

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO
RIGÍDO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DRAMIX 3D”**

Por:

FABIAN FERNANDO MENDOZA SANCHEZ

Proyecto de grado presentado a consideración de la **“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I – 2023

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO
RÍGIDO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DRAMIX 3D ”**

Por:

FABIAN FERNADO MENDOZA SANCHEZ

SEMESTRE I – 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo de proyecto de grado me otorga una gran satisfacción al cumplir un logro muy importante en mi vida. Está dedicado con muchísimo amor a mis seres queridos que me apoyaron, por siempre fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. ¡Los amo!

ÍNDICE DE GENERAL

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

	Página
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema	3
1.3.1 Situación problemática	3
1.3.2 Formulación del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Definición de variables.....	5
1.6.1 Variable independiente	5
1.6.2 Variable dependiente	5
1.7 Conceptualización de las variables.....	6
1.7.1 Variable independiente.....	6
1.7.2 Variable dependiente	6
1.8 Alcance.....	7

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE PAVIMENTOS REFORZADOS CON FIBRA

	Página
2.1 Marco conceptual.....	8
2.1.1 Marco histórico	8
2.1.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	9
2.1.2.1 Investigaciones internacionales.....	9
2.1.3 Pavimentos	11
2.1.3.1 Tipos de pavimentos.....	11

2.1.3.2 Factores que influyen en la performance de los pavimentos.....	13
2.1.3.3 Exigencias técnicas para la construcción de pavimentos	13
2.1.3.4 Pavimento rígido o hidráulico	14
2.1.3.5 Componentes estructurales del pavimento rígido.....	17
2.1.3.6 Losa de concreto	17
2.1.3.7 Base o subbase.....	17
2.1.3.8 Subrasante.....	17
2.1.3.9 Diseño de juntas en pavimento rígido	18
2.1.4 Materiales del pavimento rígido	24
2.1.4.1 Cemento.....	25
2.1.4.2 Ensayos a realizar al cemento Portland.....	26
2.1.4.3 Agregados o áridos	26
2.1.4.4 Clasificación por su procedencia	27
2.1.4.5 Agregados naturales.....	27
2.1.4.6 Agregados artificiales	27
2.1.4.7 Agregados livianos artificiales	28
2.1.4.8 Ensayos realizados a los agregados	28
2.1.4.9 Granulometría (ASTM E-40 AASHTO T-27).....	28
2.1.4.10 Determinación del módulo de finura de la arena (ASTM C-125).....	30
2.1.4.11 Peso específico y absorción de agua en áridos gruesos y finos (AASHTO T-85, AASHTO T-84).....	30
2.1.4.12 Desgaste mediante la máquina de los Ángeles (ASTM E-131, AASHTO T96-99)	31
2.1.4.13 Desintegración sulfato de sodio (ASTM E-88, AASHTO T104-99).....	31
2.1.4.14 Caras fracturadas en los áridos (ASTM D-5821).....	31
2.1.4.15 Peso unitario de los agregados finos o gruesos (AASHTO T-19, ASTM C-29).....	31
2.1.4.16 Densidad.....	31
2.1.4.17 Agua	32
2.1.4.18 Aditivos	32
2.1.4.19 Hormigón para pavimento rígido	32

2.1.5	Propiedades del hormigón fresco.....	33
2.1.5.1	Consistencia.....	33
2.1.5.2	Densidad.....	35
2.1.5.3	Homogeneidad.....	35
2.1.5.4	Trabajabilidad.....	35
2.1.6	Propiedades del hormigón endurecido.....	36
2.1.6.1	Densidad.....	36
2.1.6.2	Resistencia mecánica.....	36
2.1.6.3	Porosidad.....	37
2.1.7	Métodos de diseño del pavimento rígido.....	37
2.1.7.1	Método de diseño PCA.....	37
2.1.7.2	Método de diseño AASHTO.....	38
2.1.7.3	Esfuerzos y desplazamientos en pavimentos rígidos.....	39
2.1.7.4	Concepto de esfuerzo.....	39
2.1.7.5	Tipos de esfuerzos.....	40
2.1.7.6	Formación de fisuras por flexión en pavimentos rígidos.....	42
2.1.8	Propiedades del pavimento rígido.....	45
2.1.8.1	Propiedades del concreto.....	45
2.1.8.2	Módulo de ruptura (MR).....	45
2.1.8.3	Módulo de elasticidad del concreto (EC).....	47
2.1.8.4	Durabilidad.....	47
2.1.9	Resistencia del concreto.....	48
2.1.9.1	Resistencia a la compresión.....	48
2.1.9.2	Ensayo para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (ASTM C-39).....	48
2.1.9.3	Resistencia a la flexión del concreto (MR).....	49
2.1.9.4	Ensayos para determinar la resistencia a la flexión del hormigón (ASTM C-78).....	50
2.1.10	Proceso de elaboración de vigas y probetas de hormigón para pavimento rígido.....	53
2.1.10.1	Dosificación del hormigón.....	54

