

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1 Redes de evacuación de aguas lluvias	3
2.1.1 Definiciones	3
2.1.2 Historia de la Evacuación y Drenaje de aguas lluvias en Chile	5
2.1.3 Tipos de redes	6
2.1.4 Legislación, reglamentación y recomendaciones	7
2.2 Registros Pluviométricos	8
2.2.1 Región del Maule	8
2.2.2 Ciudad de Linares	8
2.3 Cubierta verde	9
2.3.1 Definición, componentes y características	9
2.3.2 Clasificación de las cubiertas verdes	10
2.3.3 Origen y primeras construcciones	16
2.3.4 Eficiencia en la retención híbrida de las cubiertas verdes	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	20
3.1 Inundaciones	20
3.1.1 Búsqueda de puntos críticos de inundación en Linares	20
3.1.2 Registros pluviométricos de Linares	23
3.1.3 Selección de puntos de inundación críticos	29
3.2 Selección de la cubierta verde apropiada	33
3.2.1 Sistemas de cubierta a utilizar en la simulación	33
3.2.2 Cantidad de aguas lluvias que puede captar la cubierta verde	34
3.3 Dimensionado con SWMM versión 5.1	36

3.3.1	Ventana principal de SWMM	36
3.3.2	Elaboración de proyectos	42
3.3.3	Cómo trabajar con objetos	45
3.3.4	Cómo trabajar con el mapa	48
3.3.5	Técnicas de Desarrollo de Baja Impacto (Low Impact Development, LID).....	49
3.3.6	Puesta en marcha de una simulación.....	51
3.3.7	Visión de resultados de la simulación	52
3.4	Criterios de diseño de los puntos a tratar	54
3.5	Planteamiento del modelo hidrológico	55
3.5.1	Modelo hidrológico punto crítico de inundación 1 y 2	55
CAPÍTULO IV: CONFECCIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO Y RESULTADOS ____		57
4.1	Diseño de los puntos inundados	57
4.2	Datos a utilizar en el dimensionado del punto de inundación 1.....	60
4.2.1	Diseño del modelo hidrológico del punto de inundación 1	62
4.2.2	Simulación e informe de resultados del modelo hidrológico	64
4.2.3	Inundaciones en el modelo hidrológico	67
4.2.4	Aplicación de Cubiertas Verdes.....	76
4.3	Datos a utilizar en el dimensionado del punto de inundación 2.....	84
4.3.1	Diseño del modelo hidrológico del punto de inundación 2.....	85
4.3.2	Simulación e informe de resultados del modelo hidrológico	87
4.3.3	Inundaciones en el modelo hidrológico	90
4.3.4	Aplicación de Cubiertas Verdes.....	98
4.4	Cuánto disminuye la escorrentía	104
4.4.1	Punto de inundación 1	104
4.4.2	Punto de inundación 2.....	104
4.5	Beneficios de la implementación de cubiertas verdes	106
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y PROPUESTAS FUTURAS _____		108
5.1	Conclusiones	108
5.1.1	Propuestas futuras	109
Bibliografía _____		110
Anexos _____		111
	Anexo 1: Imágenes de inundaciones registradas el día 09/08/15.....	112

Anexo 2: Cotas de nivel colectores de aguas lluvias del punto de inundación 1	116
Anexo 3: Cotas de nivel colectores de aguas lluvias del punto de inundación 2	116

