



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERÍA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# **OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA MULTIOBJETIVO PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE TERRESTRE**

**CRISTINA TORRES MACHÍ**

Tesis para optar al grado de

Doctor en Ciencias de la Ingeniería por Pontificia Universidad Católica de Chile

Doctor por Universitat Politècnica de València

Profesores Supervisores:

**MARCELA ALONDRA CHAMORRO GINÉ**

**EUGENIO PELLICER ARMIÑANA**

**VÍCTOR YEPES PIQUERAS**

Enero 2015

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	12
RESUM .....	14
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	16
NOTACIÓN .....	17
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
1.1 Planteamiento del Problema.....	19
1.2 Punto de Partida de la Investigación .....	34
1.3 Objetivos .....	35
1.4 Hipótesis.....	36
1.5 Alcance.....	37
1.6 Método de Investigación .....	41
1.7 Organización de la Tesis .....	45
<b>2 LA TOMA DE DECISIÓN EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS.....</b>	<b>47</b>
2.1 Evaluación de Alternativas de Conservación.....	48
2.2 Optimización para la Asignación de Recursos de Conservación .....	74
2.3 Limitaciones y Oportunidades de Mejora .....	100

3	HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA MULTIOBJETIVO EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS .....	103
3.1	Definición del Problema de Optimización .....	104
3.2	Diseño Conceptual de la Herramienta de Optimización .....	110
3.3	Consideraciones para la Aplicación de Algoritmos Heurísticos .....	113
3.4	Características de los Algoritmos de Optimización Heurística.....	117
4	APLICACIÓN DE ALGORITMOS HEURÍSTICOS MONOBJETIVO A CASO DE ESTUDIO: LA GESTIÓN DE REDES DE PAVIMENTOS URBANOS ....	139
4.1	Particularidades de la Gestión de Pavimentos Urbanos .....	140
4.2	Parámetros del Problema de Optimización .....	143
4.3	Aplicación Monobjetivo de los Algoritmos Heurísticos.....	171
4.4	Discusión y Conclusiones Derivadas de la Optimización Monobjetivo	188
5	DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN ALGORITMO HÍBRIDO MULTIOBJETIVO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE .....	190
5.1	Algoritmo Híbrido Multiobjetivo Basado en GRASP y GLS.....	191
5.2	Calibración del Algoritmo Híbrido Propuesto .....	197
5.3	Validación del Algoritmo Híbrido .....	205
5.4	Optimización Multiobjetivo .....	209
5.5	Estudio de Sensibilidad a las Restricciones Presupuestarias .....	222
5.6	Discusión y Conclusiones Derivadas de la Optimización Multiobjetivo	230
6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	235
6.1	Cumplimiento de los Objetivos de la Investigación.....	235
6.2	Conclusiones de la Investigación .....	239
6.3	Recomendaciones Prácticas .....	242
6.4	Limitaciones .....	244
6.5	Futuras Líneas de Investigación.....	246
7	RESUMEN EXTENDIDO EN INGLÉS (Incluidas conclusiones).....	249
7.1	Background .....	249
7.2	Objectives.....	251
7.3	Hypotheses .....	252

7.4	Scope of the study .....	253
7.5	Research Method.....	255
7.6	Conclusions, Recommendations and Future Research .....	258
8	REFERENCIAS .....	268
A N E X O S.....		282
Anexo A: Conceptos básicos de la evaluación económica .....		283
Anexo B: Formulación matemática de indicadores económicos .....		288
Anexo C: Idoneidad de un indicador basado en efectividad para el caso de estudio.....		289
Anexo D: Ajuste del incremento de vida en servicio de los tratamientos.....		299
Anexo E: Impacto ambiental de la aplicación de tareas de conservación.....		304
Anexo F: Código para designar tratamientos en programas de conservación .....		306
Anexo G: Escenario presupuestario base para la conservación de la red de estudio.....		307
Anexo H: Resultados de la calibración de heurísticas .....		310
Anexo I: Resultados de la calibración de la heurística híbrida .....		323
Anexo J: Datos de inventario y resultados de validación del algoritmo híbrido.....		327
Anexo K: Soluciones óptimas obtenidas en la aplicación multiobjetivo .....		342
Anexo L: Resultados del análisis de sensibilidad a restricciones presupuestarias... ..		348
Anexo M: Publicaciones derivadas de la investigación .....		350