1,617	1,630
					43,6	33,9	1,642	
80	20	40	10,00	5,56	45,4	35,7	1,729	1,736
					45,7	36	1,743	
70	30	40	17,14	7,14	46,9	37,2	1,801	1,806
					47,1	37,4	1,811	
60	40	40	26,67	9,52	48	38,3	1,855	1,850
					47,8	38,1	1,845	
50	50	40	40,00	13,33	47,7	38	1,840	1,835
					47,5	37,8	1,831	
40	60	40	60,00	20,00	46,3	36,6	1,772	1,777
					46,5	36,8	1,782	

DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (kg/dm³)
 1,900
 1,800
 1,700
 1,600
 1,500
 1,400
 1,300

A. FINO 10 20 30 40 50 60 70

1,844 (PMA) 1,839 (POA)

39 POA 43 PMA

PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA MEZCLA %
 —●— DENSIDAD ÓPTIMA DE LOS AGREGADOS

PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	43	%
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	57	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	39	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	61	%
PESO UNITARIO MÁXIMO	1,844	gr/cm3
PESO UNITARIO ÓPTIMO	1,839	gr/cm3

CANTERA ACOSTA

Tabla # 21: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</i>				
ORIGEN:	Cantera Acosta			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	12/06/2014	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL RIPIO				
M1	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	gr	1153	
M2	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	gr	971	
M3	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	2980	
M4	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	2071	
DA	DENSIDAD REAL DEL AGUA	gr/cm ³	1,000	
M5 = M3 - M1	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	1827	
M6 = M4 - M2	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	1100	
VR = (M5-M6) / DA	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	cm ³	727	
DR = M5 / VR	DENSIDAD REAL DEL RIPIO	gr/cm ³	2,513	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL RIPIO				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	90,1	91,7
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	361,8	348,2
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	271,7	256,5
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	355,2	341,8
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	265,1	250,1
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	2,49	2,56
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL RIPIO	%	2,52	

CANTERA ACOSTA

Tabla # 22: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Cantera Acosta			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	12/06/2014	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DE LA ARENA				
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	162,2	
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	gr	392,0	
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	gr	798,7	
M4 = M3 - M2	MASA AGUA AÑADIDA	gr	406,7	
M5	MASA PICNÓMETRO + 500 cm ³ DE AGUA	gr	660,2	
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm ³ DE AGUA	gr	498,0	
DA = M6 / 500 cm ³	DENSIDAD DEL AGUA	gr/cm ³	0,996	
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	gr	91,3	
M _{sss} = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	gr	229,8	
V _{sss} = M7 / DA	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	cm ³	91,7	
DRA = M _{sss} / V _{sss}	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	gr/cm ³	2,507	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA ARENA				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	34,6	33,7
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	148,5	135,3
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	113,9	101,6
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	144,8	131,9
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	110,2	98,2
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	3,36	3,46
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL ARENA	%	3,41	

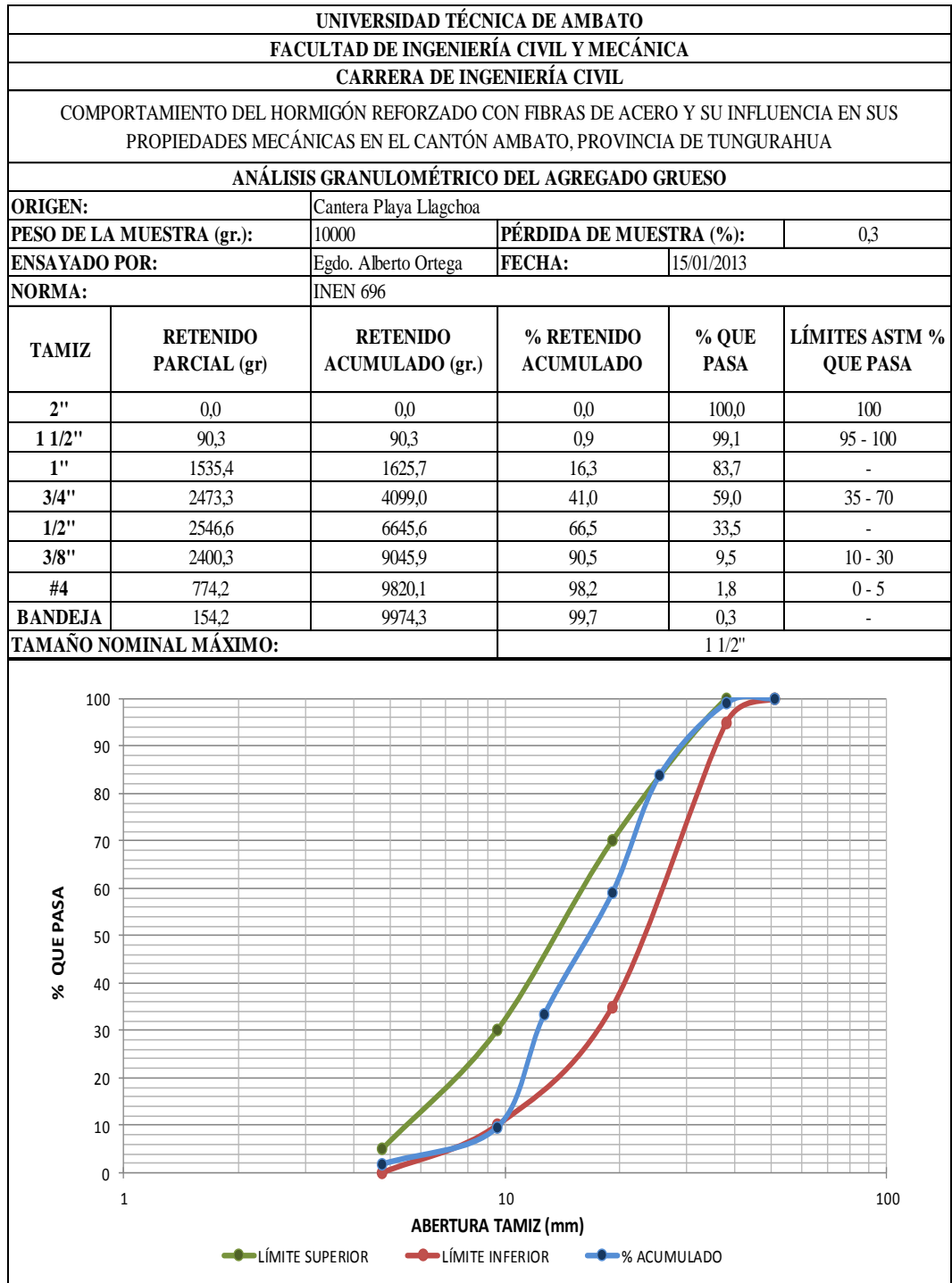
CANTERA ACOSTA

Tabla # 23: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso
(Cantera Acosta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
RESISTENCIA AL DESGASTE - PRUEBA DE LOS ÁNGELES AGREGADO GRUESO			
ORIGEN:	Cantera Acosta		
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	13/06/2014
NORMA:	INEN 860		
ENUNCIADO	UNIDAD	M1	M2
PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL ENSAYO	gr	5000	5000
PESO MUESTRA DESPUÉS DEL ENSAYO RET. # 12	gr	3015,8	2982,9
PESO MUESTRA PASA # 12	gr	1984,2	2017,1
% DESGASTE	%	39,684	40,342
PROMEDIO	%	40,01	

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

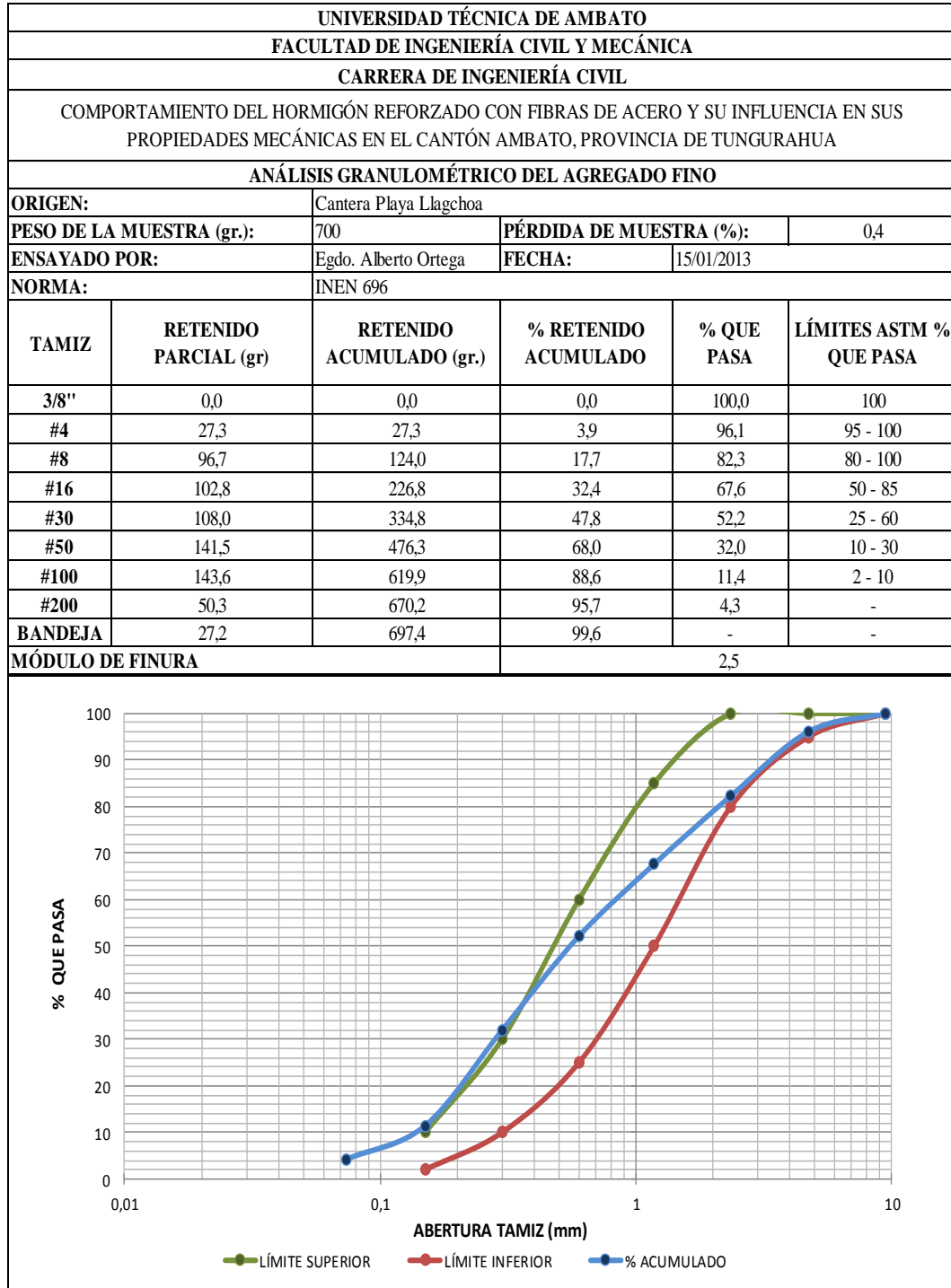
Tabla # 24: Granulometría Agregado Grueso (Cantera Playa Llagchoa)



Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 57, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 25: Granulometría Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa)



Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 58, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 26: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Cantera Playa Llagchoa			
ENSAYADO POR:	Egdo. Alberto Ortega	FECHA:	12/01/2013	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,25			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	37,9	28,0	1,383	1,395
	38,4	28,5	1,407	
FINO	36,0	26,1	1,289	1,306
	36,7	26,8	1,323	

Tabla # 27: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Cantera Playa Llagchoa			
ENSAYADO POR:	Egdo. Alberto Ortega	FECHA:	12/01/2013	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE (kg.):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3):	20,25			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (kg).	AGREGADO (kg).	PESO UNITARIO (kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm3
GRUESO	41,3	31,4	1,551	1,551
	41,3	31,4	1,551	
FINO	40,8	30,9	1,526	1,531
	41,0	31,1	1,536	

Fuente: ORTEGA A. "La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles". Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 59, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 28: Peso Unitario Compactado de la Mezcla (Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA								
ORIGEN:		Cantera Playa Llagchoa						
ENSAYADO POR:		Egdo. Alberto Ortega			FECHA:		12/01/2013	
NORMA:		INEN 858						
MASA RECIPIENTE (Kg)		9,9						
VOLUMEN RECIPIENTE (dm3)		20,25						
% MEZCLA		CANTIDAD (Kg)		FINO AÑADIDO (Kg)	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGREGADO (Kg)	PESO UNITARIO MEZCLA (Kg/dm3)	PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/dm3)
R	A	R	A	A	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	40	0,00	0,00	41,3	31,4	1,551	1,551
					41,3	31,4	1,551	
90	10	40	4,44	4,44	43,4	33,5	1,654	1,644
					43,0	33,1	1,635	
80	20	40	10,00	5,56	46,4	36,5	1,802	1,812
					46,8	36,9	1,822	
70	30	40	17,14	7,14	46,2	36,3	1,793	1,793
					46,2	36,3	1,793	
60	40	40	26,67	9,52	45,6	35,7	1,763	1,765
					45,7	35,8	1,768	
50	50	40	40,00	13,33	45,3	35,4	1,748	1,751
					45,4	35,5	1,753	
40	60	40	60,00	20,00	45,0	35,1	1,733	1,728
					44,8	34,9	1,723	

El gráfico muestra la densidad aparente promedio (kg/dm3) en el eje Y (rango 1,300 a 1,900) frente al porcentaje de agregado fino (A. FINO) en el eje X (rango 0 a 70). Una curva azul con marcadores de diamante representa la densidad óptima de los agregados. Una línea horizontal punteada indica la densidad máxima de 1,801 kg/dm3, que se alcanza a un 37% de agregado fino (PMA). Una línea vertical punteada indica la densidad óptima de 1,799 kg/dm3, que se alcanza a un 33% de agregado fino (POA).

PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	37	%
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	63	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	33	%
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	67	%
PESO UNITARIO MÁXIMO	1,801	gr/cm3
PESO UNITARIO ÓPTIMO	1,799	gr/cm3

Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 60, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 29: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</i>				
ORIGEN:	Cantera Playa Llagchoa			
ENSAYADO POR:	Egdo. Alberto Ortega	FECHA:	19/01/2013	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL RIPIO				
M1	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	gr	1795	
M2	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	gr	1501	
M3	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	11139	
M4	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	7186	
DA	DENSIDAD REAL DEL AGUA	gr/cm ³	1,000	
M5 = M3 - M1	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	gr	9344	
M6 = M4 - M2	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	gr	5685	
VR = (M5-M6) / DA	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	cm ³	3659	
DR = M5 / VR	DENSIDAD REAL DEL RIPIO	gr/cm ³	2,554	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL RIPIO				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	145,5	143,2
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	628,1	617,3
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	482,6	474,1
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	615,9	601,3
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	470,4	458,1
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	2,59	3,49
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL RIPIO	%	3,04	

Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 61, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 30: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<i>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</i>				
ORIGEN:	Cantera Playa Llagchoa			
ENSAYADO POR:	Egdo. Alberto Ortega	FECHA:	19/01/2013	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DE LA ARENA				
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	163,3	
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	gr	457,2	
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	gr	837,6	
M4 = M3 - M2	MASA AGUA AÑADIDA	gr	380,4	
M5	MASA PICNÓMETRO + 500 cm ³ DE AGUA	gr	659,9	
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm ³ DE AGUA	gr	496,6	
DA = M6 / 500 cm ³	DENSIDAD DEL AGUA	gr/cm ³	0,993	
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	gr	116,2	
Msss = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	gr	293,9	
Vsss = M7 / DA	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	cm ³	117,0	
DRA = Msss / Vsss	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	gr/cm ³	2,512	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA ARENA				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	gr	33,1	32,8
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr	88,4	80,1
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr	55,3	47,3
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr	88,2	79,7
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr	55,1	46,9
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	0,36	0,85
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL ARENA	%	0,61	

Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 62, Ambato, (2013).

CANTERA PLAYA LLAGCHOA

Tabla # 31: Resistencia al Desgaste – Prueba de los Ángeles Agregado Grueso
(Cantera Playa Llagchoa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
RESISTENCIA AL DESGASTE - PRUEBA DE LOS ÁNGELES AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Playa Llagchoa			
ENSAYADO POR:	Egdo. Alberto Ortega	FECHA:	18/01/2013	
NORMA:	INEN 860			
ENUNCIADO	UNIDAD	M1	M2	
PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL ENSAYO	gr	5000	5000	
PESO MUESTRA DESPUÉS DEL ENSAYO RET. # 12	gr	2985,7	2978,7	
PESO MUESTRA PASA # 12	gr	2014,3	2021,3	
% DESGASTE	%	40,286	40,426	
PROMEDIO	%	40,4		

Fuente: ORTEGA A. “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. Tesis de Grado de la FICM - UTA, pp. 63, Ambato, (2013).

4.1.2 Ensayos Realizados en el Cemento

Tabla # 32: Densidad Real del Cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	Cemento Holcim Rocafuerte			
ENSAYADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	16/06/2014	
DATOS	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	M1	M2
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	152,6	149,8
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO	gr	334,0	304,9
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO + GASOLINA	gr	652,1	629,8
M4 = M3 - M2	MASA GASOLINA AÑADIDA	gr	318,1	324,9
M5	MASA DEL PICNÓMETRO + 500 cm3 GASOLINA	gr	520,0	516,5
M6 = M5 - M1	MASA 500 cm3 GASOLINA	gr	367,4	366,7
DG = M6 / 500	DENSIDAD DE LA GASOLINA	gr/cm3	0,735	0,733
M7 = M6 - M4	MASA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO	gr	49,3	41,8
MC = M2 - M1	MASA DE CEMENTO	gr	181,4	155,1
VG = M7 / DG	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA	cm3	67,09	56,99
DRC = MC/VG	DENSIDAD REAL DEL CEMENTO	gr./cm3	2,704	2,721
P = (DRC1 + DRC2) / 2	DENSIDAD REAL PROMEDIO DEL CEMENTO	gr./cm3	2,713	

4.1.3 Selección de la Fibra de Acero

De acuerdo al código ACI 544 1R-96 la capacidad de adherencia de la fibra con el hormigón depende de la *relación de aspecto* o *esbeltez*, pues a mayor sea esta se consigue mejorar la adherencia de los filamentos a la matriz cementante del concreto. Los valores típicos de esbeltez de las fibras de acero comerciales van de 20 a 100, mientras que la longitud de las fibras está comprendida entre 0.25 y 3 pulgadas (6.4 mm – 76 mm).

Para la selección de las fibras de acero apropiadas para el refuerzo del hormigón es necesario contemplar que “la longitud para estas fibras se recomienda tener un mínimo de 2 veces el tamaño del árido mayor, además el diámetro de la tubería de bombeo exige que la longitud de la fibra sea inferior a 2/3 del diámetro del tubo. Por otro lado también es verdad que la longitud de la fibra debe ser suficiente para dar una adherencia necesaria a la matriz y evitar arrancamientos con demasiada facilidad, por lo que es común usar longitudes de 2,5 a 3 veces el tamaño máximo del árido.”¹⁶

En cuanto a la presentación de la fibra de acero puede clasificarse en:

Fibras de Acero sueltas, son fibras que de fábrica provienen separadas, es decir, que por ningún medio están unidas entre sí formando paquetes, como sucede con las fibras encoladas.

Fibras de Acero encoladas, son fibras que forman pequeños conjuntos denominados peines, integrados por alambres unidos con un pegamento que se disuelve al contacto con el agua. Es preferible la utilización de las fibras encoladas para evitar lo mayormente posible la formación de pelotas de filamentos en la mezcla (erizos).

