

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL | i |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Objetivo general | 2 |
| 1.3. Objetivos específicos | 2 |
| 1.4. Contenidos del informe | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. Redes de distribución de agua | 4 |
| 2.1.1. Definiciones fundamentales | 4 |
| 2.1.2. Caracterización red de distribución de agua | 4 |
| 2.2. Pérdida de agua en la red de distribución | 13 |
| 2.2.1. Control de presiones como estrategia para disminuir pérdidas en red de agua . | 14 |
| 2.2.2. Estrategias para controlar la presión | 20 |
| 2.3. Metodologías existentes para optimizar presiones | 21 |
| 2.4. Simulación hidráulica de una red de distribución de agua | 40 |
| 2.4.1. Funcionamiento de PRV | 40 |
| 2.4.2. Modelo Hidráulico | 42 |
| 2.4.3. Modelamiento basado en demanda y demanda de presión | 43 |
| 2.5. Modelación en software WNTR | 44 |
| 2.5.1. Lenguaje de programación | 45 |
| 2.5.2. Paquetes informáticos | 45 |
| 2.5.3. Elementos y caracterización | 45 |
| 2.6. Red neuronal entrenada mediante aprendizaje por refuerzo | 46 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.6.1. | Perceptrones multicapa | 47 |
| 2.6.2. | Funciones de Activación | 49 |
| 2.6.3. | Aprendizaje por refuerzo | 50 |
| 2.6.4. | Procesos de decisión de Markov | 51 |
| 2.6.5. | Valor Óptimo | 52 |
| 2.7. | Algoritmo Genético | 52 |
| 3. | METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS Y OPTIMIZAR LAS PRESIONES EN LA RED DE AGUA POTABLE | 54 |
| 3.1. | Metodología para determinar las válvulas candidatas en la red y su localización . . | 54 |
| 3.1.1. | Modelo hidráulico | 54 |
| 3.1.2. | Desarrollo de métrica representativa de evaluación de desempeño de válvulas en la red de distribución | 55 |
| 3.1.3. | Conexión de válvulas a la red | 57 |
| 3.1.4. | Modelación y extracción de resultados representativos | 57 |
| 3.1.5. | Medida de la influencia y resultado | 59 |
| 3.1.6. | Selección definitiva de válvulas candidatas | 59 |
| 3.2. | Metodología para ajustar apertura de las válvulas con Inteligencia Artificial | 60 |
| 3.2.1. | Red neuronal | 61 |
| 3.3. | Algoritmo Genético | 64 |
| 4. | APLICACIÓN SOBRE REDES EXPERIMENTALES | 65 |
| 4.1. | Red 1 | 65 |
| 4.2. | Red 2 | 66 |
| 4.3. | Demanda y demanda esperada | 67 |
| 5. | RESULTADOS DE APLICACIÓN | 68 |
| 5.1. | Red experimental 1 | 68 |
| 5.1.1. | Cálculo de influencias en red experimental y selección de válvulas según solapamiento | 68 |
| 5.1.2. | Conformación escenario base | 69 |
| 5.1.3. | Presiones escenario base | 71 |
| 5.1.4. | Optimización de Presiones | 72 |

| | |
|--|-----|
| 5.2. Red experimental 2 | 77 |
| 5.2.1. Cálculo de influencias en red experimental y selección de válvulas según solapamiento | 77 |
| 5.2.2. Conformación escenario base | 77 |
| 5.2.3. Presiones escenario base | 79 |
| 5.2.4. Optimización de Presiones | 80 |
| 5.3. Control de nivel de estanques | 84 |
| 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 90 |
| 7. CONCLUSIONES | 94 |
| BIBLIOGRAFÍA | 96 |
| Anexos | 100 |
| A. ANEXO A | 100 |
| B. ANEXO B | 104 |