2.1.10.2	Dosificación método ACI.....	54
2.1.10.3	Mezcla	55
2.1.10.4	Prueba del cono de Abrams.....	55
2.1.10.5	Llenado de moldes.....	56
2.1.10.6	Fraguado	56
2.1.10.7	Curado	56
2.1.10.8	Ensayo a flexión	56
2.1.10.9	Ensayo de compresión	57
2.1.11	Concreto reforzado con fibras (crf).....	58
2.1.11.1	Tipos de fibras	59
2.1.11.2	Parámetros básicos de las fibras	61
2.1.11.3	Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra.....	67
2.1.11.4	Ventajas y desventajas del uso de fibras	70
2.1.11.5	Aplicaciones de las fibras	72
2.1.11.6	Normas referentes al concreto reforzado con fibras	72
2.1.12	Fibras de acero Dramix.....	74
2.1.12.1	Ventajas de la utilización de fibras de acero Dramix segun IdealAlambrec 2014)..	75
2.1.12.2	Ventajas de las fibras encoladas frente a las sueltas.....	76
2.1.12.3	Tipos de fibras Dramix	76
2.1.12.4	Características de las fibras de acero Dramix.....	79
2.1.12.5	Resistencia a tracción	79
2.1.12.6	Resistencia de anclaje.....	80
2.1.12.7	Resistencia del alambre	80
2.1.12.8	Ductilidad del alambre	80
2.1.12.9	Especificaciones técnicas	81
2.1.13	Fibras de acero Dramix 3D.....	81
2.1.13.1	Ficha técnica de las fibras Dramix 3D/80/60	82
2.1.13.2	Certificaciones	83
2.1.13.3	Según el fabricante	83
2.2	Marco normativo.....	84

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

	Página
3.1 Criterios a utilizarse	85
3.1.1 Criterios de selección de banco de materiales.....	85
3.1.2 Criterios de selección de las Fibras de acero Dramix 3D	86
3.1.3 Criterios de Selección del cemento hidráulico	87
3.2 Caracterización de los materiales.....	87
3.2.1 Ensayo de granulometría (AASHTO T-27); (ASTM C-136)	88
3.2.2 Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados gruesos (AASHTO T-85); (ASTM C-127).....	94
3.2.3 Ensayo de peso específico y absorción de agua del agregado fino (AASHTO T-84) (ASTM C-128).....	95
3.2.4 Ensayo de peso unitario de los agregados (AASHTO T-19) (ASTM C-29).....	96
3.2.4.1 Ensayo de peso unitario a los agregados pétreos (Río La Victoria)	96
3.2.5 Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los Ángeles (AASHTO T-96); (ASTM C-131).....	97
3.2.6 Ensayos realizados al cemento portland.....	98
3.2.6.1 Ensayo del peso específico del cemento portland (El Puente IP 30) (ASTM C-188) (AASHTO T-133)	99
3.3 Análisis de resultados.....	100
3.4 Dosificación del hormigón.....	102
3.4.1 Dosificación de hormigón para probetas cilíndricas	106
3.4.1.1 Dosificación para 3 probetas cilíndricas de hormigón	106
3.4.2 Dosificación de hormigón para probetas prismáticas (vigas)	108
3.4.2.1 Dosificación para 1 probeta prismática (viga) de hormigón	109
3.4.3 Vaciado del hormigón en moldes	111
3.4.4 Curado de probetas cilíndricas y rectangulares (vigas).....	114
3.4.5 Ensayo para determinar la resistencia a compresión del hormigón	114
3.4.5.2 Resultados de la resistencia a compresión	116

