

ÍNDICE

Contenido	Página
<hr/>	
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 Historia del Agua Potable.....	3
2.1.1 Origen del Agua Potable.....	3
2.1.2 El Agua Potable en Chile.....	5
2.1.3 Redes de Distribución de Agua Potable.....	6
2.1.3.1 Elementos de una Red	7
2.1.3.2 Tipos de Redes	9
2.1.4 Normativa Aplicable	11
2.2 Diseño de Redes de Agua.....	11
2.2.1 Metodologías de Diseño Clásicos	12
2.2.1.1 Diámetros Mínimos	13
2.2.1.2 Pendiente Hidráulica Constante	13
2.2.1.3 Hardy – Cross	14
2.2.2 Técnicas Heurísticas de Diseño	15
2.2.2.1 Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA)	17
2.2.2.1.1 Funcionamiento del Algoritmo.....	21
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO	24
3.1 Introducción	24
3.2 Realización de un Modelo en Epanet	26
3.3 Caso de Estudio.....	31
3.3.1 Recopilación de la Información	32
3.3.1.1 Puntos de Consumo	32
3.3.1.2 Conducciones	34
3.3.1.3 Topología de la Red.....	37
3.3.2 Desarrollo de la Información	37
3.3.2.1 Parametrización de la Zanja.....	37

3.3.2.2	Precios Unitarios	40
3.3.2.3	Costos de Instalación	43
CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL MODELO, METODOLOGÍA Y PLANIFICACIÓN DE SIMULACIONES		45
4.1	Validación del Modelo	45
4.1.1	Redes de Benchmarking	45
4.1.1.1	Red de Hanoi	46
4.1.1.2	Red de Nueva York	48
4.2	Modelo de Optimización: Sara	50
4.3	Definición de los Parámetros de Calibración.....	54
4.4	Condición de Convergencia.....	55
CAPÍTULO V: RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO		57
5.1	Resultados de las Simulaciones	57
5.1.1	Red de Hanoi	57
5.1.2	Red de Nueva York	60
5.2	Análisis Estadístico de la Condición de Convergencia	63
5.3	Aplicación al Caso de Estudio y Análisis de Resultados	72
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
6.1	Conclusiones	78
6.2	Recomendaciones	79
BIBLIOGRAFÍA		81
ANEXOS		84
Anexo N°1: Precios unitarios para los diámetros de 32 mm a 110 mm		85
Anexo N°2: Macro realizado en VBA.....		87
Anexo N°3: Resultados obtenidos de la simulación con el criterio de convergencia 3000.....		88
Anexo N°4: Plano de la red San Pedro II de Molina		95