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1 Estaciones meteorológicas con valores de precipitación anual promedio (mm), Desviación Estándar (mm) y Coeficiente de Variación (%), período 1930-2000.....	8
Tabla 2: Porcentaje de agua retenida en las parcelas de ensayo.	19
Tabla 3: Puntos críticos de inundaciones.....	21
Tabla 4: Puntos activos de inundación.....	22
Tabla 5: Otros puntos activos con inundaciones.....	22
Tabla 6: Precipitaciones (en mm) máximas en 24 hrs. caídas en la Estación Curicó del año 1985 al 2014.....	24
Tabla 7: Precipitaciones (en mm) máximas en 24 hrs. caídas en la Estación Chillán del año 1985 al 2014.....	25
Tabla 8: Precipitaciones (en mm) máximas en 24 horas, que pueden haber caído en Linares entre los años 1985 y 2014.	26
Tabla 9: Elección de precipitaciones (en mm) máximas en 24 hrs. que se espera que caigan en Linares con un criterio de 95% de confiabilidad.....	27
Tabla 10: Precipitaciones máximas en 24 hrs. en mm que se espera que caigan en Linares.	29
Tabla 11: Cantidad en m^3 de aguas lluvias máximas en 24 hrs. que puede captar cierta cantidad de m^2 de cubierta verde.....	35
Tabla 12: Superficies en hectáreas de las subcuencas, punto de inundación 1.	60
Tabla 13: Profundidad de los colectores de aguas lluvias, punto de inundación 1.	61
Tabla 14: Cota de nivel de los colectores de aguas lluvias, punto de inundación 1.....	61
Tabla 15: Cota del punto de vertido, punto de inundación 1.	61
Tabla 16: Diámetros de los conductos, punto de inundación 1.....	61
Tabla 17: Lluvia esperada en mm en un periodo máximo de 24 horas.....	62
Tabla 18: Cubierta verde 1, CV1.	77
Tabla 19: Cubierta verde 2, CV2.	78
Tabla 20: Superficies en hectáreas de las subcuencas, punto de inundación 2.	84
Tabla 21: Profundidad de los colectores de aguas lluvias, punto de inundación 2.	84
Tabla 22: Cota de nivel de los colectores de aguas lluvias, punto de inundación 2.....	85
Tabla 23: Cota del punto de vertido, punto de inundación 2.	85

Tabla 24: Diámetros de los conductos, punto de inundación 2.....	85
Tabla 25: Cuadro de disminución de escorrentía superficial punto de inundación 1.....	104
Tabla 26: Cuadro de disminución de escorrentía superficial punto de inundación 2.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Contenido	Página
Ilustración 1: Cubierta extensiva.....	11
Ilustración 2: Cubierta intensiva	12
Ilustración 3: Cubierta semi intensiva.....	13
Ilustración 4: División de las cubiertas verdes según su inclinación.	15
Ilustración 5: Cubierta verde ejecutada en el año 2010 en Leyda V Región.	18
Ilustración 6: Distancia de Curicó a Linares	23
Ilustración 7: Distancia de Linares a Chillán	23
Ilustración 8: Gráfico de las precipitaciones (en mm) que se espera que caigan en Linares, con un 95% de confiabilidad.	28
Ilustración 9: Densificación población Carlos Camus, ciudad de Linares.....	31
Ilustración 10: Punto de inundación 1.....	32
Ilustración 11: Punto de inundación 2.....	32
Ilustración 12: Vista general	37
Ilustración 13: Barra de herramientas	38
Ilustración 14: Barra de estado.....	38
Ilustración 15: Visor de datos	39
Ilustración 16: Mapa del área de estudio.....	41
Ilustración 17: Tabla de objetos	46
Ilustración 18: LID control editor	50
Ilustración 19: Vista en planta de Google Earth.	57
Ilustración 20: Superficies de techumbres y calles que aportan con caudal al punto de inundación 1.	58
Ilustración 21: Superficies de techumbres y calles que aportan con caudal al punto de inundación 2.	59
Ilustración 22: Superficie de techumbre, aplicación Free Maps Tools.	59
Ilustración 23: Cálculo de Free Maps Tools.	59
Ilustración 24: Diseño del modelo hidrológico en SWMM, del punto de inundación 1.....	64
Ilustración 25: Simulación del modelo hidrológico del punto de inundación 1.....	64
Ilustración 26: Informe de estados, resultados de la simulación en SWMM, punto de inundación 1.	65
Ilustración 27: Reporte de resumen de la escorrentía en las subcuencas, punto de inundación 1.....	66

