

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Historia del hormigón .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Historia del hormigón en Chile.....	7
<b>2.2. Historia de los pavimentos .....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Historia de los pavimentos de hormigón.....	9
<b>2.3. El hormigón y sus componentes .....</b>	<b>11</b>
2.3.1. Ventajas del hormigón.....	11
2.3.2. Desventajas del hormigón.....	11
2.3.3. Descripción de los componentes.....	12
2.3.3.1. Cemento .....	12
2.3.3.2. Agua.....	15
2.3.3.3. Áridos.....	16
2.3.3.4. Aditivos .....	19
<b>2.4. Evolución de las exigencias de resistencia mecánica del hormigón de pavimentos en Chile .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5. Métodos de dosificación según ICH .....</b>	<b>23</b>
2.5.1. Método para dosificación de hormigón del ACI .....	23
2.5.2. Método de Faury para dosificación de hormigones .....	24
2.5.3. Dosificación de hormigones en base a proporciones fijas estimadas .....	24
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>25</b>

---

<b>3.1. Metodología .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. Descripción de los materiales.....</b>	<b>26</b>
3.2.1. Áridos.....	26
3.2.1.1. Extracción y preparación de muestras .....	26
3.2.1.2. Tamizado y determinación de la granulometría .....	27
3.2.1.3. Determinación de la densidad aparente .....	27
3.2.1.4. Determinación del material fino menor que 0,080 mm.....	28
3.2.1.5. Determinación de las densidades real y neta, y la absorción de agua de las gravas ..	28
3.2.1.6. Determinación de las densidades real y neta, y la absorción de agua de las arenas ..	29
3.2.2. Cemento .....	29
3.2.3. Agua .....	30
<b>3.3. Dosificación del hormigón.....</b>	<b>30</b>
3.3.1. Dosificación del hormigón patrón .....	30
3.3.1.1. Determinación de la resistencia media.....	30
3.3.1.2. Determinación de la cantidad de cemento por m <sup>3</sup> de hormigón .....	31
3.3.1.3. Razón Agua/Cemento.....	32
3.3.1.4. Agua de amasado.....	33
3.3.1.5. Determinación de la compactad (z) y las proporciones de la mezcla (%) .....	33
3.3.1.6. Determinación del agua de absorción .....	36
3.3.1.7. Resumen de la dosificación .....	36
<b>3.4. Confección de los hormigones experimentales .....</b>	<b>37</b>
3.4.1. Identificación de los hormigones efectuados .....	37
3.4.2. Corrección por humedad de la dosificación patrón.....	38
3.4.3. Dosificación por molde .....	40
3.4.3.1. Molde de probeta cúbica de 15 x 15 cm .....	40
3.4.3.2. Molde de probeta cúbica de 20 x 20 cm .....	41
3.4.3.3. Molde de probeta cilíndrica de 15 x 30 cm.....	41

---

3.4.4.	Dosificación por amasada.....	42
3.4.4.1.	Dosificación patrón H – 35.....	42
3.4.4.2.	Dosificación experimental N°1.....	43
3.4.4.3.	Dosificación experimental N°2.....	44
3.4.4.4.	Dosificación experimental N°3.....	44
3.4.4.5.	Dosificación experimental N°4.....	45
3.4.4.6.	Dosificación experimental N°5.....	45
3.4.4.7.	Dosificación experimental N°6.....	46
3.4.4.8.	Resumen de dosificaciones de amasadas .....	47
3.4.5.	Mezclado de los hormigones .....	47
3.4.6.	Transporte de los hormigones.....	49
3.4.7.	Confección y curado de probetas.....	50
3.4.7.1.	Moldeado de probetas.....	50
3.4.7.2.	Curado .....	53
<b>CAPÍTULO 4: ENSAYOS Y RESULTADOS .....</b>		<b>55</b>
<b>4.1.</b>	<b>Ensayo de docilidad.....</b>	<b>55</b>
4.1.1.	Aparatos .....	55
4.1.2.	Procedimiento.....	56
4.1.3.	Resultados .....	58
<b>4.2.</b>	<b>Ensayo de compresión.....</b>	<b>59</b>
4.2.1.	Refrentado de probetas .....	59
4.2.2.	Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas .....	60
4.2.2.1.	Aparatos .....	60
4.2.2.2.	Procedimiento.....	61
4.2.2.3.	Expresión de los resultados .....	62
4.2.2.4.	Resultados .....	64
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>		<b>67</b>

