

# OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA MULTI OBJETIVO PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE TERRESTRE

*Tesis desarrollada en convenio de cotutela entre la Universitat Politècnica de València (UPV) y la  
Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC)*

Doctorando: Cristina Torres Machí

Directores de tesis: Eugenio Pellicer Armiñana (UPV)  
Víctor Yepes Piqueras (UPV)  
Marcela Alondra Chamorro Giné (PUC)

## 1. Resumen

A pesar de la importancia de las infraestructuras en el desarrollo económico y social, los recursos disponibles para su conservación suelen ser insuficientes, generando un deterioro acelerado de las mismas. En este contexto surge la disciplina de gestión de activos de infraestructura, que busca optimizar la asignación de recursos para la gestión, operación y conservación de la infraestructura mediante un análisis de su ciclo de vida.

Los criterios tradicionalmente empleados para evaluar las alternativas de conservación han sido los técnicos y económicos. Si bien, recientemente, se han realizado esfuerzos para cuantificar el impacto ambiental; los modelos actuales carecen de un enfoque integrado. Surge así la oportunidad de desarrollar una evaluación sostenible que integre los aspectos técnicos, económicos y ambientales en el ciclo de vida de la infraestructura.

En relación a la asignación óptima de recursos, los métodos mayoritariamente empleados son los de programación matemática y los métodos de optimización aproximada. Dentro de estos últimos, las aplicaciones de algoritmos heurísticos resultan escasas, limitándose a resolver el problema a nivel de proyecto. Estos métodos, sin embargo, han sido exitosamente aplicados para resolver problemas de optimización combinatoria en otros campos de investigación. A esto hay que añadir que las aplicaciones desarrolladas se centran, mayoritariamente, en la optimización de un único objetivo; obviando la naturaleza multiobjetivo del problema real. Se detecta, por tanto, la oportunidad de desarrollar una herramienta de optimización heurística multiobjetivo que, considerando una evaluación sostenible de alternativas, mejore la asignación actual de recursos.

A la vista de estos antecedentes, el objetivo principal de esta investigación consiste en desarrollar una herramienta para la evaluación de alternativas de conservación y la optimización heurística multiobjetivo, que permita una asignación más sostenible y eficiente de los recursos disponibles para la conservación de redes de activos de infraestructura de transporte terrestre. La herramienta propuesta se aplica a un caso de estudio real que consiste en la gestión de una red de pavimentos urbanos en Chile.

De la aplicación de la herramienta de optimización al caso de estudio se concluye que los algoritmos heurísticos basados en búsquedas por entornos resultan poco eficientes para resolver el problema de asignación de recursos de conservación. Ante esta limitación, se desarrolla un nuevo método híbrido que considera los algoritmos GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*), GLS (*Guided*

*Local Search*) y GFB (*Greedy First Best*). Además, el método propuesto permite evaluar las alternativas de conservación considerando, de forma integrada, criterios técnicos, económicos y ambientales.

El algoritmo híbrido propuesto diseña programas de conservación con una efectividad media un 9% superior a la obtenida con el algoritmo de búsqueda por entornos más eficaz, requiriendo para ello un menor esfuerzo computacional. En la aplicación al caso de estudio chileno, se observa que el algoritmo híbrido mejora la gestión actual, aumentando en un 22% la condición media de la red y reduciendo, además, las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 12%.

En términos prácticos, los programas óptimos consideran una política proactiva, en la que los pavimentos se tratan cuando la condición de los mismos aún es buena. Por último, la herramienta propuesta mejora la planificación temporal de los recursos. En base a las evidencias demostradas en el caso de estudio, se concluye que la distribución temporal del presupuesto es un factor clave en el desempeño técnico y ambiental de la red.

**Palabras Clave:** Sostenibilidad; sustentabilidad; análisis del ciclo de vida; gestión de infraestructura; conservación; preservación.