¹⁶Figueroa, M., *Comparativa de la Tenacidad entre Hormigón convencional, Hormigón reforzado con Fibras de Acero y Hormigón reforzado con Fibras de Polipropileno*, Madrid. 2013

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.2.1 Interpretación de Datos de Ensayos Realizados en Agregados

De acuerdo a los ensayos de laboratorio de los agregados grueso y fino realizados, se verificó que el material pétreo de las canteras tomadas en consideración, se encuentran dentro de los límites establecidos y cumplen con las Normas Técnicas especificadas para cada ensayo, siendo aptos para su empleo en la preparación de hormigón.

Tabla # 33: Interpretación de Resultados de las Diferentes Canteras

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
AGREGADO GRUESO (RIPIO)				
PROPIEDAD MECÁNICA	UNIDAD	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores	Cantera Acosta	Cantera Playa Llagchoa
Tamaño Nominal Máximo	plg.	1"	1 1/2"	1 1/2"
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1,344	1,329	1,395
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1,448	1,487	1,551
Peso Específico	gr/cm ³	2,596	2,513	2,554
Capacidad de Absorción	%	1,23	2,52	3,04
Resistencia al Desgaste - Abrasión	%	41,21	40,01	40,40
AGREGADO FINO (ARENA)				
Módulo de Finura	-	2,49	2,51	2,50
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1,574	1,315	1,306
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1,663	1,504	1,531
Peso Específico	gr/cm ³	2,572	2,507	2,512
Capacidad de Absorción	%	3,46	3,41	0,61
MEZCLA DE LOS AGREGADOS				
Peso Unitario Máximo	gr/cm ³	1,910	1,844	1,801
Peso Unitario Óptimo	gr/cm ³	1,904	1,839	1,799
Porcentaje Óptimo de Ripio	%	53	61	67
Porcentaje Óptimo de Arena	%	47	39	33

4.2.2 Interpretación de Datos de Ensayos Realizados en el Cemento

Una vez finalizado el ensayo respectivo para determinar la densidad real del Cemento Holcim Rocafuerte mediante el método del picnómetro, se puede concluir que cumple con los parámetros necesarios para ser utilizado en el diseño de hormigones.

4.2.3 Interpretación de Datos de Selección de Fibras de Acero

Para determinar la fibra de acero idónea para el refuerzo dentro del hormigón en este proyecto de investigación será importante considerar que la selección de la fibra dependerá del tamaño nominal del agregado grueso y de la relación de aspecto adecuada para ser utilizada en el hormigón fibroreforzado.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De los análisis desarrollados en base a los ensayos realizados a los agregados de las canteras en estudio, y la selección de la fibra de acero adecuada para la fabricación del hormigón, es claro que las propiedades físicas de los agregados y de la fibra demuestran diferencias dependiendo del lugar en donde hayan sido extraídas o del tipo de fibra a ser empleada, lo cual a futuro será motivo de verificación a través de los ensayos que se desarrollarán en la propuesta planteada en el capítulo VI.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De los ensayos realizados a las canteras: Acosta, Playa Llagchoa, y Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores, se determinó que la granulometría tanto del agregado grueso como fino se encuentran dentro de los límites establecidos dados por la norma NTE INEN 872. Otro resultado observado fue que el Tamaño Nominal Máximo del agregado grueso de la Cantera Acota y Cantera Playa Llagchoa fue de 1 1/2”, mientras que el de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores fue de 1”, siendo así el menor TNM de las tres canteras analizadas.
- Determinados los porcentajes óptimos de árido fino y grueso para una mezcla de agregados, se visualizó que la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores tuvo un POA igual a 47% y un POR de 53%, mientras que en la Cantera Acosta el POA fue de 39% y el POR de 61%, finalmente para la Cantera Playa Llagchoa el POA tuvo un valor de 33% y el POR de 67%. Concluyendo de esta manera que la mezcla de arena y ripio óptima con mayor presencia de árido fino recae sobre la cantera 1.
- Una vez analizados los resultados de los diferentes ensayos del material pétreo, se establece que para la investigación se tomaran como referencia los obtenidos de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores, por cuanto la relación agregado grueso – fino es la menor observada y posee el menor Tamaño Nominal Máximo del árido grueso; ambas características indispensables para la fabricación de hormigones reforzados con fibras de acero.

- Para el presente proyecto de investigación se emplearán fibras de acero encoladas y de extremos conformados, con lo que se conseguirá tener una distribución homogénea dentro de la mezcla de hormigón y una adecuada adherencia a la matriz cementicia, además que los filamentos de acero seleccionados contarán con una longitud de 60 mm y un diámetro de 0.90 mm logrando una relación de aspecto apropiada de 66.6, conforme a la selección de la fibra según la capacidad de adherencia de la fibra con el hormigón y el tamaño nominal del árido grueso.
- Se concluye que para la presente investigación se realizarán hormigones cuyas resistencias a compresión esperadas serán de 210 y 240 kg/cm², debido a que son los más comunes en el medio de la construcción local, además estos presentarán asentamientos comprendidos entre 6-9 cm consiguiendo así una consistencia similar al de los principales elementos estructurales.
- El diseño para los hormigones seguirá los parámetros establecidos en el método de la densidad máxima desarrollado por la Universidad Central de Ecuador.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante realizar los ensayos necesarios para determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino y grueso cada 3 a 5 años, pues conforme continúa la explotación en la cantera es probable que las características del material presenten cambios.
- Al momento de diseñar un hormigón en el que se incorporará fibras de acero para reforzarlo, es indispensable realizar los estudios y análisis de las características mecánicas del material pétreo que va a ser empleado en la mezcla, pues estas influyen directamente en las propiedades y el tipo de fibra a ser utilizada.
- Se recomienda tener la suficiente información de las propiedades físicas de la fibra de acero que se quiera emplear como refuerzo para el hormigón, ya que estas influyen directamente en las características del concreto.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN SEGÚN SU COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN, TRACCIÓN Y FLEXIÓN CON AGREGADOS DE LA PLANTA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONSTRUCTORES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Para el desarrollo de este capítulo se elaborarán dosificaciones de hormigón con diferentes porcentajes de fibra utilizando como material pétreo los agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores y fibra de acero encolada con extremos conformados, los mismos que se detallan a continuación:

6.1.1 Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores

En base a las características apropiadas que deben poseer los agregados, aspecto importante para el desarrollo del presente proyecto de investigación, se tomó como referencia a la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores.

La Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores se localiza en el Cantón Ambato y cuyas coordenadas son:

N: 9862116

E: 769358

Z: 2362

Esta planta de Trituración de áridos es una industria especializada en el trabajo con material pétreo, el cual es empleado en la construcción de diversos tipos de obras civiles. La materia prima proviene de su principal fuente de abastecimiento la Cantera Kumochi, El trabajo empieza cuando la materia prima es transportada y apilada en zonas estratégicas dentro de la industria para posteriormente pasarla por el proceso de trituración mecánica y finalmente clasificarla mediante zarandeo.

Esta industria lleva en el mercado de la construcción alrededor de tres años, y se ha convertido en uno de los principales proveedores de material pétreo para la ciudad de Ambato, además posee equipo técnico y personal capacitado para el proceso de trituración de material pétreo.

Gráfico # 3: Ubicación Planta de Trituración de Áridos



Fuente: Google maps (2014)

6.1.2 Fibras de Acero Tipo Encoladas Rectas de Extremos en Gancho

La fibra de acero utilizada en la investigación es la fibra DRAMIX RC-65/60-BN:

Gráfico # 4: Fibras de Acero DRAMIX RC-65/60-BN



Fuente: El Autor

DRAMIX RC-65/60-BN es una fibra de acero trefilado en frío y de extremos conformados, su presentación es de tipo encolado en forma de peine que evita la formación de erizos y garantiza un mezclado homogéneo de las fibras en el hormigón.

Tabla # 34: Propiedades de la Fibra de Acero

FIBRAS DE ACERO DRAMIX RC-65/60-BN	
Material:	Acero trefilado en frío
Forma:	Rectas con extremos en gancho
Presentación:	Encoladas
Densidad:	7,85 gr/cm ³
Longitud:	60 mm
Diámetro:	0,90 mm
Rendimiento:	65
Resistencia a la Tracción:	1160 N/mm ²
Módulo de Young:	210000 N/mm ²
Norma:	ASTM A820

Fuente: Fabricante IdealAlambrec – Bekaert

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Blanco A., “Durabilidad del hormigón con fibras de acero.” tesis de grado de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, (2008). Expresa que “La mayor esbeltez de la fibra favorece la adherencia con el hormigón permitiendo la mejor transmisión de tensiones del acero al hormigón. Esta mejor transmisión de tensiones permite alcanzar la resistencia a tracción del hormigón, favoreciendo la aparición de nuevas fisuras en lugar del desarrollo de las ya existentes.”

Mármol P., “Hormigones con fibras de acero – Características mecánicas.” trabajo Fin de Máster de la Universidad Politécnica de Madrid, (2010). Concluye que “En el ensayo para determinar la resistencia estática a flexión se observó un que debido a la adición de fibras de acero el modo de fallo pasó de una rotura frágil a una rotura dúctil, con un gran aumento en la capacidad de absorción de energía después de la grieta

Los hormigones con fibras de acero, al tener una rotura a flexotracción dúctil, aumenta mucho la tenacidad e igualmente mejorar de manera considerable la resistencia a la fatiga.”

Irias A., “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras” trabajo Fin de Máster de la Universidad Politécnica de Madrid, (2013). Indica que “Aunque las fibras de acero son susceptibles de oxidarse si se encuentran cerca de la superficie de la pieza, la experiencia indica que ello solo puede afectar a la estética, pero no a la resistencia.

Cabe decir que, en contrapartida a las ventajas que produce la adición de fibras en el material endurecido, su inclusión en la masa de hormigón fresco reduce su trabajabilidad, efecto parcialmente reducido por los aditivos químicos. Otros aspectos a los que se les debe prestar una especial atención son: la posible alteración de las fibras durante el mezclado, la orientación final de las mismas, y el acabado de las superficies.”

6.3 JUSTIFICACIÓN

Desde el inicio en que el hormigón fue utilizado como material para la construcción, se han desarrollado varias técnicas para obtener un concreto con mejores características mecánicas, tal es el caso de combinarlo con barras de acero lisas o corrugadas y así se obtuvo hasta lo que hoy en día es conocido como hormigón reforzado.

La innovación ha generado una serie de ideas, base para impulsar nuevos métodos de construcción y la aparición de los denominados hormigones especiales. La incorporación de fibras dispersas en el concreto como refuerzo lo convierte en un material especial, pero que para alcanzar un correcto desempeño es necesario que las fibras sigan los requerimientos y certificaciones de normas que regulen su producción como son el ACI y ASTM.

La presente investigación busca conseguir la información necesaria para conocer el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de acero, al estudiar la influencia sobre sus propiedades mecánicas y al mismo tiempo determinar una cantidad de fibra adecuada con la que el hormigón demuestre mejores características y respuestas sobre sus limitaciones bien conocidas, pero sin perder sus ventajas primordiales como su alta resistencia a soportar esfuerzos de compresión.

Tener un estudio que abarque la incorporación de fibras de acero dentro del hormigón utilizando los agregados pétreos propios de la localidad llevará a conseguir bases experimentales que guíen a los estudiantes y a los profesionales a tener el conocimiento necesario sobre las propiedades del hormigón fibroreforzado.

Finalmente, el desarrollo del proyecto de investigación estará respaldado con las debidas normativas para la fabricación del hormigón reforzado con fibras dadas por el ACI 544 1R, con lo que se conseguirán datos experimentales confiables.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de acero en el hormigón según su comportamiento a compresión, tracción y flexión con agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

6.4.2 Objetivo Específicos

- Estudiar el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de acero utilizando los agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.
- Preparar hormigones de diversas dosificaciones con diferentes concentraciones de fibra de acero para determinar las resistencias características de los hormigones diseñados, tanto para aquellos reforzados con fibras como aquellos sin refuerzo alguno.
- Realizar una comparativa entre el hormigón convencional y el hormigón con el porcentaje óptimo de fibra propuesto para detallar un análisis de la influencia de incorporar fibras de acero en sus propiedades mecánicas.
- Presentar y analizar los resultados conseguidos en el proyecto de investigación para manifestar conclusiones con bases técnicas sobre la adición de fibras de acero en el hormigón.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La investigación que se realiza con los agregados pétreos de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores y la Fibra de Acero Encolada con Extremos en Gancho; tiene como prioridad establecer, en base a ensayos de laboratorio, resistencias características que demuestren el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con distintas concentraciones de fibra y así proponer cantidades óptimas de fibras de acero que consigan los mejores resultados.

Es aplicable el desarrollo de la propuesta pues es importante considerar que en nuestro medio no existen fuentes que demuestren los beneficios que se pueden adquirir al momento de adicionar cantidades adecuadas de fibras de acero en la mezcla del hormigón utilizando agregados de la ciudad de Ambato.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Dosificación del Hormigón según el Método de la Densidad Máxima

En la presente investigación se utilizará el método de la Densidad Máxima desarrollado en la Universidad Central del Ecuador.

Para el diseño de los hormigones mediante el método seleccionado es necesario contar con los siguientes datos:

- Resistencia a Compresión ($f'c$)
- Asentamiento Requerido
- Densidad Real del Cemento (DRC)
- Densidad real de la Arena (DRA)
- Densidad real del Ripio (DRR)
- Porcentaje Óptimo de Arena (POA)
- Porcentaje Óptimo de Ripio (POR)

- Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados (DOMAg)

PROCEDIMIENTO

1. Densidad Real del Agregado (DRAg)

$$DRAg = \frac{DRA * POA}{100} + \frac{DRR * POR}{100}$$

2. Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)

$$\%OV = \frac{DRAg - DOMAg}{DRAg} * 100$$

3. Cantidad de Pasta (CP)

La cantidad de pasta que depende del asentamiento requerido, y se determinará de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla # 35: Cantidad de pasta para distintos asentamientos

ASENTAMIENTO	CANTIDAD DE PASTA (%)
0 - 3	%OV + 2% + 3%(%OV)
3 - 6	%OV + 2% + 6%(%OV)
6 - 9	%OV + 2% + 8%(%OV)
9 - 12	%OV + 2% + 11%(%OV)
12 - 15	%OV + 2% + 13%(%OV)

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito. (2010)

4. Relación Agua / Cemento (W/C)

La relación W / C es determinada conforme a la resistencia a compresión esperada del hormigón a los 28 días, según la siguiente tabla:

Tabla # 36: Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación W/C

RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS (kg/cm2)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
450	0,37
420	0,40
400	0,42
350	0,47
320	0,51
300	0,52
280	0,53
250	0,56
240	0,57
210	0,58
180	0,62
150	0,70

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito. (2010)

5. Cantidad de Cemento (C)

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

6. Cantidad de Agua (W)

$$W = \frac{W}{C} * C$$

7. Cantidad de Arena (A)

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100}$$

8. Cantidad de Ripio (R)

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100}$$

9. Dosificación al peso

Concluido con el procedimiento anteriormente descrito se pueden obtener los factores de material para la dosificación, considerando que los agregados pétreos tienen que estar en condición de saturado superficie seca (SSS)

- Cálculo de los factores de material para un metro cúbico de hormigón.

$$fW, fA, fR = \frac{\text{Cantidad de material de mezclado (W, A, R) por } 1.00 \text{ m}^3}{\text{Masa de Cemento (C)}}$$

- Cálculo de la cantidad de material para un saco de cemento.

$$W, A, R (1 \text{ saco}) = \frac{fW, fA, fR * 50.00 \text{ kg}}{1.00}$$

Una vez determinados las cantidades de material, como siguiente paso es la corrección por humedad de la dosificación pues es probable que los agregados al momento de realizar las mezclas no se encuentren en las condiciones SSS.

10. Corrección a la dosificación

Se determina el contenido de humedad de los agregados un día antes de realizar las mezclas, siguiendo las bases establecidas en la norma NTE INEN 856 – 857.

Una vez obtenidos los porcentajes de humedad del material fino y grueso se procede a realizar las correcciones por humedad de los diseños de mezclas, utilizando las siguientes expresiones:

$$\text{Arena} = \text{Masa (arena)} * \frac{100 + \%humedad (arena)}{100 + \%absorción (arena)}$$

$$\text{Ripio} = \text{Masa (ripio)} * \frac{100 + \%humedad (ripio)}{100 + \%absorción (ripio)}$$

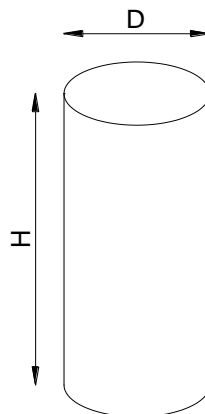
11. Dosificación de Hormigón para Probetas de Muestra

Dosificación para Cilindros (DHC)

$$DHC = \text{Dosificación al peso} * VCH$$

Datos:

Gráfico # 5: Esquema de Cilindro de Hormigón



Fuente: El Autor

- Números de cilindros (# Cilindros)
- Diámetro de Cilindro (D)
- Altura de Cilindro (H)
- Volumen de Cilindros de Hormigón(VCH)

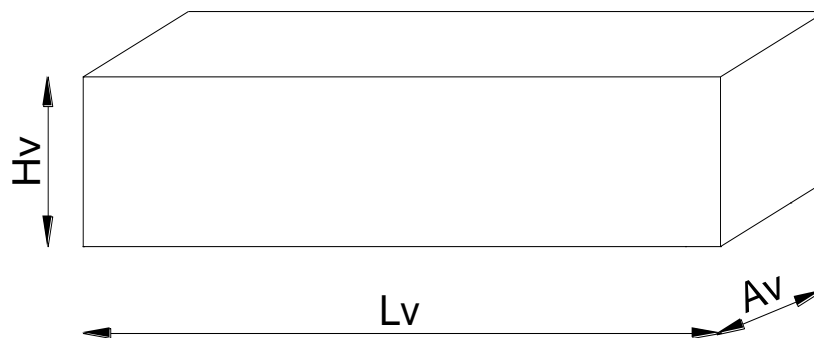
$$VCH = \left(\frac{\pi * D^2}{4} * H \right) * \# \text{ Cilindros}$$

Dosificación para Vigas (DHV)

$$DHV = \text{Dosificación al peso} * VVH$$

Datos:

Gráfico # 6: Esquema de Viga de Hormigón



Fuente: El Autor

- Números de vigas (# Vigas)
- Longitud de viga (L_v)
- Ancho de viga (A_v)
- Altura de viga (H_v)
- Volumen de vigas (VVH)

$$VVH = (L_v * A_v * H_v) * \# \text{ Vigas}$$

6.6.2 Porcentaje de Fibra de Acero en el Hormigón

El porcentaje de fibra de acero representa el contenido de fibras en la mezcla y es expresado generalmente como una fracción del volumen de hormigón.

El American Concrete Institute A.C.I 544-1R¹⁷, mediante su Reporte del Hormigón Reforzado con Fibras, publica que las concentraciones típicas de fibra utilizadas para el Hormigón Reforzado con Fibras de Acero está comprendida entre un 0,25% y el 1,5% del volumen de hormigón, considerando que la adición de fibras de acero reduce la consistencia de la mezcla.