Ilustración 28: Selección del perfil de terreno, SWMM.	67
Ilustración 29: Hora 1, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	68
Ilustración 30: Hora 2, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	68
Ilustración 31: Hora 3, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	69
Ilustración 32: Hora 4, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	69
Ilustración 33: Hora 5, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	69
Ilustración 34: Hora 6, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	70
Ilustración 35: Hora 7, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	70
Ilustración 36: Hora 8, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	70
Ilustración 37: Hora 9, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	71
Ilustración 38: Hora 10, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	71
Ilustración 39: Hora 11, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	71
Ilustración 40: Hora 12, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	72
Ilustración 41: Hora 13, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	72
Ilustración 42: Hora 14, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	72
Ilustración 43: Hora 15, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	73
Ilustración 44: Hora 16, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	73
Ilustración 45: Hora 17, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	73
Ilustración 46: Hora 18, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	74
Ilustración 47: Hora 19, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	74
Ilustración 48: Hora 20, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	74
Ilustración 49: Hora 21, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	75
Ilustración 50: Hora 22, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	75
Ilustración 51: Hora 23, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 1.	75
Ilustración 52: Nodo Inundado, punto de inundación 1.	76
Ilustración 53: Modelo Tipo CV1.	77
Ilustración 54: Modelo Tipo CV2.	78
Ilustración 55: Implementación de cubiertas verdes a 13 subcuencas del punto de inundación 1. Fuente: elaboración propia.	79
Ilustración 56: Implementación de cubiertas verdes a 25 subcuencas del punto de inundación 1.	79
Ilustración 57: Reporte de estado, CV1.	80
Ilustración 58: Reporte de Resumen con CV1, punto de inundación 1.	80
Ilustración 59: Reporte de estado, CV1.	81
Ilustración 60 Reporte de Resumen con CV1, punto de inundación 1.	81

Ilustración 61: Reporte de estado, CV2.	82
Ilustración 62: Reporte de Resumen con CV2, punto de inundación 1.	82
Ilustración 63: Reporte de estado, CV2.	83
Ilustración 64: Reporte de Resumen con CV2, punto de inundación 1.	83
Ilustración 65: Diseño del modelo hidrológico en SWMM, del punto de inundación 2.....	86
Ilustración 66: Simulación del modelo hidrológico del punto de inundación 2.....	87
Ilustración 67: Informe de estados, resultados de la simulación en SWMM, punto de inundación 2.	88
Ilustración 68: Reporte de resumen de la escorrentía en las subcuencas, punto de inundación 2.....	89
Ilustración 69: Hora 1, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	90
Ilustración 70: Hora 2, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	90
Ilustración 71: Hora 3, perfil longitudinal SWMM punto de inundación 2.	91
Ilustración 72: Hora 4, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	91
Ilustración 73: Hora 5, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	91
Ilustración 74: Hora 6, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	92
Ilustración 75: Hora 7, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	92
Ilustración 76: Hora 8, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	92
Ilustración 77: Hora 9, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	93
Ilustración 78: Hora 10, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	93
Ilustración 79: Hora 11, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	93
Ilustración 80: Hora 12, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	94
Ilustración 81: Hora 13, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	94
Ilustración 82: Hora 14, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	94
Ilustración 83: Hora 15, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	95
Ilustración 84: Hora 16, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	95
Ilustración 85: Hora 17, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	95
Ilustración 86: Hora 18, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	96
Ilustración 87: Hora 19, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	96
Ilustración 88: Hora 20, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	96
Ilustración 89: Hora 21, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	97
Ilustración 90: Hora 22, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	97
Ilustración 91: Hora 23, perfil longitudinal SWMM, punto de inundación 2.	97
Ilustración 92: Nodo Inundado, SWMM, punto de inundación 2.	98
Ilustración 93: Implementación de cubiertas verdes a 8 subcuencas del punto de inundación 2.....	99

Ilustración 94: Implementación de cubiertas verdes 20 subcuencas del punto de inundación 2.	99
Ilustración 95: Reporte de estado, CV1.	100
Ilustración 96: Reporte de Resumen con CV1, punto de inundación 2.	100
Ilustración 97: Reporte de estado, CV1.	101
Ilustración 98 Reporte de Resumen con CV1, punto de inundación 2.....	101
Ilustración 99: Reporte de estado, CV2.	102
Ilustración 100: Reporte de Resumen con CV2, punto de inundación 2.	102
Ilustración 101: Reporte de estado, CV2.	103
Ilustración 102: Reporte de Resumen con CV2, punto de inundación 2	103