3.4.6	Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón.....	117
3.4.6.2	Resultados de la resistencia a flexión.....	119
3.5	Análisis y comparación de resultados	120
3.5.1	Requisitos de aceptación de la resistencia a compresión del hormigón según la ACI-318R	120
3.5.2	Requisitos de aceptación de la resistencia a flexión del hormigón según la ACI-318R.....	122
3.5.3	Objetivo de adicionar fibras a pesar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.....	124
3.5.4	Análisis de resultados del hormigón endurecido con la inclusión de fibra de acero	129
3.5.5	Cálculo de la dosificación óptima a usar en una aplicación práctica	133
3.5.5.1	Dosificación óptima de fibra de acero basado en un análisis de la eficiencia en la resistencia a flexión.....	133
3.5.5.2	Dosificación óptima de fibra de acero basado en un análisis de la resistencia a compresión	135
3.5.6	Justificación el uso de la fibra (encolada y no encolada)	137
3.5.7	Justificación el uso del IP 30 en comparación con el IP 40.....	139
3.5.8	Diseño de espesores para tráfico ligero, mediano y pesado, y subrasantes de diferentes resistencias (mala, buena y excelente)	141
3.5.9	Realizar la evaluación técnica, económica y ambiental del uso de la fibra.....	145

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

	Página	
4.1	Análisis estadístico	152
4.1.1	Análisis estadístico de las propiedades mecánicas del hormigón endurecido ...	152
4.1.1.1	Resultados del análisis estadístico.....	153
4.3	Especificación técnica	160
4.3.1	Especificación técnica del pavimento rígido.....	160
4.4	Análisis de costos	166

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones	175
5.2 Recomendaciones	176

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo I: Reporte fotográfico.

Anexo II: Planillas de los ensayos realizados para la caracterización de los
Agregados

Anexo III: Dosificación y diseño de la mezcla de hormigón.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1: Operacionalidad de variables independientes.....	6
Tabla 1.2: Operacionalidad de variables dependientes.....	6
Tabla 2.1: Especificaciones técnicas de pavimentos.....	14
Tabla 2.2: Granulometría del agregado fino	29
Tabla 2.3: Granulometría del agregado grueso	29
Tabla 2.4: Rango de consistencias	34
Tabla 2.5: Densidades del hormigón.....	36
Tabla 2.6: Recomendaciones para módulos de ruptura.	47
Tabla 2.7: Resistencia que debe alcanzar el concreto	47
Tabla 2.8: Fórmulas de correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión	53
Tabla 2.9: Características de macrofibras y microfibras.....	60
Tabla 2.10: Características mecánicas de las fibras	65
Tabla 2.11: Tipos de fibras (aplicaciones)	77
Tabla 2.12: Tipos de fibras (capacidades).....	78
Tabla 2.13: Nomenclatura fibras de acero Dramix	78
Tabla 2.14. Especificaciones técnicas de las fibras Dramix 3D	81
Tabla 2.15: Propiedades de las fibras de acero Dramix 3D 80/60	83
Tabla 2.16: Normas usadas en la investigación	84
Tabla 3.1: Registro de resultados de granulometría del agregado grueso.....	89
Tabla 3.2: Granulometría ideal del agregado grueso (Río La Victoria)	91
Tabla 3.3: Registro de resultados de granulometría del agregado fino.....	92
Tabla 3.4: Datos del ensayo de peso específico para el agregado grueso.....	94

Tabla 3.5: Datos del ensayo de peso específico del agregado fino.....	95
Tabla 3.6: Datos y resultados del ensayo de peso unitario de la grava.....	96
Tabla 3.7: Datos y resultados del peso unitario de la arena.....	97
Tabla 3.8: Datos y resultados del ensayo de desgaste para la grava.....	98
Tabla 3.9: Datos y resultados del peso específico del cemento portland.....	99
Tabla 3.10: Rangos de valores específicos según normativas.....	100
Tabla 3.11: Resultados de los ensayos de laboratorio.....	100
Tabla 3.12: Rangos de valores específicos del cemento según normas.....	101
Tabla 3.13: Resultados de los ensayos de laboratorio cemento “El Puente”.....	101
Tabla 3.14: Características de los agregados.....	103
Tabla 3.15: Características del diseño.....	103
Tabla 3.16: Cálculo de la cantidad de materiales.....	104
Tabla 3.17: Peso seco de los ingredientes por (m ³) de hormigón.....	104
Tabla 3.18: Peso húmedo de los materiales.....	105
Tabla 3.19: Resumen de resultados de la dosificación.....	105
Tabla 3.20: Dosificación de cilindros de hormigón sin refuerzo.....	106
Tabla 3.21: Dosificación.....	107
Tabla 3.22: Dosificación de vigas de hormigón sin refuerzo.....	109
Tabla 3.23: Dosificación de vigas de hormigón con refuerzo.....	109
Tabla 3.24: Registro de valores de la resistencia a compresión del hormigón.....	116
Tabla 3.25: Registro de valores de resistencia a la flexión del hormigón.....	119
Tabla 3.26: Resultados de la resistencia a compresión del hormigón patrón.....	120
Tabla 3.27: Evaluación de la resistencia a compresión del hormigón (patrón) ACI 318-NTE INEN 1855.....	121
Tabla 3.28: Resultados de la resistencia a flexión del hormigón patrón.....	122