Según las recomendaciones dadas por el fabricante de la fibra de acero “Ideal Alambrec” menciona en la ficha técnica de su producto DRAMIX RC-65/60-BN (ver anexo) que el porcentaje mínimo de la fibra dentro del hormigón sea del 0,2% del volumen, por lo que un valor de 0,25% fue considerado como punto de partida de esta investigación

6.6.2.1 Dosificación de Fibra de Acero para Cilindros

DATOS:

- Diámetro del cilindro (D)
- Altura del cilindro (D)
- Número de cilindros por cada concentración de fibra (# Cilindros)
- Porcentaje de Fibra de Acero en el Hormigón (% Fa)
- Densidad de Fibra de Acero (DFa)
- Densidad del Hormigón (DH)

DESARROLLO

1. Volumen del Cilindro de Hormigón (VCH)

¹⁷ACI 544 1R. Report on Fiber Reinforced Concrete

$$VCH = \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) * H$$

2. Masa del Cilindro de Hormigón(MCH)

$$MCH = VCH * DH$$

3. Masa de Hormigón necesario para muestras cilíndricas (MHC)

$$MHC = MCH * \# \text{ Cilindros}$$

4. Volumen de Hormigón necesario para muestras cilíndricas (VHC)

$$VHC = \frac{MHC}{DH}$$

5. Volumen de la Fibra de Acero en el Hormigón (VF_a)

La cantidad de fibra de acero debe añadirse en función del volumen de hormigón por lo tanto se tiene que:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ ---- } 100\% \\ x \text{ ---- } \% \text{ VF}_a \end{array}$$

$$x = \% \text{ VF}_a$$

6. Masa o concentración de la Fibra de Acero en el Hormigón (MF_a)

$$MF_a = VF_a * DF_a$$

7. Cantidad de Fibra de Acero para muestras cilíndricas(CF_aC)

$$CF_aC = MF_a * VHC$$

6.6.2.2 Dosificación de Fibra de Acero para Vigas

DATOS:

- Longitud de la Viga (L_v)
- Ancho de la Viga (A_v)
- Alto de la Viga (H_v)
- Número de vigas por cada concentración de fibra (# Vigas)
- Porcentaje de Fibra de Acero en el Hormigón (% Fa)
- Densidad de Fibra de Acero (DFa)
- Densidad del Hormigón (DH)

DESARROLLO

1. **Volumen de la Viga de Hormigón(VVH)**

$$VVH = (L_v * A_v) * H_v$$

2. **Masa de la Viga de Hormigón(MVH)**

$$MVH = VVH * DH$$

3. **Masa de Hormigón necesario para muestras de vigas(MHV)**

$$MHV = MVH * \# Vigas$$

4. **Volumen de Hormigón necesario para muestras de vigas(VHV)**

$$VHV = \frac{MHV}{DH}$$

5. **Volumen de la Fibra de Acero en el Hormigón (VF_a)**

La cantidad de fibra de acero debe añadirse en función del volumen de hormigón por lo tanto se tiene que:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ ---- } 100\% \\ x \text{ ---- } \% \text{ VF}_a \end{array}$$

$$x = \% \text{ VF}_a$$

6. Masa o concentración de la Fibra de Acero en el Hormigón (MFa)

$$MFa = VF_a * DF_a$$

7. Cantidad de Fibra de Acero para muestras de vigas(CFaV)

$$CFaV = MFa * VHV$$

6.6.3 Propiedades Mecánicas del Hormigón

Son varias las propiedades y particularidades que presenta el hormigón tanto en estado fresco como en estado endurecido y que lo caracterizan para su buen uso, así como su desempeño.

6.6.3.1 Propiedades del Hormigón en Estado Fresco

a) Docilidad

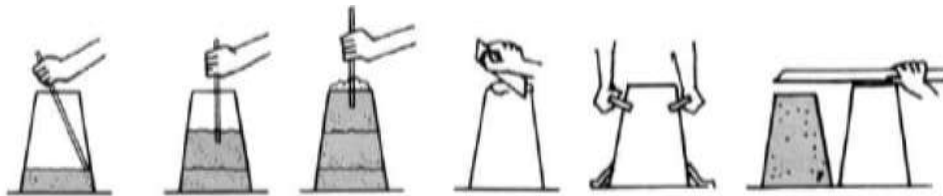
La docilidad o también comúnmente conocida como trabajabilidad es la característica que califica la manipulación o movilidad de la mezcla de hormigón en el proceso de su preparación. Para determinar la docilidad en la presente investigación se realizará el ensayo de asentamiento mediante el cono de Abrams especificado en la norma NTE INEN 1578 – ASTM C143, para un asentamiento de 6 a 9 cm.

b) Consistencia

Para determinar el valor que cuantifique la consistencia del hormigón, la norma NTE INEN 1578¹⁸ que establece los indicadores para el ensayo de asentamiento con el Cono de Abrams, manifiesta que es necesario seguir los siguientes pasos:

- Colocar el cono sobre una bandeja o placa rígida.
- Llenar el cono en tres capas, compactando cada una de ellas con una varilla metálica de 16 mm de punta redonda, dando 25 golpes por capa.
- Enrasar la superficie retirando el exceso de hormigón.
- Sacar el molde con cuidado en dirección vertical. Esta operación debe realizarse en 5 ± 2 segundos sin mover el hormigón en ningún momento.
- El asentamiento se mide como indica el gráfico # 7. Si la superficie del cono es irregular, el asentamiento se determina midiendo la diferencia de altura del molde y la del punto medio de la parte superior de la muestra después del ensayo.

Gráfico # 7: Procedimiento de medición de la consistencia



Fuente: Rodriguez, A. "Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto"

c) Homogeneidad

La Homogeneidad es la característica que demuestra la distribución de los componentes del hormigón dentro de su masa.

La mezcla de un buen hormigón debe ser homogénea, para lo cual el proceso de mezclado tiene que ser lo mejor posible, asegurando un correcto amasado.

¹⁸NTE INEN 1578. Determinación del Asentamiento.

La homogeneidad puede ser afectada en el caso de hormigones reforzados con fibras, debido a las siguientes causas¹⁹:

- 1. Segregación de los componentes:** el riesgo de segregación aumenta si se incrementa el tamaño máximo de árido, se adopta una granulometría discontinua o se dispone un volumen insuficiente de pasta de cemento.
- 2. Formación de bolas o erizos:** se produce por una concentración local de fibras entrecruzadas o enmarañadas.
- 3. Exudación:** esta se produce cuando el volumen de agua empleada en el amasado es superior que la cantidad de cemento y los áridos.

Para que las fibras de acero consigan dispersarse uniformemente dentro de la masa de hormigón se seguirán las recomendaciones dadas por el código ACI 544 3R²⁰ descritas en su primer método de mezclado para un hormigón reforzado con fibras, el cual sugiere incorporar las fibras dentro del mezclador al final, una vez que se hayan amasado adecuadamente los componentes básicos del concreto.

El código también recomienda que el tambor deba girar lo suficientemente rápido para llevar las fibras lejos del punto de concentración en el momento de la incorporación de las mismas. Una vez que el total de fibras hayan sido introducidas en el mezclador, el equipo debe ser regulado para alcanzar una velocidad nominal de mezclado y conseguir que el compuesto sea amasado por un mínimo de 40 revoluciones.

a) Densidad del Hormigón Fresco

“La norma NTE INEN 1579 establece el método de ensayo para determinar la densidad del hormigón recién mezclado. El mismo que indica que una vez determinada la masa del hormigón compactada dentro de un recipiente, se

¹⁹Beltrán, A. “Ensayos en el Hormigón”. 2008

²⁰ACI 544 3R. *Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber – Reinforced Concrete*

relaciona para el volumen del mismo obteniéndose de esta forma la densidad del hormigón, utilizando la siguiente fórmula.”²¹

$$D_{HF} = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Dónde:

D_{HF} = Densidad del hormigón fresco, (kg/m³)

M_c = Masa del recipiente de medición lleno con hormigón, (kg)

M_m = Masa del recipiente de medición, (kg)

V_m = Volumen del recipiente de medición, (m³)

6.6.3.2 Propiedades del Hormigón en Estado Endurecido

a) Resistencia a la Compresión del Hormigón

La resistencia a la compresión (f'_c) es considerada como la propiedad mecánica más relevante que desarrolla el hormigón endurecido y se determina, según la norma NTE INEN 1573²², aplicando una carga axial de compresión a cilindros moldeados a una velocidad establecida hasta que ocurra la falla total o parcial del espécimen (ver gráfico # 8). Una vez concluido con el ensayo se procede a aplicar la siguiente expresión para conseguir así la resistencia característica:

$$f'_c = \frac{P_{m\acute{a}x}}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

.Dónde:

$P_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima registrada en el ensayo

D = Diámetro de la sección transversal del espécimen

f'_c = Resistencia a la compresión del Hormigón

²¹NTE INEN 1579 Hormigón de cemento Hidráulico. Determinación de la densidad.

²²NTE INEN 1573. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros.

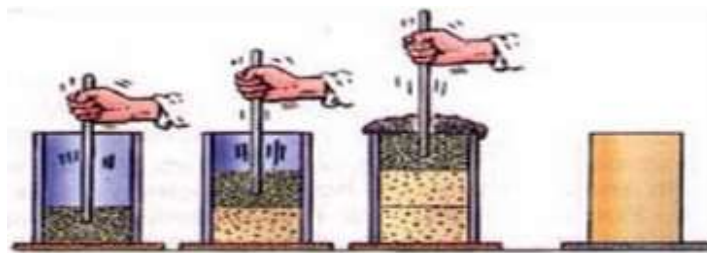
Gráfico # 8: Compresión de Cilindros de Hormigón.



Fuente:El Autor

Las probetas cilíndricas que se utilizarán para el ensayo deberán cumplir con una Altura (H) de 300mm y un Diámetro (D) de 150mm que según la norma NTE INEN 1576²³, para la toma de muestras es necesario contar con moldes metálicos, que no permitan el desalojo del hormigón ni la pérdida de agua, los mismos que deben ser llenados en tres capas, cada capa compactada con una varilla de punta redondeada con una longitud de 400 a 600 mm y diámetro de 16 mm, con un número de 25 golpes, además se deberá golpear de 10 a 15 veces a los lados del molde cilíndrico por cada capa, con un martillo de goma, estos golpes tienen como único propósito cerrar cualquier agujero dejado por la varilla y eliminar cualquier burbuja grande de aire que hubiere sido atrapada.

Gráfico # 9: Toma de muestras cilíndricas de hormigón



Fuente:<http://slgarro.blog.com/2012/02/15/probetas-cilindricas-de-hormigon/>

²³NTE INEN 1576. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.

Una vez transcurrido 24 horas de haber tomado las muestras, como siguiente paso es el desmolde y posteriormente a ello acondicionar el cilindro para su mantenimiento (curado del concreto según la norma NTE INEN 2528²⁴).

b) Resistencia a la Tracción Indirecta o Tracción por Compresión

“Se moldea la probeta de acuerdo a la norma NTE INEN 1576²⁵, y consiste en someter al cilindro de hormigón a compresión diametral. Una de las caras de la muestra permanece apoyada mientras que la diametralmente opuesta recibe la carga del ensayo. Esta aplicación de carga produce una distribución de tensiones transversales a lo largo del eje terminando con la rotura por tracción de la muestra.

A fin de distribuir uniformemente la carga, se interponen entre el cilindro de hormigón y las placas superior e inferior de apoyo de la máquina de ensayo, pequeños listones de cartón o de madera libres de imperfecciones, de 4 mm de espesor, 25 mm de ancho aproximadamente y la longitud igual o ligeramente mayor que la del cilindro. Los listones deben utilizarse una sola vez. Se coloca un listón de apoyo a lo largo del centro de la placa inferior, a continuación se sitúa el cilindro sobre el listón de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté concentrado sobre la lámina de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior.

El ensayo se realiza con carga continua y sin impacto a velocidad constante y se termina cuando alcanza la carga máxima y se rompe el cilindro, con la que se calcula la tensión máxima de tracción mediante la siguiente expresión:²⁶

$$f'_t = \frac{2 * P}{\pi * D * L}$$

²⁴ NTE INEN 2528. Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón.

²⁵ NTE INEN 1576. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.

²⁶ Norma ASTM 496 – 96. Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto

Dónde:

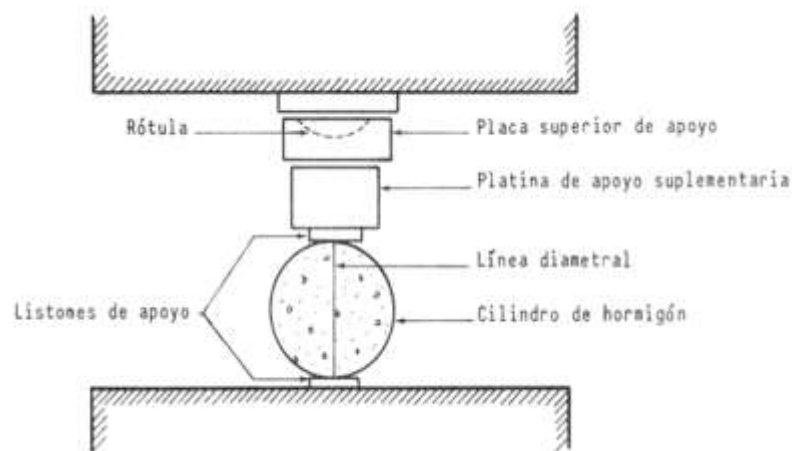
$f't$ = Resistencia de tracción indirecta

P = Carga máxima indicada por la máquina de ensayo

D = Diámetro de cilindro

L = Longitud de cilindro

Gráfico # 10: Esquema para ensayo de Tracción Indirecta.



Fuente: Norma ASTM - 496

c) Densidad del Hormigón Endurecido

La densidad del hormigón endurecido se define como el peso por unidad de volumen, para realizar este ensayo el cilindro debe estar en condición de saturado superficie seca (sss), y se calcula mediante la siguiente expresión:²⁷

$$D_{HE} = \frac{m_c}{v_c}$$

Dónde:

D_{HE} = Densidad del hormigón endurecido, (kg/m³)

m_c = Masa del cilindro del hormigón en condición sss, (kg)

v_c = Volumen del cilindro de hormigón, (m³)

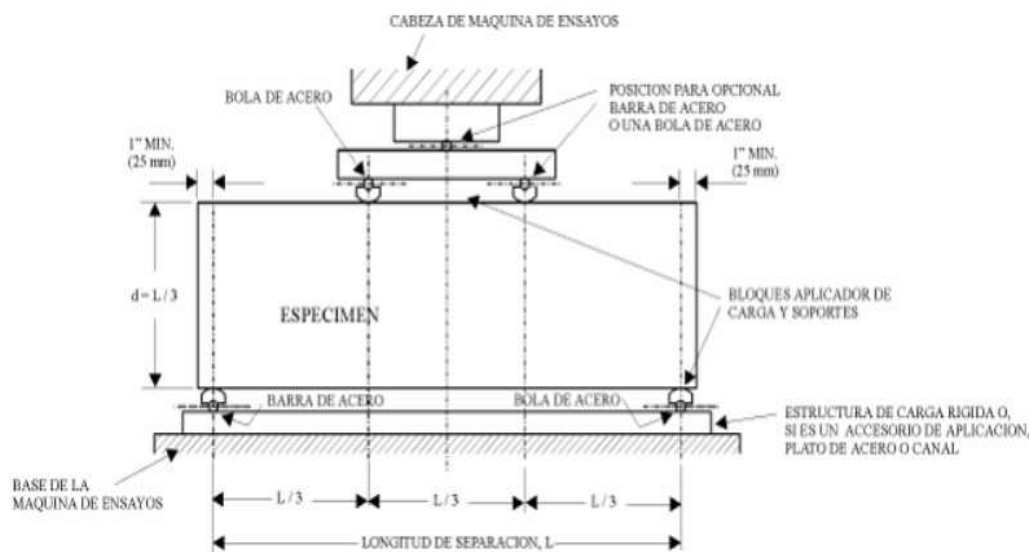
²⁷ NTE INEN 1573. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos.

d) Resistencia a la Flexión del Hormigón con Cargas en los Tercios de la Luz

“Las muestras prismáticas que se utilizarán para el ensayo tendrán una sección transversal de 150 mm por 150 mm y una longitud de al menos 530 mm. Los lados del espécimen deben formar ángulo recto con la parte superior e inferior, además todas las superficies deben ser lisas y libres de concavidades, agujeros o marcas de identificación inscritas según la ASTM C42.

El ensayo a flexión de vigas se debe realizar tan pronto como los especímenes sean retirados del almacenamiento húmedo, pues el secado de las superficies del espécimen puede producir una reducción en la medida del esfuerzo de flexión.”²⁸

Gráfico # 11: Esquema para determinar la resistencia a flexión del concreto con aplicación de carga en los tercios de la luz.



Fuente: Norma ASTM – C 78

Procedimiento

“Girar el espécimen a ensayar sobre uno de sus lados con respecto a su posición como fue moldeado y centrado en los bloques de soporte. Posteriormente coloque

²⁸ ASTM C42. Obtención y Ensayo de Núcleos Taladrados y Vigas Aserradas de Concreto

los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en el tercio medio y aplique una carga entre 3 y 6% de la carga última estimada.

Si no se obtiene un contacto completo entre la probeta y el bloque de aplicación de carga, es necesario pulir las superficies o rellenarlas con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0.1 mm (0.004"). El pulido de las superficies debe ser mínimo de tal manera que no cambien las características físicas de la probeta.

Si la fractura inicia en la superficie de tensión, dentro del tercio medio de la longitud entre apoyos, la resistencia a flexión se determina con el módulo de ruptura y se calcula con la siguiente expresión:

$$Mr = \frac{P * L}{b * h^2}$$

Dónde:

Mr = Módulo de Ruptura (kg/cm²)

P = Carga Máxima aplicada (kg)

L = Longitud entre apoyos (cm)

b = Ancho promedio del espécimen (cm)

h = Altura promedio del espécimen (cm)

Si la fractura ocurre en la sección de tensión fuera del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos por no más de 5%, calcular el módulo de ruptura como sigue:²⁹

$$Mr = \frac{3 * P * a}{b * h^2}$$

²⁹ ASTM C78. Resistencia a la flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz)

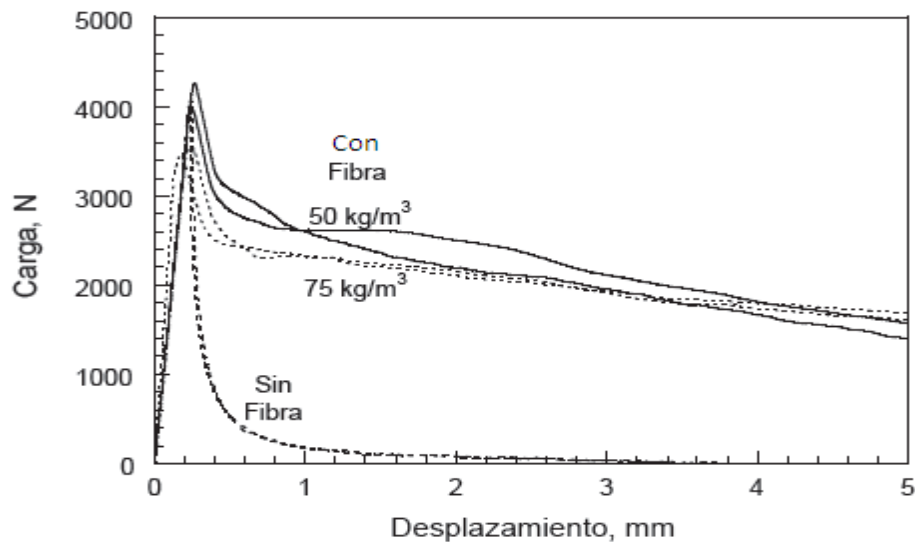
Donde

a = distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medido en la superficie de tensión de la viga (cm)

Determinación de la Deflexión en Vigas de Hormigón

“Existe un gran número de normas que establecen las condiciones de ensayo y parámetros para evaluar y cuantificar el efecto de la incorporación de fibras en el hormigón, debido a que su resistencia al adicionar fibras no disminuye bruscamente a partir del inicio de la fisuración, conduciendo a una disipación progresiva de la energía durante el proceso de rotura. La tenacidad del material se puede definir como el parámetro que cuantifica esta capacidad de absorción de energía. Si bien la tenacidad como tal, no es usual que se utilice directamente como parámetro de cálculo, su caracterización es fundamental para representar el efecto de la incorporación de fibras en el hormigón.”³⁰

Gráfico # 12: Curvas carga- desplazamiento.



