

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

---

UNIDAD CUAJIMALPA



RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE  
RUTAS VEHICULARES CON  
VENTANAS DE TIEMPO MEDIANTE  
UN ALGORITMO HÍBRIDO ENTRE  
COLONIA DE HORMIGAS Y  
RECOCIDO SIMULADO

Proyecto Terminal

QUE PRESENTA:

ALEJANDRO MARTÍNEZ GUZMÁN

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN  
COMPUTACIÓN

Departamento de Matemáticas Aplicadas e Ingeniería

División de Ciencias Naturales e Ingeniería

Asesor:

EDWIN MONTES OROZCO

Junio 2025



# Declaración

Yo, ALEJANDRO MARTÍNEZ GUZMÁN, declaro que este trabajo titulado «*Resolución del Problema de Rutas Vehiculares con Ventanas de Tiempo mediante un Algoritmo Híbrido entre Colonia de Hormigas y Recocido Simulado*» es de mi autoría. Asimismo, confirmo que:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad para la obtención de grado en esta Universidad.
- Ninguna parte de esta tesis ha sido previamente sometida a un examen de grado o titulación en esta u otra institución.
- Todas las citas han sido debidamente referenciadas y atribuidas a sus autores.

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



# Resumen

Aquí va el resumen en español. Este apartado debe sintetizar brevemente el objetivo del trabajo, la metodología empleada y los resultados más relevantes.



# Abstract

Here goes the abstract in English. Briefly describe the goal of your project, methodology, and key results.





# Dedicatoria

*A mis padres y profesores, por su apoyo incondicional.*



# Agradecimientos

Aquí van los agradecimientos a las personas e instituciones que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.



# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>VII</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>IX</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Teórico / Estado del Arte</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	3
2.2. Conceptos Clave . . . . .	3
2.2.1. El Problema en Optimización . . . . .	3
2.3. Referencias Relevantes . . . . .	4
<b>3. Materiales y Métodos</b>	<b>5</b>
<b>4. Resultados</b>	<b>7</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>9</b>
<b>Apéndices</b>	<b>13</b>



# Índice de figuras





# Índice de tablas



# Capítulo 1

## Introducción



# Capítulo 2

## Marco Teórico / Estado del Arte

### 2.1. Antecedentes

### 2.2. Conceptos Clave

#### 2.2.1. El Problema en Optimización

La optimización es una rama de las matemáticas aplicadas que se ocupa de **determinar el valor máximo o mínimo de una función** que depende de una o más variables [2].

Formalmente, un problema de optimización se define como la búsqueda de un vector  $x$  en un conjunto factible  $S \subseteq \mathbb{R}^n$  que minimice o maximice una función objetivo  $f : S \rightarrow \mathbb{R}$ , también denominada función costo o beneficio [1].

Esta disciplina se clasifica principalmente en dos tipos: la *optimización continua*, que trabaja con variables que pueden tomar valores dentro de un rango continuo, y la *optimización discreta*, que se enfoca en problemas donde las variables sólo pueden asumir valores discretos o enteros [1].

#### Optimización Continua

La optimización continua se refiere a la búsqueda de soluciones óptimas en un conjunto factible  $S \subseteq \mathbb{R}^n$ , donde las variables pueden tomar valores dentro de un intervalo continuo. En este contexto, el objetivo es encontrar un vector  $x_{opt} \in S$  que minimice o maximice una función objetivo  $f : S \rightarrow \mathbb{R}$ .

Formalmente, para problemas de minimización, la solución óptima global  $x_{opt}$  satisface:

$$f(x_{opt}) \leq f(x), \quad \forall x \in S,$$

mientras que para maximización, se cumple que:

$$f(x_{opt}) \geq f(x), \quad \forall x \in S.$$

El valor  $f(x_{opt})$  representa el costo o beneficio óptimo, y el conjunto de todas las soluciones óptimas se denota como  $S_{opt}$  [1].

### Optimización Discreta o Combinatoria

Un problema de optimización combinatoria se formaliza mediante una pareja  $(S, f)$ , donde  $S$  es un conjunto finito de soluciones posibles y  $f : S \rightarrow \mathbb{R}$  es la función objetivo o función costo que asigna un valor real a cada solución [1].

El objetivo es encontrar una solución óptima global  $i_{opt} \in S$  que cumpla:

$$f(i_{opt}) \leq f(i), \quad \forall i \in S,$$

para problemas de minimización, o bien:

$$f(i_{opt}) \geq f(i), \quad \forall i \in S,$$

en el caso de maximización.

## 2.3. Referencias Relevantes

## Capítulo 3

### Materiales y Métodos





# Capítulo 4

## Resultados



# Capítulo 5

## Conclusiones



# Bibliografía

- [1] Sergio Gerardo de los Cobos Silva, John Goddard Close, Miguel Ángel Gutiérrez Andrade, and Alma Edith Martínez Licona. *Búsqueda y exploración estocástica*. Libros CBI, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, 2010. Disponible en línea.
- [2] Unidad Azcapotzalco Universidad Autónoma Metropolitana. Optimización. Material de curso en línea, 2008. Disponible en: <http://canek.uam.mx/calculo1/teoria/optimizacion/ftoptimizacion.pdf>, consultado el 22 de mayo de 2008.



# Apéndices