---

<b>8.1. Análisis técnico .....</b>	<b>67</b>
8.1.1. Docilidad .....	67
8.1.1.1. Asentamiento de cono de la primera franja.....	67
8.1.1.2. Asentamiento de cono de la segunda franja.....	68
8.1.1.3. Asentamiento de cono de la primera franja vs segunda franja .....	70
8.1.2. Resistencia a la compresión.....	71
8.1.2.1. Resistencia a la compresión de la primera franja .....	71
8.1.2.2. Resistencia a la compresión de la segunda franja .....	73
<b>8.2. Análisis económico .....</b>	<b>75</b>
8.2.1. Análisis de precios unitarios .....	75
8.2.2. Caso ejemplo .....	78
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo A – Registro fotográfico de ensayos a los áridos .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo B – Ficha Técnica cemento Polpaico Especial.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo C – Método de dosificación Faury – Joisel (FJ) .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo D – Registro fotográfico de ensayo de docilidad .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexo E – Registro fotográfico de refrentado .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo F – Determinación de dimensiones de probetas .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo G – Registro fotográfico de ensayos a compresión.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo H – Dimensiones de probetas .....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo I – Factores de conversión para probetas de compresión .....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo J – Plano proyecto ejemplo.....</b>	<b>110</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Obreros de la construcción en Tumba del faraón Rejmira.....	4
Ilustración 2: Panteón de Agripa, Roma.....	5
Ilustración 3: Calzadas romanas.....	8
Ilustración 4: Producción, materias primas.....	13
Ilustración 5: Elaboración de pastas.....	14
Ilustración 6: Fabricación de Clínquer.....	14
Ilustración 7: Molienda, ensacado y despacho.....	15
Ilustración 8: Grava.....	16
Ilustración 9: Gravilla.....	16
Ilustración 10: Arena.....	16
Ilustración 11: Distribución según masa del hormigón.....	18
Ilustración 12: Áridos empleados.....	26
Ilustración 13: Saco de cemento Polpaico Especial.....	30
Ilustración 14: Determinación de las proporciones de los áridos.....	35
Ilustración 15: Pesaje de grava.....	48
Ilustración 16: Tambor de betonera hidratado.....	48
Ilustración 17: Descarga de mezcla en carretilla.....	49
Ilustración 18: Carretilla hidratada.....	50
Ilustración 19: Cama de arena nivelada.....	50
Ilustración 20: Molde con desmoldante, y posteriormente llenado.....	51
Ilustración 21: Vibrado de hormigón.....	52
Ilustración 22: Alisado de superficie hormigón.....	53
Ilustración 23: Descimbre de probetas.....	54
Ilustración 24: Piscina de curado con agua saturada en cal.....	54
Ilustración 25: Llenado del cono en tres capas.....	56
Ilustración 26: Medición del asentamiento del hormigón.....	56
Ilustración 27: Extracción de muestra de grava.....	90
Ilustración 28: Extracción de muestra de arena.....	90
Ilustración 29: Cuarteo de grava.....	90
Ilustración 30: Cuarteo de arena.....	90
Ilustración 31: Secado de grava.....	90
Ilustración 32: Secado de arena.....	90
Ilustración 33: Lavado de grava.....	91
Ilustración 34: Tamizado de arena.....	91
Ilustración 35: Tamizado de grava.....	91
Ilustración 36: Pesaje de volumen de cilindro de grava.....	91
Ilustración 37: Pesaje de volumen de cilindro de arena.....	91
Ilustración 38: Volumen de grava.....	91
Ilustración 39: Volumen de arena.....	91
Ilustración 40: Grava saturada en agua.....	91
Ilustración 41: Arena saturada en agua.....	91