Fuente: Godoy, M. *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de acero*

³⁰ CARMONA, S. *Control de la tenacidad de los hormigones reforzados con fibras*

El Gráfico # 12 representa el comportamiento particular del hormigón a cargas de flexotracción, en donde se observa el resultado que se puede lograr con la presencia de diversas concentraciones de fibras, reflejado por las curvas carga – deflexión.

En la presente investigación para analizar el efecto de la adición de fibras de acero dentro del hormigón se empleará el ensayo de flexión con aplicación de carga a los tercios de la luz descrita por la norma ASTM C- 78, y las curvas Carga – Deflexión se obtendrán, a partir de dos transductores de desplazamiento vertical en el centro de la viga, por el marco de flexión enlazado al marco de control del Sistema de Compresión Automática. Con lo que se conseguirán datos que medirán la deflexión vertical, consecuencia de la aplicación de la carga a cada espécimen prismático.

Procedimiento

De acuerdo a las recomendaciones de la norma ASTM C-78 como primer paso es preparar el espécimen a lo establecido, al mismo tiempo que se debe marcar los puntos que soportarán carga en las caras de la viga, a continuación colocar todos los accesorios necesarios (ver gráfico # 13).

Gráfico # 13: Colocación de accesorios para ensayo a flexión.



Fuente:El Autor.

Posteriormente ubicar dos transductores de desplazamiento vertical en las caras laterales del centro de la viga. Encender el marco de control del Sistema de Compresión Automática para calibrar debidamente cada transductor, a continuación se ingresan los datos de entrada necesarios para el ensayo a flexión.

Es importante considerar colocar debajo de la viga tabloncillos que ayuden a amortiguar la posible caída de la viga juntamente con los transductores y accesorios utilizados, con el objeto de evitar cualquier daño en los equipos del laboratorio. Concluido el ensayo inmediatamente dentro del computador del marco de control se genera un archivo del último ensayo realizado, el cual debe ser guardado para obtener una base de datos para su posterior análisis.

Gráfico # 14: Colocación de transductores de desplazamiento



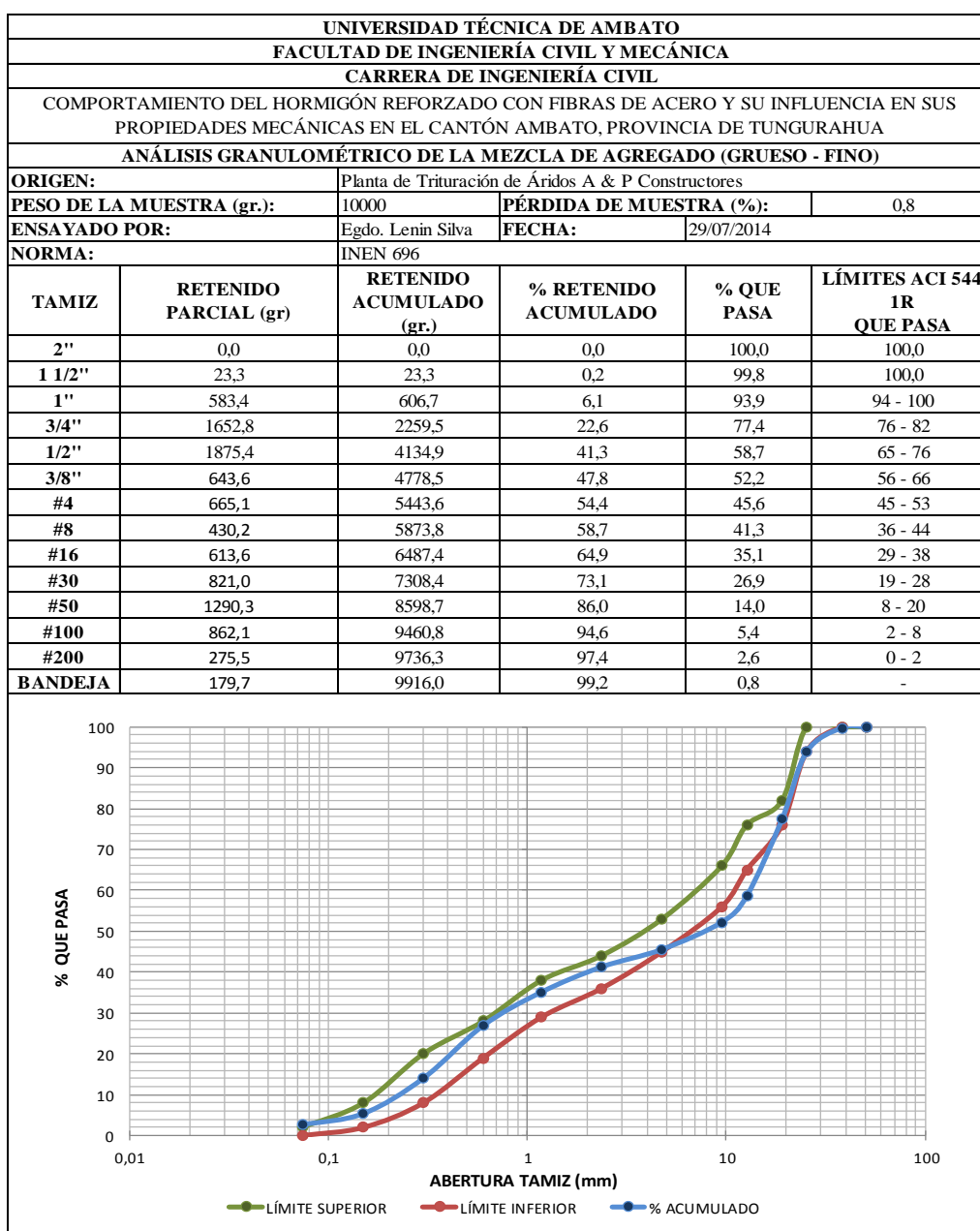
Fuente:El Autor.

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 Dosificación de Hormigón para Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores

6.7.1.1 Granulometría de la Mezcla de Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores

Tabla # 37: Granulometría de la Mezcla de Agregados Grueso – fino (Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores)



Como bien fue mencionado dentro del Capítulo II, la incorporación de fibras de acero al hormigón convencional sugiere que la mezcla de agregados presente una graduación adecuada que minimice el efecto de la aparición de bolas de material fresco o erizos y se mantenga una apropiada trabajabilidad en el proceso de amasado del concreto. La tabla # 1 indica los límites que se puede manejar en un análisis granulométrico de los agregados que servirán para la fabricación de hormigones reforzados con fibra de acero, según ha sido recomendado por el American Concrete Institute A.C.I 544-1R³¹ .

Una vez determinadas la dosificaciones de material para hormigones de $f'c = 210$ kg/cm² y $f'c = 240$ kg/cm² y conociendo los porcentajes de áridos, que serán los mismos para ambas resistencias requeridas; la tabla # 37 demuestra que la graduación de la mezcla de agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores es muy conveniente para la preparación de hormigones reforzados con fibra de acero pues se encuentra dentro de los límites establecidos.

³¹ ACI 544 1R. *Report on Fiber Reinforced Concrete*

6.7.1.2 Dosificación para Hormigón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

Tabla # 38: Dosificaciones para Hormigón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	DATOS DE TABLAS	
FECHA:	24/07/2014	w / c	0,58
DATOS DE ENSAYO		CP en %	%POV +2% + 8%POV
f _c	210 kg/cm ²	CÁLCULOS	
Asentamiento	6 cm	DRAg	2,585 kg/dm ³
DRC	2,713 gr/cm ³	POV	26,336%
DRA	2,572 gr/cm ³	CP	304,432 dm ³
DRR	2,596 gr/cm ³	C	320,929 kg
POA	47%	W	186,139 lts
POR	53%	A	840,830 kg
DOMAg	1,904 gr/cm ³	R	957,018 kg
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	CANTIDAD EN (KG) POR CADA M3 DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (kg) POR SACO DE CEMENTO DE 50kg.
W	186,139	0,58	29,00
C	320,929	1,00	50,00
A	840,830	2,62	131,00
R	957,018	2,98	149,10
TOTAL	2304,916	kg./m ³ Densidad del Hormigón	
NOMENCLATURA			
DRC	Densidad Real del Cemento	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos
DRA	Densidad Real de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DRR	Densidad Real del Ripio	C	Cantidad de Cemento
POA	Porcentaje Óptimo Arena	W	Cantidad de Agua
POR	Porcentaje Óptimo Ripio	A	Cantidad de Arena
DOMAg	Densidad Óptima de la mezcla	R	Cantidad de Ripio
w / c	Relación Agua/Cemento	C.A.	Capacidad de Absorción
CP en %	Porcentaje de Cantidad de Pasta	C.H.	Contenido de Humedad 24 h. antes
DRAg	Densidad Real de la mezcla		

Tabla # 39: Dosificaciones para Hormigón de $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ con Agregados de la Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	DATOS DE TABLAS	
FECHA:	24/07/2014	w / c	0,57
DATOS DE ENSAYO		CP en %	%POV +2% + 8%POV
f _c	240 kg/cm ²	CÁLCULOS	
Asentamiento	6 cm	DRAg	2,585 kg/dm ³
DRC	2,713 gr/cm ³	POV	26,336 %
DRA	2,572 gr/cm ³	CP	304,432 dm ³
DRR	2,596 gr/cm ³	C	324,349 kg
POA	47 %	W	184,879 lts
POR	53 %	A	840,830 kg
DOMAg	1,904 gr/cm ³	R	957,018 kg
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	CANTIDAD EN (KG) POR CADA M3 DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (kg) POR SACO DE CEMENTO DE 50kg.
W	184,879	0,57	28,50
C	324,349	1,00	50,00
A	840,830	2,59	129,62
R	957,018	2,95	147,53
TOTAL	2307,075	kg./m ³ Densidad del Hormigón	
NOMENCLATURA			
DRC	Densidad Real del Cemento	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos
DRA	Densidad Real de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DRR	Densidad Real del Ripio	C	Cantidad de Cemento
POA	Porcentaje Óptimo Arena	W	Cantidad de Agua
POR	Porcentaje Óptimo Ripio	A	Cantidad de Arena
DOMAg	Densidad Óptima de la mezcla	R	Cantidad de Ripio
w / c	Relación Agua/Cemento	C.A.	Capacidad de Absorción
CP en %	Porcentaje de Cantidad de Pasta	C.H.	Contenido de Humedad 24 h. antes
DRAg	Densidad Real de la mezcla		

6.7.2 Dosificación de la Fibra de Acero Tipo Encoladas Rectas de Extremos en Gancho

Para el estudio del presente proyecto se tomarán seis muestras cilíndricas y una muestra de viga para cada dosificación de hormigón, las cuales estarán conformadas por diferentes concentraciones de fibra:

- 1^{ra} concentración: 0.25%
- 2^{da} concentración: 0.50%
- 3^{era} concentración: 1.00%
- 4^{ta} concentración: 1.50%

Además se prepararán seis muestras cilíndricas y una muestra de viga de hormigón convencional como referencia (sin fibra) con la intención de realizar comparaciones con el hormigón reforzado con fibras.

6.7.2.1 Dosificación de Fibra de Acero en Cilindros

Tabla # 40: Dosificación para 0,25% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón $f^c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,25 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f^c=210\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2304,92
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,22
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,25
VF _a	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0025
Mf _a	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	19,63
CF _a C	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	0,62

Tabla # 41: Dosificación para 0,50% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,50 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2304,92
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,22
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0050
Mfa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	39,25
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	1,25

Tabla # 42: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,00 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2304,92
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,22
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,00
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0100
Mfa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	78,50
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	2,50

Tabla # 43: Dosificación para 1,50% de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f^c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,50 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2304,92
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,22
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,50
VF _a	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0150
Mf _a	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	117,75
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	3,75

Tabla # 44: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f^c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,25 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f^c=240 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2307,08
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,23
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,38
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,25
VF _a	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0025
Mf _a	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	19,63
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	0,62

Tabla # 45: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,50 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2307,08
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,23
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,38
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0050
Mfa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	39,25
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	1,25

Tabla # 46: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,00 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2307,08
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,23
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,38
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,00
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0100
Mfa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	78,50
CFaC	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	2,50

Tabla # 47: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en cilindros de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,50 % DE FIBRA DE ACERO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0,15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0,30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m ²	0,02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m ³	0,01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m ³	2307,08
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12,23
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	73,38
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m ³	0,032
Dfa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
%Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,50
VF _a	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0150
Mf _a	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	117,75
CF _a C	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA CILINDROS	kg	3,75

6.7.2.2 Dosificación de Fibra de Acero en Vigas

Tabla # 48: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,25 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
L _v	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
A _v	ANCHO DE VIGA	M	0,15
H _v	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M ²	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M ³	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m ³	2304,92
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,90
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,90
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m ³	0,017
DF _a	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm ³	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,25
VF _a	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m ³	0,0025
MF _a	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m ³	19,63
CF _a V	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	0,33

Tabla # 49: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,50 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2304,92
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,90
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,90
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0050
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	39,25
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	0,66

Tabla # 50: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,00 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2304,92
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,90
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,90
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,00
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0100
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	78,50
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	1,32

Tabla # 51: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,50 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=210\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2304,92
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,90
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,90
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0150
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	117,75
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	1,99

Tabla # 52: Dosificación para 0,25 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,25 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=240\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2307,08
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,93
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,93
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,25
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0025
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	19,63
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	0,33

Tabla # 53: Dosificación para 0,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 0,50 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=240\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2307,08
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,93
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,93
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	0,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0050
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	39,25
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	0,66

Tabla # 54: Dosificación para 1,00 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,00 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=240\text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2307,08
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,93
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,93
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,00
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0100
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	78,50
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	1,32

Tabla # 55: Dosificación para 1,50 % de Fibra de Acero en Vigas de hormigón
 $f'c = 240\text{kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
DOSIFICACIÓN PARA 1,50 % DE FIBRA DE ACERO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva	FECHA:	24/07/2014
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Vigas	NÚMERO DE VIGAS	u	1
Lv	LONGITUD DE VIGA	M	0,75
Av	ANCHO DE VIGA	M	0,15
Hv	ALTURA DE VIGA	M	0,15
Area V	AREA DE VIGA	M2	0,023
VV	VOLUMEN DE VIGA	M3	0,0169
DH	DENSIDAD DEL HORMIGÓN	kg/m3	2307,08
MVH	MASA DE CADA VIGA DE HORMIGÓN	kg	38,93
MHV	MASA DE HORMIGÓN PARA VIGAS	kg	38,93
VHV	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS	m3	0,017
DFa	DENSIDAD DE LA FIBRA DE ACERO	gr/cm3	7,85
% Fa	% FIBRA DE ACERO EN EL HORMIGÓN	%	1,50
VFa	VOLUMEN DE FIBRA DE ACERO	m3	0,0150
MFa	MASA DE FIBRA DE ACERO EN HORMIGÓN	kg cada m3	117,75
CFaV	CANTIDAD DE FIBRA DE ACERO PARA VIGAS	kg	1,99

6.7.3 Corrección por Humedad para cada Dosificación de Hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Tabla # 56: Corrección a la dosificación para Hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^3$ Y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^3$									
ORIGEN:			Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores						
REALIZADO POR:			Egdo. Lenin Silva		FECHA: 07/08/2014				
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN									
VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS							0,032	m ³	
VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS							0,017	m ³	
VOLUMEN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN							0,049	m ³	
CANTIDAD DE CEMENTO PARA 1 M ³ DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$							320,93	kg	
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$							15,73	kg	
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^3$									
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	PESO	C.A. (%)	C.H. (%)	CORRECCIÓN (%)		CANTIDADES (kg)	DOSIFICACIÓN	
W	0,58	9,12					0,89	10,01	0,64
C	1,00	15,73					-	15,73	1,00
A	2,62	41,20	3,46	2,02	1,44	0,57	40,63	2,58	
R	2,98	46,89	1,23	0,54	0,69	0,32	46,57	2,96	
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN									
VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS							0,032	m ³	
VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA VIGAS							0,017	m ³	
VOLUMEN DE HORMIGÓN DE $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN							0,049	m ³	
CANTIDAD DE CEMENTO PARA 1 M ³ DE HORMIGÓN DE $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$							324,349	kg	
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$							15,89	kg	
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN DE $f'c = 240 \text{ kg/cm}^3$									
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	PESO	C.A. (%)	C.H. (%)	CORRECCIÓN (%)		CANTIDADES (kg)	DOSIFICACIÓN	
W	0,57	9,06					0,89	9,95	0,63
C	1,00	15,89					-	15,89	1,00
A	2,59	41,20	3,46	2,02	1,44	0,57	40,63	2,56	
R	2,95	46,89	1,23	0,54	0,69	0,32	46,57	2,93	
NOMENCLATURA									
C.A.	Capacidad de Absorción				W	Agua			
C.H.	Contenido de Humedad con muestras de 24 h. antes				A	Arena			
C	Cemento				R	Ripio			

6.7.4 Determinación del % Óptimo de Fibra de Acero en el Hormigón según su comportamiento a compresión, flexión y tracción.

Para establecer el porcentaje óptimo de fibra de acero que debe añadirse al hormigón, de las muestras tomadas para cilindros y vigas, se analizarán sus propiedades en estado fresco y su comportamiento observado de los ensayos de compresión, tracción y flexión en estado endurecido, lo que ayudará a identificar la influencia de la incorporación de diversas concentraciones de fibra dentro del hormigón, asimismo se establecerá una cantidad óptima de fibra que contribuya con mejores respuestas y características.