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<hr/>	
Figura 2.1: Dibujo esquemático de la estructura de una red de abastecimiento de agua romana.	4
Figura 2.2: Esquema de un sector de una red de distribución de agua potable.	8
Figura 2.3: Representación gráfica de redes mixtas.	10
Figura 2.4: Representación de meme y memotipo.....	22
Figura 2.5: SFLA aplicado al diseño de redes de agua.	23
Figura 3.1: Panel de botones para la realización de una red.	26
Figura 3.2: Nudos, depósito y embalses de la red.....	27
Figura 3.3: Conexión de nudos en Epanet.	27
Figura 3.4: Modelo hidráulico dibujado en Epanet.	28
Figura 3.5: Visor y editor de propiedades de elementos.	29
Figura 3.6: Leyenda de presiones y caudales.	30
Figura 3.7: Tabla de nudos de la red.	31
Figura 3.8: Esquema de identificación de los nudos y las tuberías de la red de San Pedro II de Molina.....	34
Figura 3.9: Representación de variables que afectan a la parametrización de la zanja.	39
Figura 4.1: Red de Hanoi.	46
Figura 4.2: Red de túneles de Nueva York.....	48
Figura 4.3: Pantalla de presentación en Sara.	51
Figura 4.4: Pantalla de ejecución de las simulaciones del algoritmo en Sara.	52
Figura 4.5: Resultados de optimización de diámetros de tuberías.	53
Figura 5.1: Resultados obtenidos de la simulación hidráulica realizada en Epanet para la red de Hanoi.....	59
Figura 5.2: Resultados obtenidos de la simulación hidráulica realizada en Epanet para la red de túneles de Nueva York.	62
Figura 5.3: Ejemplo de los resultados almacenados en Excel para la red de Hanoi.	63
Figura 5.4: Ejemplo de los resultados obtenidos, ordenados de menor a mayor en función de la mejor solución para la red de Hanoi.....	64
Figura 5.5: Extracto del macro realizado.....	65
Figura 5.6: Cuadro de diálogo proporcionado por el macro.	66
Figura 5.7: Solicitud de cantidad de criterios de convergencia.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 2.1: Comparación entre algoritmo genético y memético.	18
Tabla 3.1: Datos de puntos de consumo.	33
Tabla 3.2: Cotas de los nudos y caudales de consumo para la red de agua potable.	34
Tabla 3.3: Longitudes y uniones de las tuberías en la red de agua potable.	35
Tabla 3.4: Gama de tuberías de PVC Clase 10 de longitud 6m.	36
Tabla 3.5: Desglose de aportes aplicados al costo total en las leyes sociales.	40
Tabla 3.6: Precio unitario de excavación en zanja (m3).	41
Tabla 3.7: Precio unitario de cama de apoyo de arena apisonada (m3).	41
Tabla 3.8: Precio unitario de relleno con arena (m3).	41
Tabla 3.9: Precio unitario de relleno con material de obra (m3).	41
Tabla 3.10: Precio unitario de retiro y transporte de excedentes (m3).	42
Tabla 3.11: Precio unitario de instalación de tubería al interior de la zanja (m).	42
Tabla 3.12: Cubicación para un metro lineal de la gama de tubería seleccionada.	43
Tabla 3.13: Gama de diámetros seleccionada con costos de instalación.	44
Tabla 4.1: Cota y demanda de los nudos de la red de Hanoi.	47
Tabla 4.2: Longitud de las líneas de la red de Hanoi.	47
Tabla 4.3: Gama de diámetros utilizada en el diseño de la red de Hanoi.	48
Tabla 4.4: Cota y demanda de los nudos de la red de túneles de Nueva York.	49
Tabla 4.5: Longitud y diámetro original de las líneas de la red de túneles de Nueva York.	49
Tabla 4.6: Gama de diámetros utilizados en el diseño de la red de túneles de Nueva York.	50
Tabla 4.7: Valores de los parámetros del algoritmo Shuffled Frog Leaping utilizados en las simulaciones realizadas en Sara.	55
Tabla 4.8: Cantidad máxima de generaciones utilizadas para el estudio de la condición de convergencia en SFLA.	55
Tabla 5.1: Diámetros obtenidos para la red de Hanoi utilizando metodologías heurísticas.	58
Tabla 5.2: Costo de diseño obtenido para la red de Hanoi utilizando metodologías heurísticas.	58
Tabla 5.3: Diámetros obtenidos para la red de túneles de Nueva York utilizando metodologías heurísticas.	60
Tabla 5.4: Costo de diseño obtenido para la red de túneles de Nueva York utilizando metodologías heurísticas.	61
Tabla 5.5: Soluciones mínimas y buenas soluciones obtenidas para las redes de benchmarking.	67

Tabla 5.6: Porcentajes obtenidos para las redes de benchmarking.	68
Tabla 5.7: Costo comparativo de diseño obtenido para la red San Pedro II.....	73
Tabla 5.8: Resultados de presiones obtenidos de la simulación hidráulica.	74
Tabla 5.9: Resultados de velocidades obtenidas de la simulación hidráulica.	74
Tabla 5.10: Resultados obtenidos para la red San Pedro II.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Contenido	Página
Gráfico 5.1: Soluciones mínimas obtenidas en porcentaje.	69
Gráfico 5.2: Buenas soluciones obtenidas en porcentaje.	69
Gráfico 5.3: Línea de tendencia aplicada sobre los resultados de las redes de benchmarking.	70
Gráfico 5.4: Soluciones mínimas obtenidas en porcentaje para todas las redes.	76
Gráfico 5.5: Costos obtenidos en las simulaciones con el algoritmo SFLA.	77