Tabla 3.29: Evaluación de la resistencia a flexión del hormigón (patrón) según ACI 318-NTE INEN 1855	122
Tabla 3.30: Caso del cumplimiento de las especificaciones técnicas del concreto.....	124
Tabla 3.31: Beneficios al prevenir la fisuración en pavimentos rígidos:	127
Tabla 3.32: Tiempo de evaluación de mejoras conseguidas en proyectos internacionales de pavimentos rígidos y hormigón mediante el uso de fibras de acero.	128
Tabla 3.33: Resumen de la resistencia a compresión del hormigón	129
Tabla 3.34: Incremento de la resistencia a compresión del hormigón con fibra.....	130
Tabla 3.35: Resumen de la resistencia a flexión del hormigón.....	131
Tabla 3.36: Incremento de la resistencia a flexión con la inclusión de fibra de acero...	132
Tabla 3.37: Eficiencia del hormigón con fibras de acero.....	133
Tabla 3.38: Resultados del incremento porcentual en la resistencia a compresión	135
Tabla 3.39: Resistencia de diseño de obras de pavimento rígido	140
Tabla 3.40: Calidad de la subrasante en función al CBR.....	141
Tabla 3.41: Combinaciones del tipo de tráfico en función a la calidad de la subrasante	142
Tabla 3.42: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 0 kg/m ³	144
Tabla 3.43: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 10 kg/m ³	144
Tabla 3.44: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 15 kg/m ³	145
Tabla 3.45: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 20 kg/m ³	145
Tabla 3.46: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 25 kg/m ³	146
Tabla 3.47: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 26 kg/m ³	146
Tabla 3.48: Resultado del diseño de espesores para una dosificación de 30 kg/m ³	147
Tabla 3.49: Resumen de resultados del diseño de espesores	147

Tabla 4.1: Valores de referencia de la desviación estándar para establecer la calidad del hormigón	152
Tabla 4.2: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 0 kg/m ³ de fibra de acero.....	153
Tabla 4.3: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 10 kg/m ³ de fibra de acero.....	153
Tabla 4.4: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 15 kg/m ³ de fibra de acero	153
Tabla 4.5: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 20 kg/m ³ de fibra de acero.....	154
Tabla 4.6: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 25 kg/m ³ de fibra de acero.....	154
Tabla 4.7: Análisis estadístico de las propiedades del hormigón endurecido con 30 kg/m ³ de fibra de acero.....	154
Tabla 4.8: Resumen de resistencias obtenidas	156
Tabla 4.9: Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos.....	163
Tabla 4.10: Precio unitario de hormigón simple H30 con 0 kg/m ³ de fibra de acero.	166
Tabla 4.11: Precio unitario de hormigón simple H30 con 10 kg/m ³ de fibra de acero.	167
Tabla 4.12: Precio unitario de hormigón simple H30 con 15 kg/m ³ de fibra de acero.	168
Tabla 4.13: Precio unitario de hormigón simple H30 con 20 kg/m ³ de fibra de acero.	169
Tabla 4.14: Precio unitario de hormigón simple H30 con 25 kg/m ³ de fibra de acero.	170
Tabla 4.15: Precio unitario de hormigón simple H30 con 26 kg/m ³ de fibra de acero.	171
Tabla 4.16: Precio unitario de hormigón simple H30 con 30 kg/m ³ de fibra de acero.	172
Tabla 4.17: Resumen del Análisis de precios unitarios del hormigón simple H 30	173

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Estructura de un pavimento flexible.....	11
Figura 2.2: Estructura de un pavimento rígido.....	12
Figura 2.3: Esquema del comportamiento de pavimentos	15
Figura 2.4: Tipos de pavimentos rígidos.....	16
Figura 2.5: Partes del pavimento rígido	17
Figura 2.6: Junta longitudinal con barras de amarre esperando a las losas adyacentes ...	20
Figura 2.7: Junta de expansión tipo 1.....	21
Figura 2.8: Junta de expansión tipo 2.....	21
Figura 2.9: Colocación del sello en una junta transversal de contracción	23
Figura 2.10: Junta transversal de construcción	24
Figura 2.11: Método del cono de Abrams.....	35
Figura 2.12: Alabeo de las losas de los pavimentos de concreto	40
Figura 2.13: Alabeo por cambio de humedad	41
Figura 2.14: Trasmisión de cargas vehiculares al pavimento	42
Figura 2.15: Modelo estructural simplificado de un pavimento rígido.....	43
Figura 2.16: Esfuerzos en sección de la losa de concreto en rango elástico	43
Figura 2.17: Formación y propagación de fisuras por esfuerzos de flexión	44
Figura 2.18: Esquema de medida del módulo de rotura ASTM C-78	46
Figura 2.19: Ensayos a tracción directa, indirecta y a flexión del concreto hidráulico ...	49
Figura 2.20: Esquema del ensayo a flexión con cargas a los tercios de la viga.....	51
Figura 2.21: Factores básicos de diseño de una mezcla de hormigón	55
Figura 2.22: Tipos de fallas de hormigón a compresión.....	58