6.7.4.1 Determinación de Propiedades del Hormigón Fresco

Tabla # 57: Propiedades del Hormigón Fresco en Cilindros de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA													
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$													
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores						NORMA	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579					
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva						ALTURA DE CILINDRO (M):						0,3
PROBETA N°	% DE FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO (CM)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACÍO (KG)	PESO CILINDRO (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA (KG/M3)	
1	0,00	07/08/2014	15,24	24	11,6	12,4	0,005	BUENA	9,0	BUENA	2265,90	2282,74	
2			15,24	24,3	11,7	12,6	0,005				2302,45		
3			15,24	24,1	11,5	12,6	0,005				2302,45		
4			15,26	24,1	11,5	12,6	0,005				2296,41		
5			15,28	24	11,6	12,4	0,006				2254,05		
6			15,27	24,1	11,6	12,5	0,005				2275,21		
7	0,25	07/08/2014	15,22	24,3	11,8	12,5	0,005	BUENA	8,0	BUENA	2290,18	2303,95	
8			15,19	24,3	11,7	12,6	0,005				2317,63		
9			15,19	24,2	11,7	12,5	0,005				2299,23		
10			15,24	24,3	11,5	12,8	0,005				2338,99		
11			15,24	24,2	11,6	12,6	0,005				2302,45		
12			15,27	24,2	11,7	12,5	0,005				2275,21		
13	0,50	07/08/2014	15,27	24,3	11,6	12,7	0,005	MEDIA	6,5	BUENA	2311,61	2306,43	
14			15,27	24,3	11,7	12,6	0,005				2293,41		
15			15,18	24,3	11,8	12,5	0,005				2302,27		
16			15,22	24,2	11,6	12,6	0,005				2308,50		
17			15,17	24,1	11,7	12,4	0,005				2286,86		
18			15,25	24,2	11,4	12,8	0,005				2335,93		
19	1,00	07/08/2014	15,27	24,4	11,9	12,5	0,005	MEDIA	6,5	BUENA	2275,21	2297,41	
20			15,25	24,2	11,7	12,5	0,005				2281,18		
21			15,21	24,2	11,5	12,7	0,005				2329,88		
22			15,25	24,2	11,6	12,6	0,005				2299,43		
23			15,24	24,3	11,8	12,5	0,005				2284,17		
24			15,20	24,3	11,7	12,6	0,005				2314,58		
25	1,50	07/08/2014	15,20	24,3	11,6	12,7	0,005	MALA	5,0	BUENA	2332,95	2317,71	
26			15,24	24,5	11,8	12,7	0,005				2320,72		
27			15,27	24,4	11,7	12,7	0,005				2311,61		
28			15,27	24,6	11,9	12,7	0,005				2311,61		
29			15,26	24,4	11,8	12,6	0,005				2296,41		
30			15,20	24,5	11,8	12,7	0,005				2332,95		

Tabla # 58: Propiedades del Hormigón Fresco en Cilindros de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA															
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$															
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579						
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva							ALTURA DE CILINDRO (M):							0,3
PROBETA N°	% DE FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO (CM)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (KG)	PESO CILINDRO (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA (KG/M3)			
1	0,00	08/08/2014	15,29	24,1	11,6	12,5	0,006	BUENA	8,0	BUENA	2269,26	2287,81			
2			15,20	24,2	11,6	12,6	0,005				2314,58				
3			15,27	23,9	11,4	12,5	0,005				2275,21				
4			15,27	24	11,5	12,5	0,005				2275,21				
5			15,20	24	11,5	12,5	0,005				2296,21				
6			15,26	24,2	11,6	12,6	0,005				2296,41				
7	0,25	08/08/2014	15,29	24,3	11,7	12,6	0,006	BUENA	7,5	BUENA	2287,41	2296,40			
8			15,23	24,2	11,6	12,6	0,005				2305,47				
9			15,25	24,2	11,8	12,4	0,005				2262,93				
10			15,26	24,3	11,5	12,8	0,005				2332,87				
11			15,21	24,1	11,5	12,6	0,005				2311,54				
12			15,26	24,2	11,7	12,5	0,005				2278,19				
13	0,50	08/08/2014	15,25	24,3	11,7	12,6	0,005	MEDIA	6,5	BUENA	2299,43	2297,94			
14			15,27	24,4	11,8	12,6	0,005				2293,41				
15			15,28	24,2	11,8	12,4	0,006				2254,05				
16			15,23	24,3	11,7	12,6	0,005				2305,47				
17			15,23	24	11,4	12,6	0,005				2305,47				
18			15,27	24,2	11,4	12,8	0,005				2329,81				
19	1,00	08/08/2014	15,17	24,2	11,9	12,3	0,005	MEDIA	6,0	BUENA	2268,42	2288,68			
20			15,26	24,3	11,8	12,5	0,005				2278,19				
21			15,25	24,2	11,8	12,4	0,005				2262,93				
22			15,22	24,3	11,7	12,6	0,005				2308,50				
23			15,19	24,3	11,7	12,6	0,005				2317,63				
24			15,26	24,4	11,8	12,6	0,005				2296,41				
25	1,50	08/08/2014	15,24	24,4	11,7	12,7	0,005	MALA	4,5	BUENA	2320,72	2328,97			
26			15,25	24,5	11,8	12,7	0,005				2317,68				
27			15,12	24,5	11,7	12,8	0,005				2376,27				
28			15,27	24,6	11,9	12,7	0,005				2311,61				
29			15,24	24,5	11,8	12,7	0,005				2320,72				
30			15,22	24,6	11,9	12,7	0,005				2326,82				

Tabla # 59: Propiedades del Hormigón Fresco en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores					NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579			ANCHO DE LA VIGA (M):	0,15	
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva					ALTURA DE:	0,15			LONGITUD DE VIGA (M):	0,75	
PROBETA N°	% DE FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (KG)	PESO DE VIGA (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA (KG/M3)	
1	0,00	07/08/2014	46,3	7,9	38,4	0,017	BUENA	8,5	BUENA	2275,56	2296,89	
2	0,25		46,6	8,1	38,5	0,017	BUENA	7,5	BUENA	2281,48		
3	0,50		46,5	7,7	38,8	0,017	MEDIA	6,5	BUENA	2299,26		
4	1,00		46,9	8,0	38,9	0,017	MEDIA	6,0	BUENA	2305,19		
5	1,50		47,3	8,1	39,2	0,017	MALA	4,5	BUENA	2322,96		

Tabla # 60: Propiedades del Hormigón Fresco en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores					NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579			ANCHO DE LA VIGA (M):	0,15	
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva					ALTURA DE:	0,15			LONGITUD DE VIGA (M):	0,75	
PROBETA N°	% DE FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (KG)	PESO DE VIGA (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA (KG/M3)	
1	0,00	08/08/2014	46,5	7,9	38,6	0,017	BUENA	8,5	BUENA	2287,41	2300,44	
2	0,25		46,8	8,1	38,7	0,017	BUENA	7,0	BUENA	2293,33		
3	0,50		46,6	8,0	38,6	0,017	MEDIA	6,5	BUENA	2287,41		
4	1,00		47,0	8,1	38,9	0,017	MEDIA	6,0	BUENA	2305,19		
5	1,50		47,4	8,1	39,3	0,017	MALA	4,0	BUENA	2328,89		

6.7.4.2 Comportamiento de Hormigón a Compresión, Tracción y Flexión.

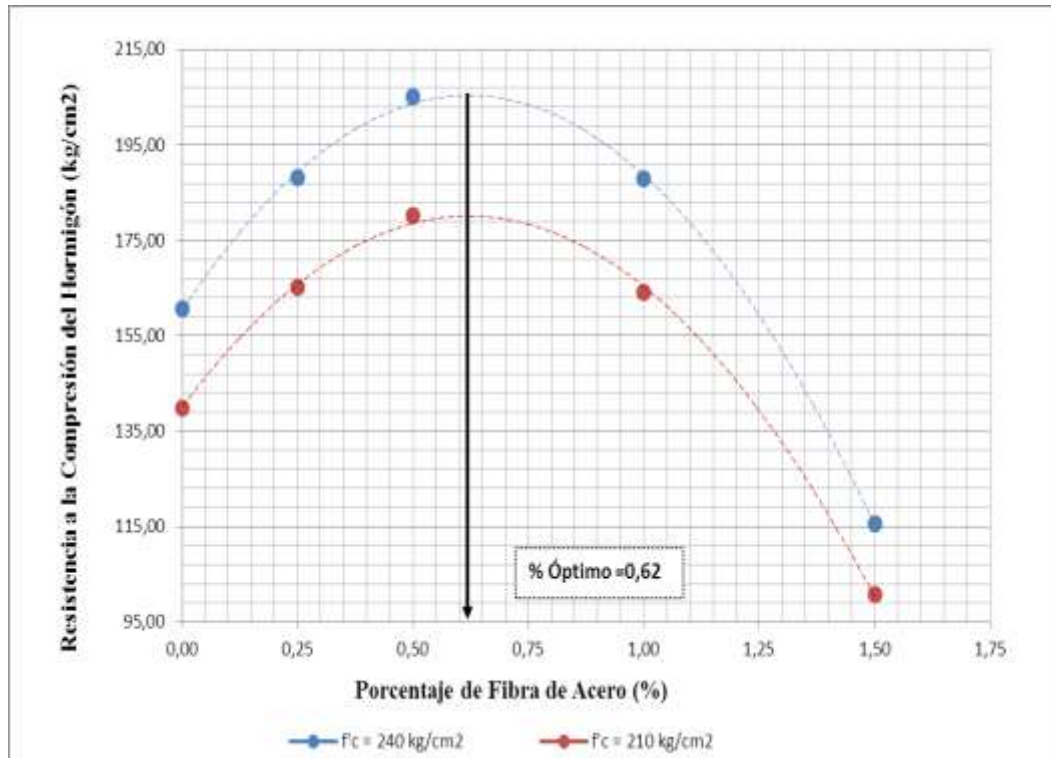
Tabla # 61: Resistencia a la Compresión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																	
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																	
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$																	
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores									NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39					
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva									ALTURA DE CILINDRO (M):		0,3					
PROBETA Nº	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	VOLUMEN (M ³)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M ³)	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN (KG/CM ²)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM ²)	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR (%)	VALOR OBTENIDO (%)	LÍMITE SUPERIOR (%)
										KN	KG						
1	0,00	07/08/2014	14/08/2014	15,25	182,65	0,005	12,4	2262,93	2262,99	251,20	25615,27	140,24	139,84	7	65	66,59	75
3				15,22	181,94	0,005	12,5	2290,18		246,70	25156,40	138,27					
5				15,28	183,37	0,006	12,3	2235,87		253,60	25860,00	141,02					
7	0,25	07/08/2014	14/08/2014	15,24	182,41	0,005	12,5	2284,17	2287,07	298,40	30428,33	166,81	165,30	7	65	78,71	75
9				15,17	180,74	0,005	12,4	2286,86		294,30	30010,25	166,04					
11				15,22	181,94	0,005	12,5	2290,18		290,90	29663,54	163,04					
13	0,50	07/08/2014	14/08/2014	15,24	182,41	0,005	12,5	2284,17	2291,05	318,40	32467,76	177,99	180,13	7	65	85,78	75
15				15,20	181,46	0,005	12,6	2314,58		325,50	33191,76	182,92					
17				15,15	180,27	0,005	12,3	2274,41		317,30	32355,60	179,49					
19	1,00	07/08/2014	14/08/2014	15,26	182,89	0,005	12,4	2259,96	2288,24	293,60	29938,87	163,70	164,06	7	65	78,12	75
21				15,20	181,46	0,005	12,6	2314,58		290,20	29592,16	163,08					
23				15,22	181,94	0,005	12,5	2290,18		295,10	30091,83	165,40					
25	1,50	07/08/2014	14/08/2014	15,18	180,98	0,005	12,7	2339,10	2289,32	174,30	17773,65	98,21	100,72	7	65	47,96	75
27				15,25	182,65	0,005	12,3	2244,68		179,70	18324,30	100,32					
29				15,24	182,41	0,005	12,5	2284,17		185,40	18905,54	103,64					

Tabla # 62: Resistencia a la Compresión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																	
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																	
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$																	
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores									NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39					
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva									ALTURA DE CILINDRO (M):		0,3					
PROBETA N°	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	VOLUMEN (M ³)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M ³)	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN (KG/CM ²)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM ²)	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR (%)	VALOR OBTENIDO (%)	LÍMITE SUPERIOR (%)
										KN	KG						
1	0,00	08/08/2014	15/08/2014	15,25	182,65	0,005	12,4	2262,93	2277,01	285,00	29061,91	159,11	160,59	7	65	66,91	75
3				15,23	182,18	0,005	12,4	2268,88		283,50	28908,95	158,69					
5				15,19	181,22	0,005	12,5	2299,23		291,40	29714,53	163,97					
7	0,25	08/08/2014	15/08/2014	15,20	181,46	0,005	12,4	2277,84	2279,88	330,10	33660,83	185,50	188,20	7	65	78,42	75
9				15,21	181,70	0,005	12,3	2256,50		334,50	34109,51	187,73					
11				15,17	180,74	0,005	12,5	2305,30		339,20	34588,77	191,37					
13	0,50	08/08/2014	15/08/2014	15,21	181,70	0,005	12,5	2293,19	2276,83	359,70	36679,19	201,87	205,10	7	65	85,46	75
15				15,20	181,46	0,005	12,2	2241,10		366,50	37372,60	205,96					
17				15,20	181,46	0,005	12,5	2296,21		369,20	37647,92	207,47					
19	1,00	08/08/2014	15/08/2014	15,14	180,03	0,005	12,2	2258,90	2281,78	329,30	33579,25	186,52	187,98	7	65	78,33	75
21				15,22	181,94	0,005	12,4	2271,86		330,60	33711,82	185,29					
23				15,20	181,46	0,005	12,6	2314,58		341,90	34864,10	192,13					
25	1,50	08/08/2014	15/08/2014	15,24	182,41	0,005	12,3	2247,63	2289,16	202,00	20598,27	112,92	115,52	7	65	48,13	75
27				15,11	179,32	0,005	12,5	2323,65		207,50	21159,11	118,00					
29				15,20	181,46	0,005	12,5	2296,21		205,80	20985,76	115,65					

Gráfico # 15: Resistencia a la Compresión del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero



Interpretación del Gráfico:

Finalizados los ensayos de resistencia a compresión en las muestras cilíndricas de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con diferentes concentraciones de fibra de acero, se visualizó que el porcentaje óptimo de fibra es de 0,62 %, valor en el que según el gráfico # 15 presenta un incremento considerable en la resistencia a compresión para las dos dosificaciones presentadas en este estudio. Adicionalmente se puede observar que a medida que aumenta la cantidad de fibra la resistencia disminuye.

El porcentaje óptimo de fibra de acero que mejora al máximo la resistencia a compresión según los resultados observados, se encuentra dentro de los límites recomendados según la norma ACI 544-1R³², con lo que la concentración de fibra planteada está de acuerdo a las especificaciones.

³² ACI 544 1R. Report on Fiber Reinforced Concrete

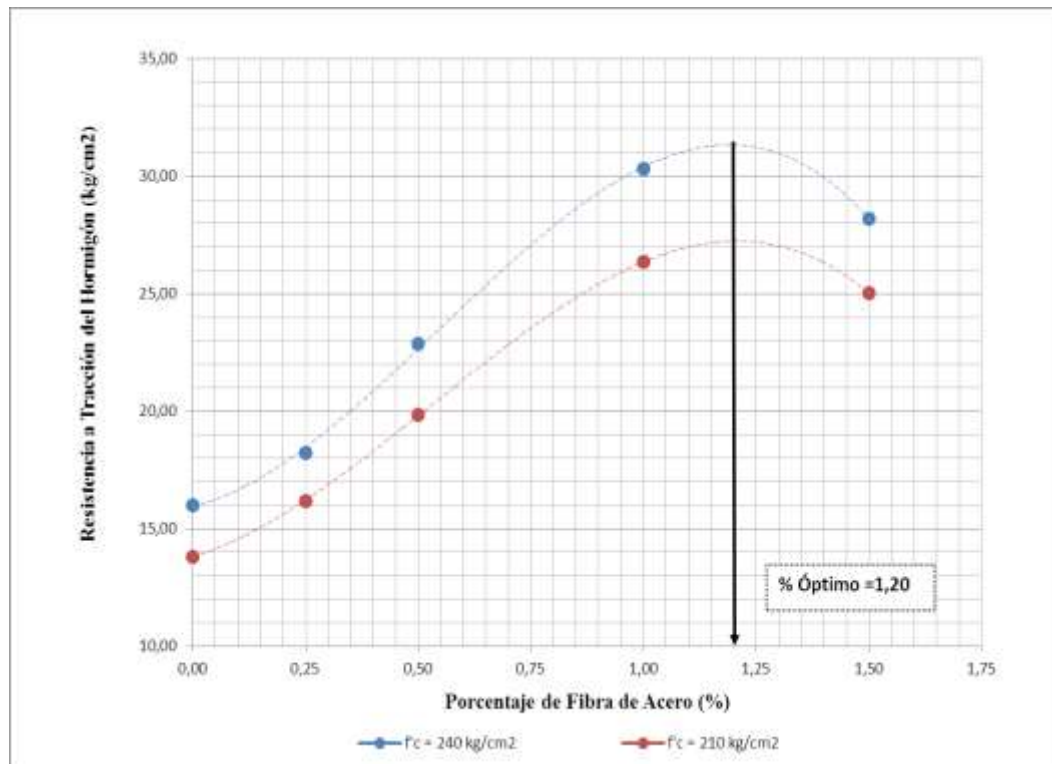
Tabla # 63: Resistencia a la Tracción Indirecta o Tracción por Compresión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA															
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$															
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores										NORMA		ASTM C 496-96		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva										ALTURA DE CILINDRO (M):		0,3		
PROBETA N°	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	VOLUMEN (M ³)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M ³)	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO TRACCIÓN (KG/CM ²)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM ²)	EDAD DÍAS	RELACIÓN $\frac{\sigma}{\sigma \text{ TRACCIÓN}} (\%)$
										KN	KG				
2	0,00	07/08/4014	14/08/4014	15,22	181,94	0,005	12,6	2308,50	2269,08	102,70	10472,49	14,60	13,81	7	9,88
4				15,25	182,65	0,005	12,3	2244,68		98,20	10013,61	13,93			
6				15,28	183,37	0,006	12,4	2254,05		91,10	9289,61	12,90			
8	0,25	07/08/4014	14/08/4014	15,17	180,74	0,005	12,4	2286,86	2275,99	116,10	11838,91	16,56	16,18	7	9,79
10				15,25	182,65	0,005	12,4	2262,93		115,80	11808,31	16,43			
12				15,26	182,89	0,005	12,5	2278,19		109,60	11176,09	15,54			
14	0,50	07/08/4014	14/08/4014	15,28	183,37	0,006	12,5	2272,23	2279,12	137,50	14021,10	19,47	19,85	7	11,02
16				15,19	181,22	0,005	12,5	2299,23		145,00	14785,89	20,66			
18				15,24	182,41	0,005	12,4	2265,90		136,70	13939,52	19,41			
20	1,00	07/08/4014	14/08/4014	15,26	182,89	0,005	12,5	2278,19	2288,11	188,60	19231,85	26,74	26,35	7	16,06
22				15,24	182,41	0,005	12,7	2320,72		191,40	19517,37	27,18			
24				15,18	180,98	0,005	12,3	2265,43		176,20	17967,40	25,12			
26	1,50	07/08/4014	14/08/4014	15,25	182,65	0,005	12,7	2317,68	2291,28	179,90	18344,69	25,53	25,03	7	24,85
28				15,26	182,89	0,005	12,4	2259,96		173,90	17732,86	24,66			
30				15,20	181,46	0,005	12,5	2296,21		175,00	17845,03	24,91			

Tabla # 64: Resistencia a la Tracción Indirecta o Tracción por Compresión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA															
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$															
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores										NORMA		ASTM C 496-96		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva										ALTURA DE CILINDRO (M):		0,3		
PROBETA N°	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	VOLUMEN (M ³)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M ³)	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO TRACCIÓN (KG/CM ²)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM ²)	EDAD DÍAS	RELACIÓN $\frac{\sigma}{\sigma \text{ TRACCIÓN}} (\%)$
										KN	KG				
2	0,00	08/08/2014	15/08/2014	15,19	181,22	0,005	12,5	2299,23	2281,99	112,60	11482,00	16,04	16,00	7	9,96
4				15,24	182,41	0,005	12,4	2265,90		117,60	11991,86	16,70			
6				15,19	181,22	0,005	12,4	2280,84		107,10	10921,16	15,26			
8	0,25	08/08/2014	15/08/2014	15,24	182,41	0,005	12,3	2247,63	2287,09	126,20	12868,82	17,92	18,22	7	9,68
10				15,15	180,27	0,005	12,5	2311,39		124,10	12654,68	17,73			
12				15,18	180,98	0,005	12,5	2302,27		133,40	13603,01	19,02			
14	0,50	08/08/2014	15/08/2014	15,26	182,89	0,005	12,6	2296,41	2274,77	170,80	17416,75	24,22	22,86	7	11,14
16				15,20	181,46	0,005	12,3	2259,47		159,00	16213,49	22,64			
18				15,17	180,74	0,005	12,3	2268,42		152,20	15520,08	21,71			
20	1,00	08/08/2014	15/08/2014	15,26	182,89	0,005	12,5	2278,19	2289,18	208,60	21271,28	29,58	30,33	7	16,14
22				15,22	181,94	0,005	12,6	2308,50		221,40	22576,52	31,48			
24				15,19	181,22	0,005	12,4	2280,84		210,20	21434,43	29,94			
26	1,50	08/08/2014	15/08/2014	15,29	183,61	0,006	12,7	2305,57	2306,56	194,90	19874,27	27,58	28,20	7	24,41
28				15,26	182,89	0,005	12,5	2278,19		205,90	20995,96	29,20			
30				15,25	182,65	0,005	12,8	2335,93		196,00	19986,44	27,81			

Gráfico # 16: Resistencia a la Tracción del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero



Interpretación del Gráfico:

Una vez realizados los ensayos de tracción indirecta en los cilindros de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con diversas concentraciones de fibra de acero incorporada, se determinó según se aprecia en el gráfico # 16 que el porcentaje óptimo de fibra es 1,20 %, valor en el que el hormigón demuestra un incremento considerable en la resistencia a tracción, y que a partir de este punto comienza a descender conforme se aumenta el porcentaje de fibra añadida.