---

	Pág.
Ilustración 42: Grava superficialmente seca.....	92
Ilustración 43: Arena superficialmente seca.....	92
Ilustración 44: Masa seca arena.....	92
Ilustración 45: Matraz con agua.....	92
Ilustración 46: Matraz con agua y muestra.....	92
Ilustración 47: Humectación de base.....	102
Ilustración 48: Placa base y cono humectados.....	102
Ilustración 49: Apisonado de 1era capa.....	102
Ilustración 50: Apisonado de 2da capa.....	102
Ilustración 51: Mezcla de azufre con arena.....	103
Ilustración 52: Marmita.....	103
Ilustración 53: Probeta en aparato alineador.....	103
Ilustración 54: Probeta con refrentado.....	103
Ilustración 55: Pesaje de probeta.....	105
Ilustración 56: Medición de probeta.....	105
Ilustración 57: Probeta cúbica en prensa.....	105
Ilustración 58: Probeta cilíndrica en prensa.....	105
Ilustración 59: Fisuración de probeta cúbica.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Especificaciones generales del hormigón.....	20
Tabla 2: Especificaciones generales del hormigón.....	21
Tabla 3: Especificaciones para el hormigón de pavimentos.....	22
Tabla 4: Granulometría de los áridos.....	27
Tabla 5: Densidad aparente.....	28
Tabla 6: Material fino menor a 0,080 mm.....	28
Tabla 7: Densidad real y neta, y absorción de la grava.....	29
Tabla 8: Densidad real y neta, y absorción de la arena.....	29
Tabla 9: Resistencia media de dosificación (fd).....	31
Tabla 10: Coeficientes E.....	31
Tabla 11: Resistencia v/s Razón Agua/Cemento.....	32
Tabla 12: Interpolación lineal.....	32
Tabla 13: Contenido de aire según tamaño máximo nominal (l/m <sup>3</sup> ).....	33
Tabla 14: Valores de M.....	34
Tabla 15: Valores de N.....	34
Tabla 16: Resumen dosificación de hormigón patrón para 1 m <sup>3</sup> .....	37
Tabla 17: Identificación de las probetas de hormigón.....	38
Tabla 18: Peso húmedo y seco de los áridos.....	39
Tabla 19: Humedad de los áridos.....	39
Tabla 20: Correcciones por humedad de los áridos.....	39
Tabla 21: Dosificación del hormigón patrón corregida por humedad.....	40
Tabla 22: Dosificación de hormigón patrón en probeta de 15 x 15 cm.....	40
Tabla 23: Dosificación de hormigón patrón en probeta de 20 x 20 cm.....	41
Tabla 24: Dosificación de hormigón patrón en probeta de 15 x 30 cm.....	41
Tabla 25: Medidas de probetas para cada dosificación.....	42
Tabla 26: Amasada dosificación hormigón patrón.....	42
Tabla 27: Amasada dosificación patrón molde 15 x15 cm.....	43
Tabla 28: Amasada dosificación experimental N°1.....	43
Tabla 29: Amasada dosificación experimental N°2.....	44
Tabla 30: Amasada dosificación patrón molde 15 x 30 cm.....	44
Tabla 31: Amasada dosificación experimental N°3.....	45
Tabla 32: Amasada dosificación experimental N°4.....	45
Tabla 33: Amasada dosificación patrón molde 20 x 20 cm.....	46
Tabla 34: Amasada dosificación experimental N°5.....	46
Tabla 35: Amasada dosificación experimental N°6.....	46
Tabla 36: Resumen de dosificaciones de amasadas.....	47
Tabla 37: Asentamientos de hormigones.....	58
Tabla 38: Resultados de las probetas ensayadas a los 7 días.....	64
Tabla 39: Resultados de las probetas ensayadas a los 14 días.....	65

	Pág.
Tabla 40: Resultados de las probetas ensayadas a los 28 días. ....	66
Tabla 41: Variación porcentual de los asentamientos de la primera franja. ....	68
Tabla 42: Variación porcentual de la segunda franja. ....	69
Tabla 43: Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días de la primera franja. ....	72
Tabla 44: Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días de la segunda franja. ....	74
Tabla 45: P.U. Hormigón de pavimentos H (35) patrón hecho en obra con autohormigonera de 3,5 m <sup>3</sup> → 1 m <sup>3</sup> . ....	76
Tabla 46: P.U. Hormigón de pavimentos H (35) N°1 hecho en obra con autohormigonera de 3,5 m <sup>3</sup> → 1 m <sup>3</sup> . ....	76
Tabla 47: P.U. Hormigón de pavimentos H (35) N°2 hecho en obra con autohormigonera de 3,5 m <sup>3</sup> → 1 m <sup>3</sup> . ....	76
Tabla 48: Cuadro de obras de proyecto a evaluar. ....	78
Tabla 49: P.U. Pavimento hormigón H (35) patrón, e = 0,15 m. ....	79
Tabla 50: Presupuesto pavimento hormigón H (35) patrón, e = 0,15 m. ....	80
Tabla 51: P.U. Pavimento hormigón H (35) N°1, e = 0,15 m. ....	80
Tabla 52: Presupuesto pavimento hormigón H (35) N°1, e = 0,15 m. ....	81
Tabla 53: P.U. Pavimento hormigón H (35) N°2, e = 0,15 m. ....	82
Tabla 54: Presupuesto pavimento hormigón H (35) N°2, e = 0,15 m. ....	83