Figura 2.23: Formas en dirección longitudinal de fibras de acero	62
Figura 2.24: Formas de la sección transversal de fibras de acero	62
Figura 2.25: Fibras encoladas y sueltas de acero	63
Figura 2.26: Formación de "erizos" o aglomeración de fibras.....	63
Figura 2.27: Gráfica de energía absorbida vs esbeltez de la fibra (L/D)	65
Figura 2.28: Respuesta de ensayo a flexión mediante gráfica carga vs deflexión	68
Figura 2.29: Tenacidad del concreto fibroreforzado y sin reforzar	69
Figura 2.30: Mecanismo de control de propagación de las fisuras	70
Figura 2.31: Rotura de probeta de concreto reforzado con fibras de acero	71
Figura 2.32: Bolsas recicladas de 20 kg.....	75
Figura 2.33: Fibras de acero Dramix 3D.....	76
Figura 2.34: Fibras de acero Dramix 4D.....	76
Figura 2.35: Fibras de acero Dramix 5D.....	77
Figura 2.36: Curva de tensión vs presión.....	79
Figura 2.37: Curva de tensión vs desplazamiento.....	79
Figura 2.38: Fibras de acero Dramix 3D.....	82
Figura 2.39: Ficha técnica Dramix 3D 80/60.....	82
Figura 2.40: Fibra Dramix 3D 80/60.....	83
Figura 3.1: Río La Victoria	85
Figura 3.2: Fibras Dramix 80/60.....	86
Figura 3.3: Fábrica de cemento El Puente.	87
Figura 3.4: Curva Granulometría promedio del agregado grueso – grava.....	90
Figura 3.5: Curva granulométrica confeccionada del agregado grueso	91
Figura 3.6: Curva granulométrica promedio agregado fino – arena	93

Figura 3.7: Dimensión de los moldes de probetas cilíndricas.....	106
Figura 3.8: Dimensión de los moldes de vigas	108
Figura 3.9: Materiales pesados previo al vaciado	111
Figura 3.10: Preparación de moldes para probetas cilíndricas y rectangulares	111
Figura 3.11: Mezclado de hormigón	112
Figura 3.12: Cono de Abrams (asentamiento)	112
Figura 3.13: Llenado de moldes de probetas cilíndricas.....	113
Figura 3.14: Llenado de moldes de probetas rectangulares	113
Figura 3.15: Desmolde y curado de probetas.....	114
Figura 3.16: Pesado de probeta	115
Figura 3.17: Ensayo a compresión.....	115
Figura 3.18: Colocado de viga en el soporte de ensayo a flexión.....	117
Figura 3.19: Pesado de probeta	118
Figura 3.20: Ensayo a flexión	118
Figura 3.21: Cumplimiento de los requisitos de resistencia a compresión.....	121
Figura 3.22: Cumplimiento de los requisitos de resistencia a flexión	123
Figura 3.23: Falla de la viga sin refuerzo de fibra	125
Figura 3.24: Falla de la viga reforzada con fibra	126
Figura 3.25: Variación de la resistencia a compresión vs Dosificación de fibra acero	129
Figura 3.26: Variación de la resistencia a flexión vs Dosificación de fibra de acero	131
Figura 3.27: Eficiencia óptima de la resistencia a flexión	134
Figura 3.28: Dosificación óptima de fibra de fibra de acero.....	136
Figura 2.29: Fibras encoladas y sueltas de acero	137

Figura 3.30: Distribucion de la fibra de acero.....	138
Figura 3.31: Distribucion de la fibra de acero.....	143
Figura 3.32: Espesor de losa vs Dosificacion de fibra (trafico ligero)	148
Figura 3.33:Espesor de losa vs Dosificacion de fibra (trafico mediano)	149
Figura 3.34: Espesor de losa vs Dosificacion de fibra (trafico pesado).....	149
Figura 4.1: Resultados de la prueba de normalidad	157
Figura 4.2: Comparación del precio de 1 m ³ de hormigón con adición de fibra de acero	173