El porcentaje óptimo de fibra de acero que mejora al máximo la resistencia a tracción según los resultados observados, se encuentra dentro de los límites recomendados según la norma ACI 544-1R³³, con lo que la concentración de fibra planteada está de acuerdo a las especificaciones.

³³ ACI 544 1R. Report on Fiber Reinforced Concrete

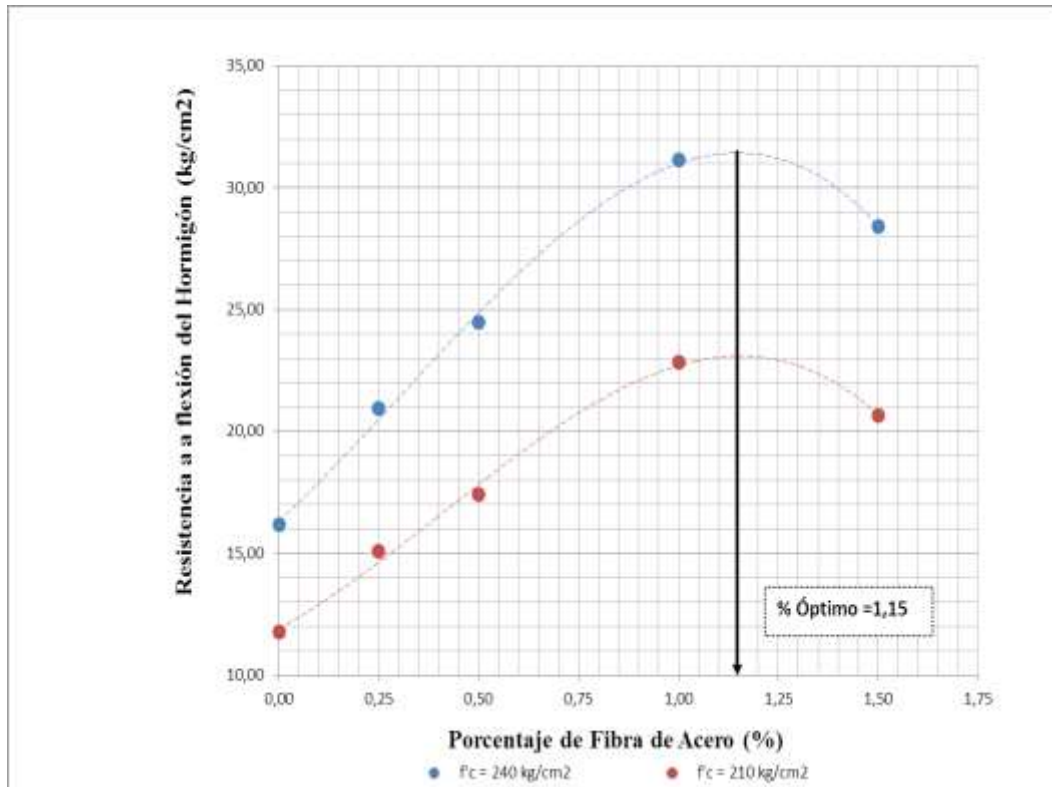
Tabla # 65: Resistencia a la Flexión del Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con carga al tercio de la luz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN CON CARGA A LOS TERCIOS DE LA LUZ $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores								NORMA:	ASTM C-78		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM): 15X15X75				LONGITUD DE MEDIDA (CM): 45			
PROBETA Nº	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN (M3)	PESO DE VIGA (KG)	DENSIDAD (KG/M3)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA (KG/CM2)	EDAD DÍAS	RELACIÓN σ COMPRESIÓN / σ FLEXION (%)	
1	0,00	07/08/2014	14/08/2014	0,017	38,3	2269,63	8,66	883,07	11,77	7	8,38	
2	0,25			0,017	38,3	2269,63	11,10	1131,88	15,09		9,13	
3	0,50			0,017	38,5	2281,48	12,80	1305,24	17,40		9,66	
4	1,00			0,017	38,6	2287,41	16,80	1713,12	22,84		13,92	
5	1,50			0,017	39	2311,11	15,20	1549,97	20,67		20,52	

Tabla # 66: Resistencia a la Flexión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con carga al tercio de la luz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN CON CARGA A LOS TERCIOS DE LA LUZ $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores								NORMA:	ASTM C-78		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM): 15X15X75				LONGITUD DE MEDIDA (CM): 45			
PROBETA Nº	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN (M3)	PESO DE VIGA (KG)	DENSIDAD (KG/M3)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA (KG/CM2)	EDAD DÍAS	RELACIÓN σ COMPRESIÓN / σ FLEXION (%)	
1	0,00	08/08/2014	15/08/2014	0,017	38,5	2281,48	11,90	1213,46	16,18	7	10,08	
2	0,25			0,017	38,6	2287,41	15,40	1570,36	20,94		11,13	
3	0,50			0,017	38,4	2275,56	18,00	1835,49	24,47		11,93	
4	1,00			0,017	38,8	2299,26	22,90	2335,15	31,14		16,56	
5	1,50			0,017	39,2	2322,96	20,90	2131,21	28,42		24,60	

Gráfico # 17: Resistencia a la Flexión del Hormigón vs Porcentaje de Fibra de Acero



Interpretación del Gráfico:

Finalizados los ensayos de flexión en las vigas de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con diversas concentraciones de fibra de acero incorporada, se determinó según se aprecia en el gráfico # 17 que el porcentaje óptimo de fibra es 1,15 %, valor en el que el hormigón demuestra un incremento considerable en la resistencia a flexión, y que a partir de este punto comienza a descender conforme se aumenta el porcentaje de fibra añadida.

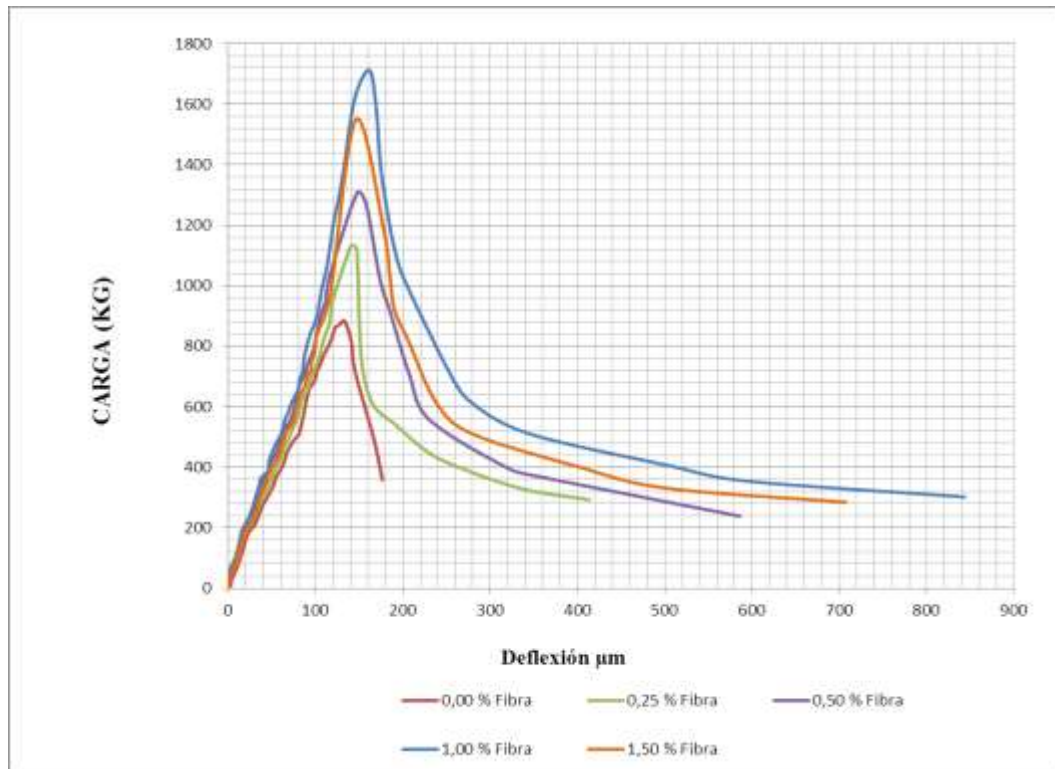
El porcentaje óptimo de fibra de acero que mejora al máximo la resistencia a flexión según los resultados observados, se encuentra dentro de los límites recomendados según la norma ACI 544-1R³⁴, con lo que la concentración de fibra planteada está de acuerdo a las especificaciones.

³⁴ ACI 544 1R. Report on Fiber Reinforced Concrete

Tabla # 67: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
DEFLEXIÓN ÚLTIMA EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$								
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM):		15 X 15 X 75	
PROBETA N°	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA ÚLTIMA		DEFLEXIÓN ÚLTIMA	RELACIÓN DEFLEXION ÚLTIMA / DEFLEXION ÚLTIMA HORMIGÓN (0,00% Fibra)
					(KN)	(KG)	(μm)	
1	0,00	07/08/2014	14/08/2014	7	3,51	357,89	176,60	1,00
2	0,25				2,87	292,66	414,13	2,35
3	0,50				2,34	238,25	586,10	3,32
4	1,00				2,96	301,97	843,62	4,78
5	1,50				2,79	284,41	707,45	4,01

Gráfico # 18: Carga vs Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Interpretación del Gráfico:

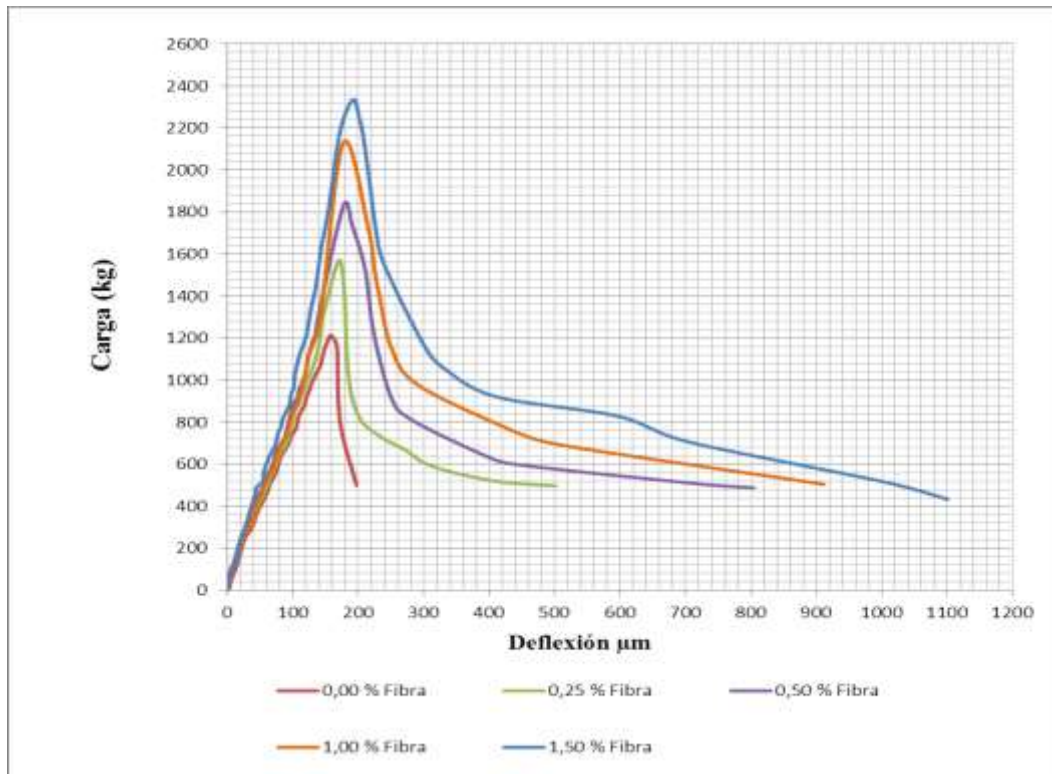
De las curvas Carga – Deflexión obtenidas después de los ensayos respectivos, se puede observar la influencia positiva que otorga las fibras de acero incorporadas a cada viga en su respuesta post pico.

El comportamiento apreciado describe que al producirse la primera fisura, la carga aplicada no cae bruscamente y las vigas ensayadas no se rompen como sí lo demostró la probeta de hormigón simple (Sin Fibra), consiguiendo así una absorción de energía cada vez mayor hasta llegar a la rotura con una deformación grande, concluyendo de esta manera que las probetas reforzadas con fibra demuestran una falla mucho más dúctil.

Tabla # 68: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
DEFLEXIÓN ÚLTIMA EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$								
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM):			15 X 15 X 75
PROBETA N°	% FIBRA DE ACERO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA ÚLTIMA		DEFLEXIÓN ÚLTIMA	RELACIÓN DEFLEXION ÚLTIMA / DEFLEXION ÚLTIMA HORMIGÓN (0,00% Fibra)
					(KN)	(KG)	(μm)	
1	0,00	08/08/2014	15/08/2014	7	4,25	433,22	197,17	1,00
2	0,25				4,88	497,62	501,55	2,54
3	0,50				4,78	487,66	804,33	4,08
4	1,00				4,25	433,22	1100,33	5,58
5	1,50				4,95	504,76	911,44	4,62

Gráfico # 19: Carga vs Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$



Interpretación del Gráfico:

De las curvas Carga – Deflexión obtenidas después de los ensayos respectivos, se puede observar la influencia positiva que otorga las fibras de acero incorporadas a cada viga en su respuesta post pico.

El comportamiento apreciado describe que al producirse la primera fisura, la carga aplicada no cae bruscamente y las vigas ensayadas no se rompen como sí lo demostró la probeta de hormigón simple (Sin Fibra), consiguiendo así una absorción de energía cada vez mayor hasta llegar a la rotura con una deformación grande, concluyendo de esta manera que las probetas reforzadas con fibra demuestran una falla mucho más dúctil.

6.7.4.3 Planteamiento del Porcentaje Óptimo de Fibra de Acero.

De los ensayos realizados se puede observar que para cada estado analizado, compresión, tracción y flexión, existe un porcentaje ideal de fibras de acero incorporadas al hormigón que mejoran sus respuestas finales; por lo que es necesario tomar las siguientes consideraciones para determinar el porcentaje óptimo que será empleado para el estudio:

- El comportamiento a compresión de los hormigones no se ve altamente afectado por la incorporación de fibras de acero según lo anteriormente analizado y de acuerdo al ACI 544-2R donde menciona que: “las fibras de acero usualmente presentan solo un mínimo efecto en la resistencia a compresión, incrementándola o disminuyéndola ligeramente en las pruebas de laboratorio”³⁵; por lo que el porcentaje óptimo no se basará de acuerdo a la resistencia a compresión.
- Los resultados de los ensayos a tracción y flexión fueron mucho más favorables dejando ver que el refuerzo con fibras influye positivamente para obtener hormigones con mejores comportamientos frente a cargas de tracción y flexión; además los porcentajes apropiados para conseguir la mejor respuesta, hablando de estas propiedades, son prácticamente similares.
- A medida que aumenta la cantidad de fibra de acero dentro del hormigón, la trabajabilidad y la consistencia disminuyen con lo que se ve afectada directamente la calidad del concreto, así como se notó en las muestras de hormigón con el 1,5% de concentración de fibra; dejando de esta forma demostrado, que una correcta concentración de fibra será menor al 1,5%.

De lo anteriormente mencionado y bajo el criterio de plantear un porcentaje óptimo de fibras de acero que mejorará las propiedades mecánicas del hormigón, se tomó el valor de 1,15% de concentración de fibras.

³⁵ ACI 544 - 2R. *Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete*

6.7.5 Comparación del Hormigón Reforzado con Fibras de Acero (HRFA) con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) según su comportamiento a compresión, tracción y flexión

6.7.5.1 Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

Tabla # 69: Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) en Cilindros

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO CON EL % ÓPTIMO Y EL HORMIGÓN SIMPLE (SIN FIBRAS) EN CILINDROS												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores						NORMA NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579					
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva						ALTURA DE CILINDRO (M): 0,3					
PROBETA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO (CM)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (KG)	PESO CILINDRO (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA (KG/M3)
1	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	15,22	23,9	11,5	12,4	0,005	BUENA	8,5	BUENA	2271,86	2280,13
2			15,23	24,4	11,9	12,5	0,005				2287,17	
3			15,25	24	11,5	12,5	0,005				2281,18	
4			15,23	24,2	11,7	12,5	0,005				2287,17	
5			15,26	24,1	11,6	12,5	0,005				2278,19	
6			15,27	24,2	11,7	12,5	0,005				2275,21	
7	HORMIGÓN CON (1,15) Fa (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	15,26	24,4	11,9	12,5	0,005	MEDIA	5,5	BUENA	2278,19	2303,97
8			15,25	24,1	11,5	12,6	0,005				2299,43	
9			15,25	24,4	11,7	12,7	0,005				2317,68	
10			15,24	24,3	11,6	12,7	0,005				2320,72	
11			15,26	24,4	11,7	12,7	0,005				2314,64	
12			15,21	24,1	11,6	12,5	0,005				2293,19	
13	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	15,25	24,2	11,7	12,5	0,005	BUENA	7,5	BUENA	2281,18	2290,28
14			15,22	24,1	11,4	12,7	0,005				2326,82	
15			15,24	24	11,4	12,6	0,005				2302,45	
16			15,23	23,9	11,5	12,4	0,005				2268,88	
17			15,26	24,1	11,6	12,5	0,005				2278,19	
18			15,24	24,2	11,7	12,5	0,005				2284,17	
19	HORMIGÓN CON (1,15) Fa (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	15,16	24,4	11,9	12,5	0,005	MEDIA	5,0	BUENA	2308,34	2312,05
20			15,24	24,3	11,7	12,6	0,005				2302,45	
21			15,22	24,3	11,8	12,5	0,005				2290,18	
22			15,22	24,2	11,5	12,7	0,005				2326,82	
23			15,23	24,3	11,6	12,7	0,005				2323,77	
24			15,24	24,4	11,7	12,7	0,005				2320,72	

Tabla # 70: Propiedades en Estado Fresco del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras) en Vigas

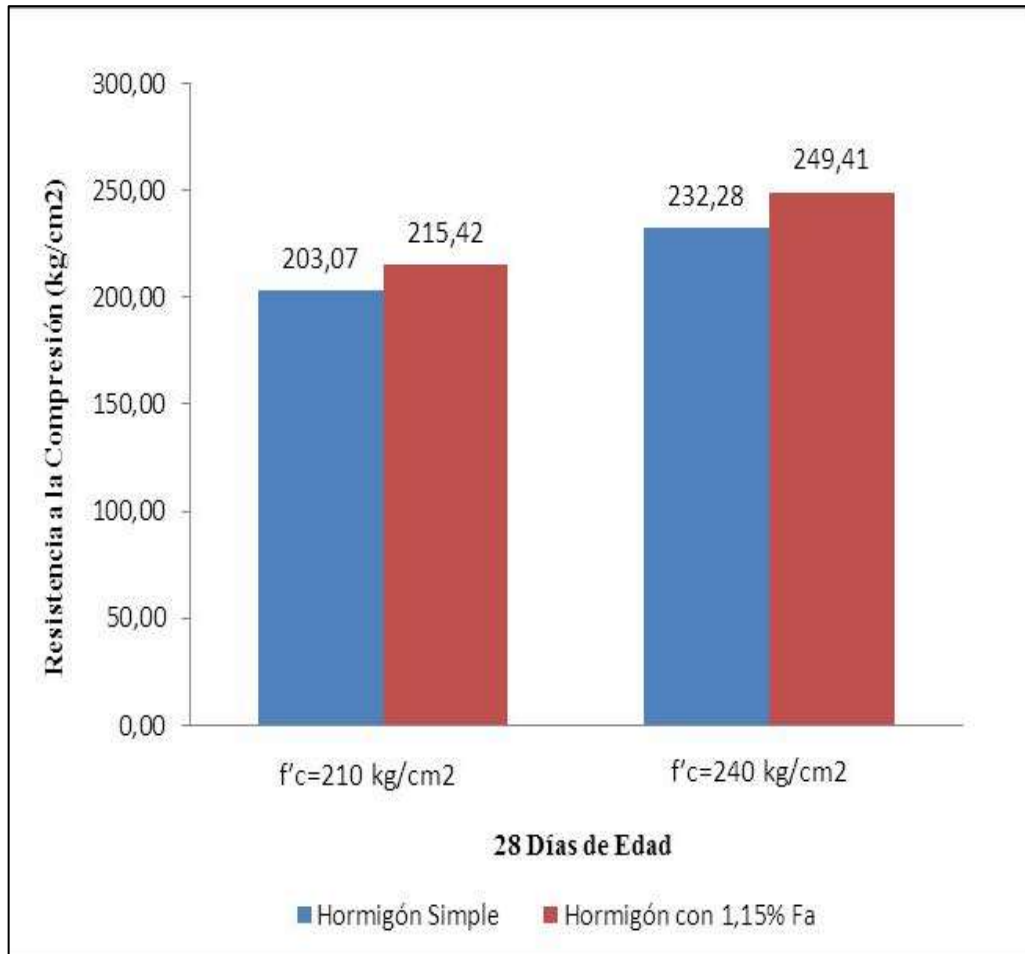
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO CON EL % ÓPTIMO Y EL HORMIGÓN SIMPLE (SIN FIBRAS) EN VIGAS										
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores				NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579		ANCHO DE LA VIGA (M):	0,15	
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				ALTURA DE VIGA (M):	0,15		LONGITUD DE VIGA (M):	0,75	
PROBETA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN (KG)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (KG)	PESO DE VIGA (KG)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (M3)	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA (CM)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD (KG/M3)
1	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	46,4	7,9	38,5	0,017	BUENA	8,5	BUENA	2281,48
2	HORMIGÓN CON (1,15 %) Fa (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	46,9	8,0	38,9	0,017	MEDIA	5,5	BUENA	2305,19
3	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	46,6	7,9	38,7	0,017	BUENA	8,0	BUENA	2293,33
4	HORMIGÓN CON (1,15 %) Fa (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	47,1	8,1	39	0,017	MEDIA	5,0	BUENA	2311,11

6.7.5.2 Comportamiento del HRFA con el % Óptimo y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

Tabla # 71: Resistencia a la Compresión en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																	
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																	
ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN REFORZADOS CON (1,15 %) DE FIBRA DE ACERO Y EL HORMIGÓN SIMPLE (SIN FIBRAS)																	
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores										NORMA NTE INEN 1573 - ASTM C 39						
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva										ALTURA DE CILINDRO (M): 0,3						
PROBETA Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM2)	VOLUMEN (M3)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M3)	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN (KG/CM2)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM2)	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR (%)	VALOR OBTENIDO (%)	LÍMITE SUPERIOR (%)
										KN	KG						
1	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,18	180,98	0,005	12,2	2247,01	2260,61	366,20	37342,01	206,33	203,07	28	95	96,70	105
3				15,21	181,70	0,005	12,4	2274,85		361,40	36852,54	202,82					
5				15,26	182,89	0,005	12,4	2259,96		358,80	36587,42	200,05					
7	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,2	181,46	0,005	12,4	2277,84	2280,14	392,30	40003,47	220,46	215,42	28	95	102,58	105
9				15,27	183,13	0,005	12,3	2238,80		383,30	39085,72	213,43					
11				15,23	182,18	0,005	12,7	2323,77		379,40	38688,03	212,37					
13	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,23	182,18	0,005	12,3	2250,58	2279,07	421,50	42981,04	235,93	232,28	28	95	96,78	105
15				15,20	181,46	0,005	12,5	2296,21		413,30	42144,87	232,26					
17				15,28	183,37	0,006	12,6	2290,41		411,20	41930,73	228,66					
19	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,18	180,98	0,005	12,6	2320,68	2292,24	445,10	45387,57	250,79	249,41	28	95	103,92	105
21				15,23	182,18	0,005	12,4	2268,88		446,20	45499,74	249,76					
23				15,23	182,18	0,005	12,5	2287,17		442,50	45122,44	247,69					

Gráfico # 20: Resistencia a la Compresión en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)



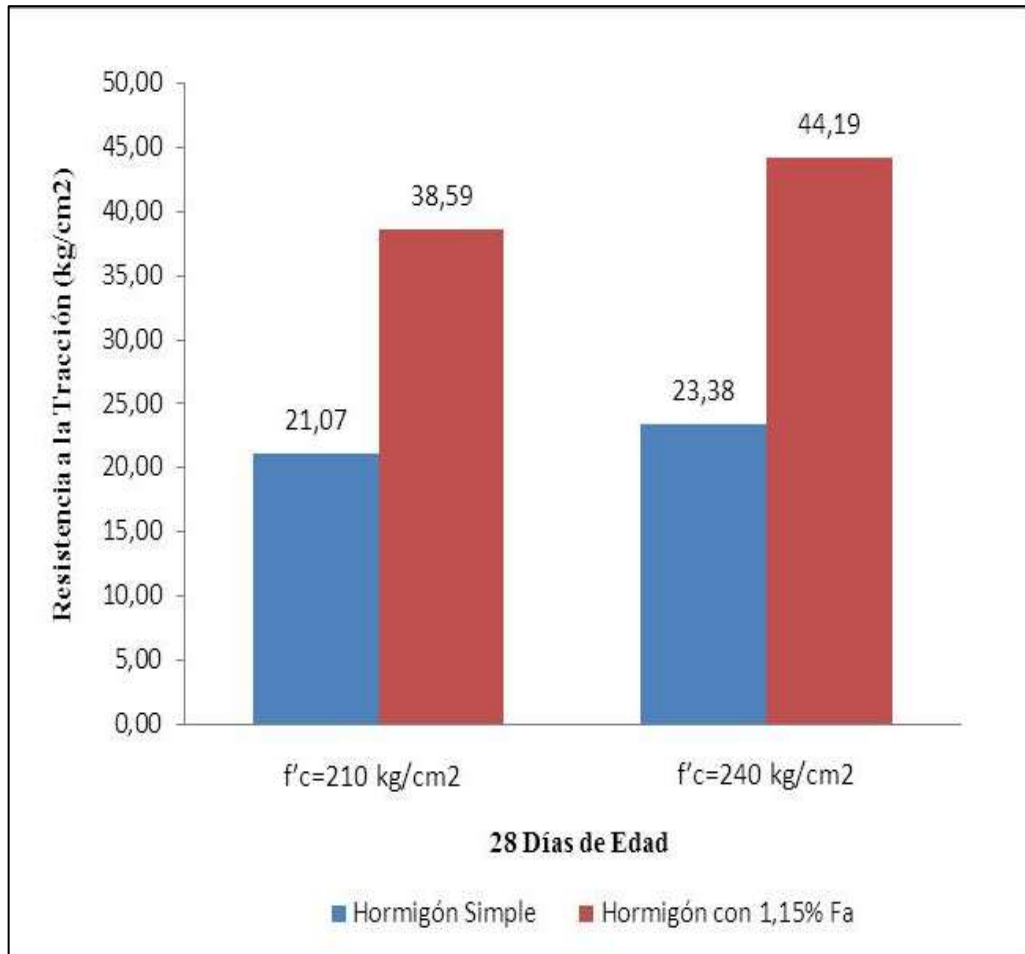
Interpretación del Gráfico:

Una vez realizados los ensayos de compresión a cilindros de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, se pudo apreciar que el hormigón reforzado con el 1,15% de concentración de fibra de acero demuestra un notable incremento en la resistencia a la compresión, alrededor de un 6% para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y del 7% para la dosificación de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ en comparación al hormigón simple (Sin Fibra). Igualmente al ensayar las probetas reforzadas con fibras, estas no manifestaron una falla explosiva como así lo hizo el hormigón convencional.

Tabla # 72: Resistencia a la Tracción Indirecta en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA															
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS DE HORMIGÓN REFORZADOS CON (1,15 %) DE FIBRA DE ACERO Y EL HORMIGÓN SIMPLE (SIN FIBRAS)															
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores										NORMA				ASTM C 496-96
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva										ALTURA DE CILINDRO (M):				0,3
PROBETA Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	VOLUMEN (M ³)	PESO (KG)	DENSIDAD (KG/M ³)	DENSIDAD MEDIA (KG/M ³)	CARGA		ESFUERZO TRACCIÓN (KG/CM ²)	ESFUERZO MEDIO (KG/CM ²)	EDAD DÍAS	RELACIÓN σ COMPRESIÓN / σ TRACCIÓN (%)
										KN	KG				
2	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,01	176,95	0,005	12,2	2298,20	2262,56	151,50	15448,70	21,84	21,07	28	10,37
4				15,23	182,18	0,005	12,4	2268,88		142,30	14510,56	20,22			
6				15,27	183,13	0,005	12,2	2220,60		149,20	15214,17	21,14			
8	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f _c = 210 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,18	180,98	0,005	12,6	2320,68	2288,17	281,70	28725,41	40,16	38,59	28	17,91
10				15,2	181,46	0,005	12,5	2296,21		261,60	26675,78	37,24			
12				15,24	182,41	0,005	12,3	2247,63		270,20	27552,73	38,37			
14	HORMIGÓN SIMPLE (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,25	182,65	0,005	12,3	2244,68	2281,02	168,10	17141,43	23,85	23,38	28	10,06
16				15,16	180,50	0,005	12,4	2289,88		163,30	16651,97	23,31			
18				15,22	181,94	0,005	12,6	2308,50		161,60	16478,61	22,98			
20	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f _c = 240 kg/cm ²)	19/08/2014	16/09/2014	15,28	183,37	0,006	12,7	2308,59	2290,00	311,10	31723,37	44,06	44,19	28	17,72
22				15,23	182,18	0,005	12,4	2268,88		306,50	31254,30	43,55			
24				15,09	178,84	0,005	12,3	2292,53		313,50	31968,10	44,96			

Gráfico # 21: Resistencia a la Tracción Indirecta en cilindros de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)



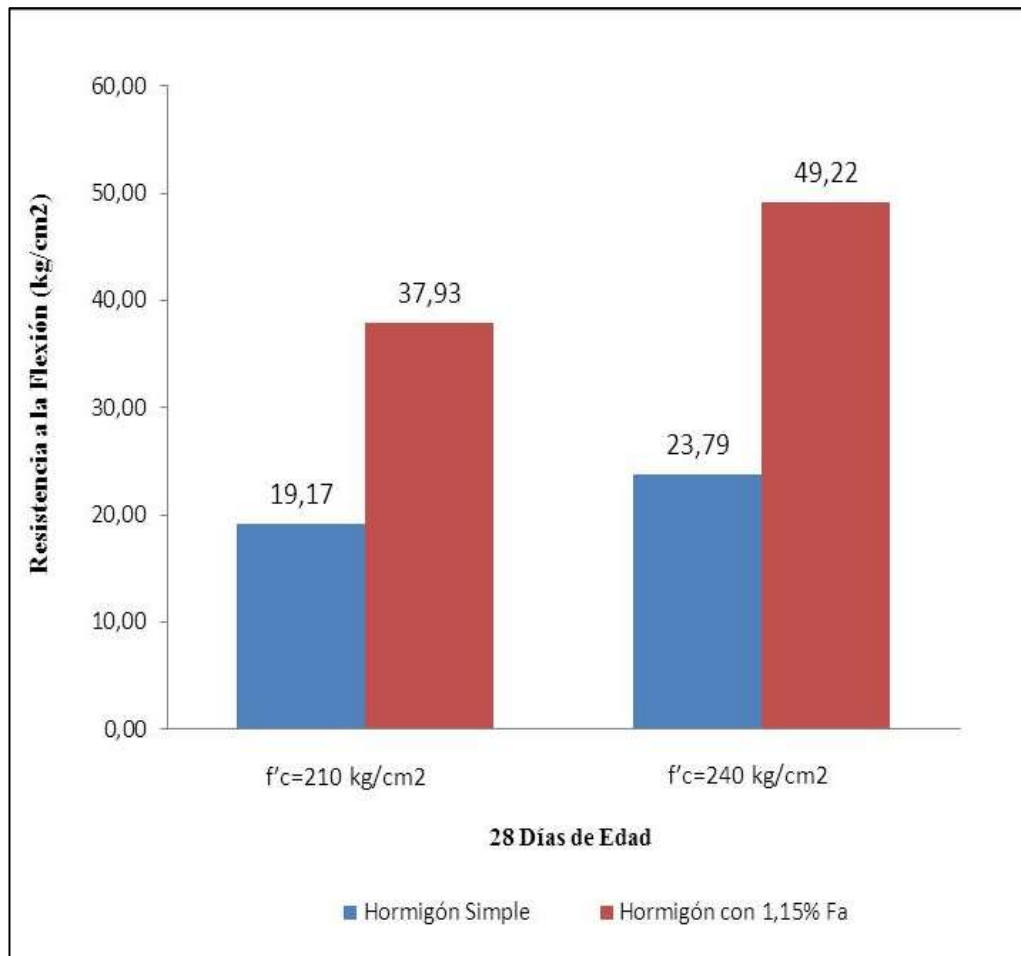
Interpretación del Gráfico:

Una vez realizados los ensayos de Tracción Indirecta a cilindros de $f'c = 210$ kg/cm² y $f'c = 240$ kg/cm², se pudo observar que el hormigón reforzado con el 1,15% de concentración de fibra de acero demuestra un importante incremento en la resistencia a la tracción, alrededor de un 83% para la dosificación de $f'c = 210$ kg/cm² y del 89% para la dosificación de $f'c = 240$ kg/cm² en comparación al hormigón simple (Sin Fibra)

Tabla # 73: Resistencia a la Flexión en Vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN REFORZADOS CON (1,15 %) DE FIBRA DE ACERO Y EL HORMIGÓN SIMPLE (SIN FIBRAS) CON CARGA A LOS TERCIOS DE LA LUZ												
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							NORMA:		ASTM C-78		
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM):		15X15X75		LONGITUD DE MEDIDA (CM):		45	
PROBETA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN (M3)	PESO DE VIGA (KG)	DENSIDAD (KG/M3)	CARGA		MÓDULO DE ROTURA (KG/CM2)	EDAD DÍAS	RELACIÓN σ COMPRESIÓN / σ FLEXION (%)	
							(KN)	(KG)				
1	HORMIGÓN SIMPLE (f'c = 210 kg/cm2)	19/08/2014	16/09/2014	0,017	38,3	2269,63	14,10	1437,80	19,17	28	9,44	
2	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f'c = 210 kg/cm2)	19/08/2014	16/09/2014	0,017	38,6	2287,41	27,9	2845,01	37,93		17,61	
3	HORMIGÓN SIMPLE (f'c = 240 kg/cm2)	19/08/2014	16/09/2014	0,017	38,4	2275,56	17,5	1784,50	23,79		10,24	
4	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa (f'c = 240 kg/cm2)	19/08/2014	16/09/2014	0,017	38,8	2299,26	36,2	3691,37	49,22		19,73	

Gráfico # 22: Resistencia a la Flexión en Vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)



Interpretación del Gráfico:

Una vez realizados los ensayos de Flexión en vigas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, se visualizó que el hormigón reforzado con el 1,15% de concentración de fibra de acero demuestra un relevante incremento en la resistencia a flexión, alrededor de un 98% para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y del 107% para la dosificación de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ en comparación al hormigón simple (Sin Fibra)

Tabla # 74: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
DEFLEXIÓN ÚLTIMA EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$								
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM): 15 X 15 X 75			
PROBETA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA ÚLTIMA		DEFLEXIÓN ÚLTIMA	RELACIÓN DEFLEXION ÚLTIMA / DEFLEXION ÚLTIMA HORMIGÓN SIMPLE
					(KN)	(KG)		
1	HORMIGÓN SIMPLE ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	19/08/2014	16/09/2014	28	5,10	520,06	272,45	1,00
2	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				5,90	601,63	1599,93	5,87

Gráfico # 23: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

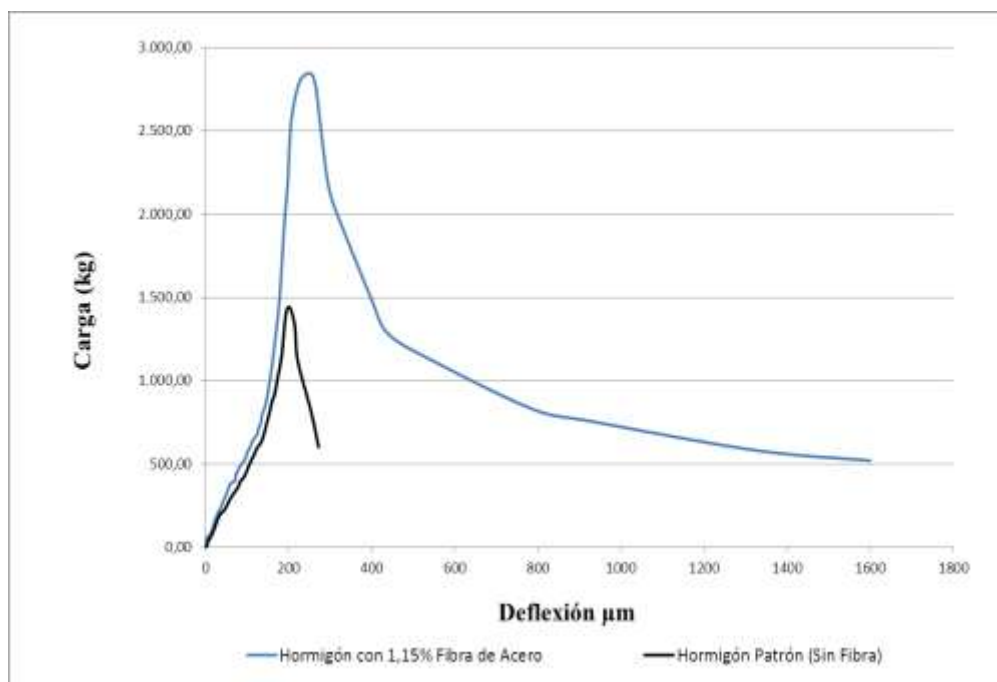


Tabla # 75: Deflexión Última en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
DEFLEXIÓN ÚLTIMA EN VIGAS DE HORMIGÓN $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$								
ORIGEN:	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores							
REALIZADO POR:	Egdo. Lenin Silva				DIMENSIONES (CM): 15 X 15 X 75			
PROBETA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA ÚLTIMA		DEFLEXIÓN ÚLTIMA	RELACIÓN DEFLEXION ÚLTIMA / DEFLEXION ÚLTIMA HORMIGÓN SIMPLE
					(KN)	(KG)		
3	HORMIGÓN SIMPLE ($f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$)	19/08/2014	16/09/2014	28	8,10	825,97	353,24	1,00
4	HORMIGÓN CON (1,15%) Fa ($f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$)				9,80	999,32	2110,34	5,97

Gráfico # 24: Deflexión en Vigas de Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)

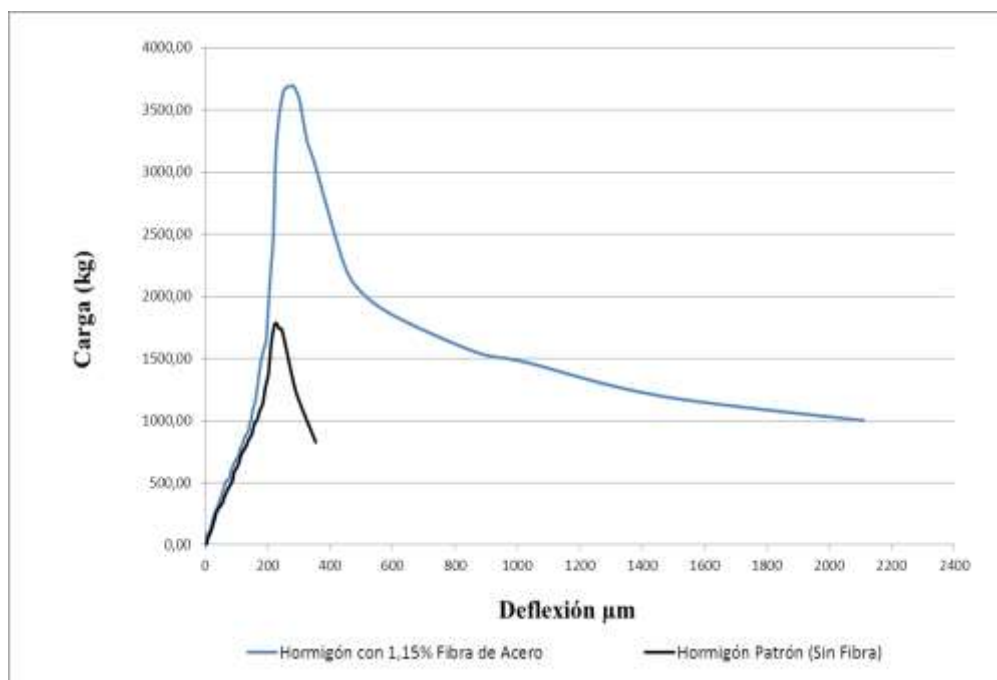
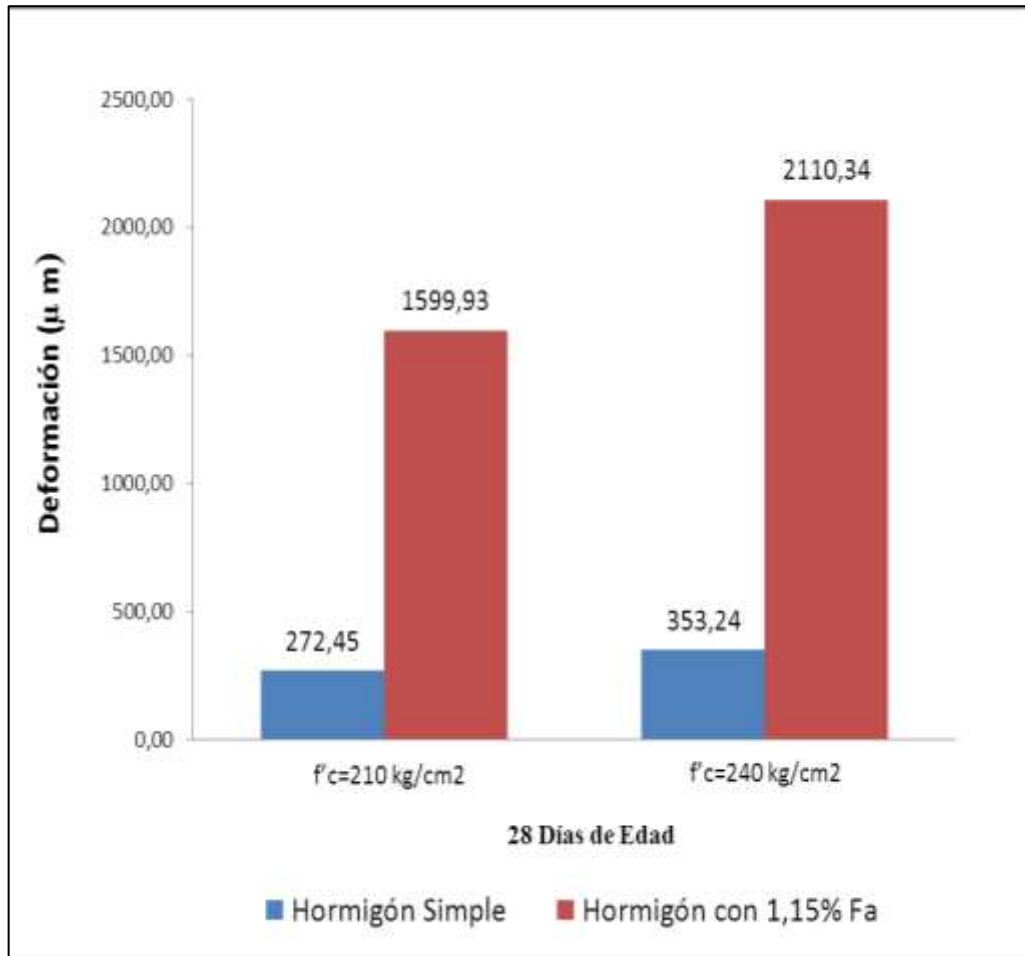


Gráfico # 25: Comparación entre la deflexión máxima en vigas de Hormigón Reforzados con (1,15%) de Fibra de Acero y el Hormigón Simple (Sin Fibras)



Interpretación del Gráfico:

La deformación última del hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con fibras de acero es superior a la del hormigón simple en 487%, entretanto que en el hormigón de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ la deformación última del hormigón reforzado con fibras fue de 497% mayor que la del hormigón simple, demostrando de esta manera la influencia positiva que otorga la adición de fibras de acero dentro del hormigón, convirtiéndolo en un material más dúctil.

6.7.6 CONCLUSIONES

- Finalizados los análisis pertinentes de las dosificaciones con diferentes porcentajes de fibra de acero se concluye que el 1,15% es el porcentaje óptimo para la resistencia a flexión, mientras que el 1,20% es el porcentaje óptimo para la resistencia a tracción, y finalmente el 0,62% es el porcentaje óptimo para la resistencia a compresión, no obstante considerando que la compresión del hormigón reforzado con el 1,15% de fibra no se ve disminuida por su adición se recomienda emplear este porcentaje para conseguir las mejores respuestas tanto a tracción como a flexión.
- A razón que aumenta la cantidad de fibra en el hormigón después del porcentaje óptimo de fibra de acero establecido para cada resistencia analizada, se notó que cada una de estas disminuye debido a que con cantidades de fibra superiores a la recomendable se produce demasiados erizos dentro de la mezcla fresca y una disminución de la consistencia lo que provoca que con el mismo método de compactación aplicado, los especímenes de hormigón preparados presenten porosidad y contenido de aire mayor en su masa, resultando que la capacidad de adherencia entre la fibra de acero y la matriz cementicia sea menor.
- El análisis de los resultados obtenidos al comparar el comportamiento mecánico del hormigón simple con el hormigón reforzado con fibras, denotó por un lado que al romper los cilindros de hormigón fibroreforzado en el ensayo a compresión, las probetas demostraron la capacidad de presentar una falla mucho más dúctil y no explosiva, verificando la idea que los filamentos de acero incorporado cosen la matriz en zonas de fisura generadas y mantienen a la muestra como un solo elemento durante un mayor tiempo, produciendo que sea más complicado su destrucción; aspecto de seguridad adquirida que cobraría relevancia frente a probables desastres dentro de una construcción.

- Es importante resaltar que en los ensayos de tracción y flexión realizados la incorporación de fibras de acero a las muestras de hormigón mejoró su respuesta frente a la fisuración y minimizó la fragilidad del mismo. Lo que en otras palabras se describiría en un aumento considerable de la tenacidad del hormigón reforzado con fibras, propiedad que lo caracterizó durante todo el estudio y que lo hace ser digno de empleo en construcciones donde se necesite un correcto control de los procedimientos de fisuración.
- A mayores concentraciones de fibra de acero dentro del hormigón fresco, se visualizó que disminuye la trabajabilidad de la mezcla haciéndola menos manejable; asimismo la consistencia se ve afectada, pues por la formación de bolas de fibra o erizos provocó que la mezcla pierda fluidez y al final se obtengan valores de asentamiento menor a 6 cm, cifra que fue el límite inferior al planteado.
- La densidad del hormigón no varía significativamente al incrementar el contenido de fibras de acero, pues es evidente que al analizar las cifras de densidades del hormigón simple y hormigón reforzado con el porcentaje óptimo de fibras en su estado fresco, se tiene como resultado un incremento del 1%, concluyendo que se obtiene un peso específico del hormigón fibroreforzado mínimamente superior al del hormigón convencional.

6.7.7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al producir hormigón reforzado con fibras de acero, se mejore el método de compactación tradicional para extraer la mayor cantidad de aire atrapado y evitar de esta manera hormigones porosos que no otorguen los beneficios que se esperan de un hormigón especial.
- Es recomendable que la relación de cantidad de agregado ripio/arena sea aún menor para mejorar la trabajabilidad de la mezcla del hormigón fibroreforzado fresco y reducir la producción de erizos de material.

- Con la idea de obtener mejores resultados de asentamiento y mejorar la consistencia de hormigones reforzados con cantidades superiores de fibra de acero, se plantea aumentar pasta de cemento la que ayudará a que la mezcla presente mayor fluidez.
- Es necesario proseguir con estudios y análisis relacionados a la adición de fibras dentro de la masa de hormigón en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y mejor aún en todas las instituciones que estén relacionadas al medio de la construcción para generar mayor información y bases bibliográficas que amplíen el tema de cómo influye la inclusión de fibras dispersas dentro del hormigón. Todo ello con el objetivo de promover nuestras propias experiencias y plantear nuevos métodos que coadyuven al desarrollo de la infraestructura y sociedad.

6.8 ADMINISTRACIÓN

El presente proyecto de investigación “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, queda a cargo de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, entidad que será portadora del estudio y que en su tiempo sabrá dar la apertura necesaria para que sea fuente bibliográfica para futuros proyectos.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La información obtenida del presente estudio servirá como fuente de consulta para profesionales y estudiantes, quienes conseguirán resultados de laboratorio que demuestran el comportamiento que refleja el hormigón reforzado con fibras de acero dispersas en su masa y que lo convierten en un material con una gran variedad de ventajas en sus propiedades mecánicas.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

ACI – Comité 544. *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.1R-96)*, American Concrete Institute

ACI – Comité 544. *Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.2R-89)*, American Concrete Institute

ACI – Comité 544. *Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.3R-08)*, American Concrete Institute

APERADOR W., CARRILLO J., GONZÁLEZ G., *Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero, Colombia (2013)*

BARROS V., RAMIREZ H., “*Diseño de Hormigones con Fibras de Polipropileno para Resistencias a la Compresión de 21 y 28 MPa con Agregados de la Cantera de Pifo*” *Tesis de grado de la Universidad Central del Ecuador, Quito (2012)*

BLANCO, Ána, “*Durabilidad del hormigón con fibras de acero*”. *Tesis de grado de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (2008)*

BURGOS J., ORELLANA N., “*Caracterización de un diseño de hormigón con fibras de acero para tuberías de sistemas sanitarios (21 pulgadas)*” *Tesis de grado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil (2009)*

CALLEJO C., GARCÉS A., “*Incidencia de la Fibra Metálica Dramix-65/35-BN en Pavimentos Rígidos de Temprana Edad*” *Tesis de grado de la Universidad Nueva Esparta, Caracas (2011)*

CORCINO, Vanesa. *“Estudio Comparativo de Concreto Simple y Reforzado con Fibras de Acero Dramix y Wirand, empleando cemento Andino Tipo V” Tesis de grado de la Universidad Ricardo Palma, Lima (2007)*

FIGUEROA, Manuel. *“Comparativa de la Tenacidad entre Hormigón Convencional, Hormigón Reforzado con Fibras de Acero y Hormigón Reforzado con Fibras de Polipropileno” Tesis de Master de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2013)*

GODOY M., NEMI N., ROCCO C., *“Comportamiento Mecánico de Hormigón Reforzado con Fibras de Acero: Influencia de la Dosificación de Fibras ” Congreso SAM/CONAMET (2007)*

GONZÁLES, Luis. *“Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas” Universidad Nacional de Colombia, Palmira (2013)*

JIMÉNEZ MONTOYA, Pedro. *“Hormigón Armado”. 14a Edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2001*

IRÍAS, Ana. *“Refuerzo de Elementos Estructurales con Hormigones con Fibras o solo Fibras” Tesis de Master de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2013)*

LUCIO, Diego. *“Análisis del Diseño de Vigas Rectangulares utilizando como refuerzo la fibra de vidrio y su incidencia en el presupuesto de las construcciones de más de 3 pisos en la Parroquia La Matriz del Cantón Ambato ” Tesis de grado de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato (2013)*

MACCAFERRI, José. *“Manual de Fibras para Concreto”*

MACÍAS, José. *“Utilización de Fibras en Hormigones”, Quito (2009)*

MÁRMOL, Patricia. *“Hormigones con Fibras de Acero – Características Mecánicas” Tesis de Master de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2010)*

MEDINA, Santiago *“Ensayo de Materiales II”*

MORENO E., FERNÁNDEZ M., *“Dosificación de Hormigón Reforzado con Fibras de Acero”, España (1997)*

MILLÁN, María. *“Comportamiento del hormigón reforzado con Fibras de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua” Tesis de grado de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato (2013)*

NISHIHARA, Jorge. *“Influencia de las Fibras Naturales de Maguey a Manera de Adiciones en el Control de Fisuras por Contracción Plástica en los Pavimentos Rígidos de Concreto Hidráulico, Perú. 2012*

NORMAS NTE INEN 2001

NORMAS ASTM

ORTEGA, Castro. *“La Calidad de los Agregados de tres Canteras de la Ciudad de Ambato y su Influencia en la Resistencia del Hormigón empleando en la Construcción de Obras Civiles” Tesis de grado de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato (2013)*

RAMOS, Heisin. *“Aplicación de Fibras Estructurales a los Pilotes tipo CPI 8” Tesis de Master de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (2012)*

ROCHEL AWAD R., *“Hormigón Reforzado”, Tomo I, Colombia, 1998*

RODRÍGUEZ, Abraham., “*Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*”
Universidad Autónoma de Chihuahua

ROJAS, Letty. “*Estudio de viabilidad de utilización de fibras de acero para hormigones convencionales y autocompactantes*” *Tesis de Master de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (2014)*

ROMO, Marcelo. “*Temas de Hormigón Armado*”, *Escuela Politécnica del Ejército, Quito (2008)*

SERA, E.E., ROBLES, AUSTRIACO, L., PAMA, R.P..”*Natural Fibers as Reinforcement Journal of Ferrocement*”, *Bangkok. 1990.*

<http://desarrollatuproducto.com/directorio/proveedores/materiales/textiles.html?catid=707>

<http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%206-%20EL%20HORMIGON.pdf>

<http://www.abonosustratosmarc.galeon.com/>

2. ANEXOS

2.1. IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DEL CEMENTO



PLATA DE TRITURACIÓN DE ÁRIDOS A & P CONTRUCTORES

Trituración de material pétreo



FIBRA DE ACERO

DRAMIX RC 65/60 BN



ADICION DE FIBRAS DE ACERO EN EL HORMIGÓN



DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO



PREPARACIÓN DE MOLDES PARA PROBETAS DE HORMIGÓN



ELABORACIÓN DE CILINDROS Y VIGAS DE HORMIGÓN



CURADO DE CILINDROS Y VIGAS DE HORMIGÓN



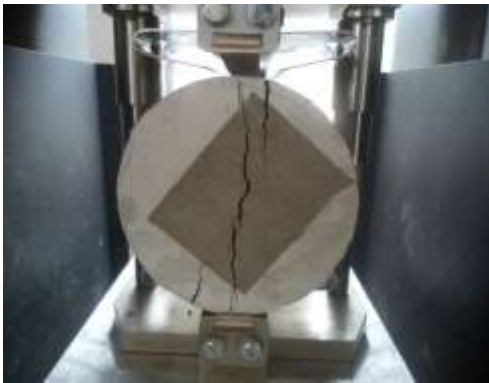
ENSAYO DE COMPRESIÓN A CILINDROS DE HORMIGÓN



Cosido de Matriz de hormigón con fibra de acero



ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA A CILINDROS DE HORMIGÓN



Cosido de Matriz de hormigón con fibra de acero



ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN

Preparación de viga y accesorios previo al ensayo



Fallas de flexión en vigas



PROBETAS ENSAYADAS

Hormigón Simple

Cilindros



Vigas



PROBETAS ENSAYADAS

Hormigón Reforzado con Fibras de Acero

Cilindros



Vigas



2.2. Ficha técnica de la fibra de acero Dramix RC 65/60 BN

Dramix®



Better together






FICHA TÉCNICA

R

C

65

60

B

N



RC-65/60-BN

¿Qué es Dramix®?

Las fibras de acero Dramix® fabricadas por Bekaert, empresa industrial especializada en este campo de aplicación, son una nueva referencia para el refuerzo del hormigón gracias a su exclusiva combinación de flexibilidad y resistencia.

Dramix® es una fibra de acero teñida en frío y de refuerzos conformados, que garantiza un anclaje óptimo.

El hormigón reforzado con Dramix® para ductilidad y una gran capacidad de soporte de carga. Además permite diseñar de una rápida y fácil aplicación y de una solución eficaz y rentable.

RC-65/60-BN le ofrece:

-  **Dramix® Easy Mix**
Las fibras Dramix® Easy Mix son una especialidad concebida para permitir una mezcla rápida y perfecta, una mayor capacidad de bombeo y una óptima distribución de las fibras. Ideal incluso para formas y estructuras complejas.
-  **Dramix® Easy Dose**
Dramix® Easy Dose se dosifica automáticamente, con un resultado rápido y homogéneo, aportando mayor rentabilidad.

De este modo se obtiene un hormigón reforzado con fibras de acero de la máxima calidad. Las fibras de acero Dramix® Easy se suministran en una única referencia, específicamente diseñada de bolsas de papel solubles al agua. Cada bolsa contiene 250 gramos de fibras. Se dosifican automáticamente en la planta de hormigón mediante una instalación dosificadora Dramix® Rooster.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

longitud



60 mm

diámetro



0,90 mm

Performance class: B5



1000 fibras/kg capacidad mínima de kg por m³ (según la OE)
relación mínima de fibra: 2,5 kg por m³ (para B5 kg/m³)

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Resistencia a la tracción: $f_{tDramix} = 1,60 \text{ N/mm}^2$
Resistencia a la tracción: $f_{tDramix} = 1,60 \text{ N/mm}^2$

Módulo de Young (E mod): $E_{Dramix} = 210.000 \text{ N/mm}^2$

EMPAQUE



60 Bacs (20kg)
1200 kg



Big-bag
1100 kg

MANEJO



Mantener en un lugar seco



No spill

RECONOCIMIENTO



ISO 9001



CE



ASTM A630

- **Marcado CE:** Dramix® dispone del certificado para el sistema de marcado CE 1: fibras de acero para uso estructural. Para más información Hoja Informativa de la CE disponible previa petición.
- **Certificado ISO 9001:** Dramix® dispone del certificado ISO 9001. Se aplican las normas de calidad en las plantas indicadas a continuación:
 - Bélgica
 - Brasil
 - República Checa
 - China
 - Turquía
 - Indonesia
- **Otros certificados:** Bekaert se adapta al mercado y garantiza la conformidad con todas las normas nacionales de calidad obligatorias de los productos, en caso de que los requisitos no estén cubiertos por las certificaciones de la CE o por el certificado ISO 9001.

Bekaert le recomendará la fibra más idónea para su aplicación. Pida asesoramiento sobre la manipulación, la dosificación y la mezcla en www.bekaert.com
info@building@bekaert.com

Ficha técnica y datos comerciales de la empresa Bekaert, subsidiaria de Bekaert SA, Bélgica. La empresa, se reserva el derecho para los cambios. Todos los datos de esta ficha técnica pueden ser sujetos a cambios. Para una información más detallada, consulte las especificaciones técnicas de los productos.

© 2012 Bekaert