

**OPTIMIZACIÓN  
PARA INGENIERÍA  
FINANCIERA**  
CON APLICACIONES EN R Y EXCEL

ALFREDO TRESPALACIOS

Trespalcios Carrasquilla, Alfredo

Optimización para ingeniería financiera con aplicaciones en R y Excel / Alfredo Trespalcios. -- 1a. ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2021.

205 p. -- (Ingeniería y afines. Ingeniería industrial)

Incluye datos del autor. -- Contiene bibliografía.

ISBN 978-958-503-054-1 -- 978-958-503-055-8 (e-book)

1. Optimización matemática - Programas para computador  
2. Administración financiera - Programas para computador  
3. R (Lenguaje de programación de computadores) 4. Excel (Programa para computador) I. Título II. Serie

CDD: 519.6 ed. 23

CO-BoBN- a1070581

---



**Área:** Ingeniería y afines

**Subárea:** Ingeniería industrial

**ECOE**  
**EDICIONES**

© Alfredo Trespalcios

► Ecoe Ediciones Limitada  
info@ecoeediciones.com  
www.ecoeediciones.com  
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02  
Bogotá, Colombia

**Primera edición:** Bogotá, marzo del 2021

**ISBN:** 978-958-503-054-1  
**e-ISBN:** 978-958-503-055-8

Directora editorial: Claudia Garay Castro  
Corrección de estilo: Karen Guiza  
Copy: Gisela Arroyo Andrade  
Diagramación: Olga L. Pedraza Rodriguez  
Carátula: Wilson Marulanda  
Impresión: Carvajal Soluciones de  
comunicación S.A.S  
Carrera 69 #15 -24

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

*Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados*

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XIX
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN</b> .....	1
Global vs. local .....	2
<b>CAPÍTULO 2: FORMULACIÓN DE PROBLEMAS</b> .....	3
Ejercicios resueltos para formulación de problemas.....	6
<b>CAPÍTULO 3: SOLUCIÓN GRÁFICA DE PROBLEMAS</b> .....	15
Ejercicios resueltos para método gráfico .....	17
<b>CAPÍTULO 4: OPTIMIZACIÓN SIN RESTRICCIONES</b> .....	25
Condiciones de primer orden .....	25
Condiciones de segundo orden .....	27
Ejercicios resueltos condiciones de primer y segundo orden .....	31
Condiciones de optimalidad global .....	37
Ejercicio resuelto optimización sin restricciones .....	41
<b>CAPÍTULO 5: OPTIMIZACIÓN CON RESTRICCIONES</b> .....	45
Con restricciones de igualdad.....	45
Con restricciones de desigualdad.....	47
Ejercicio escritura forma estándar.....	50

Condiciones de <i>Kuhn-Tucker</i> .....	51
Ejercicios resueltos condiciones de <i>Kuhn-Tucker</i> .....	52
Condiciones de mínimo local.....	59
Condiciones de mínimo global.....	60
<b>CAPÍTULO 6: PROGRAMACIÓN LINEAL</b> .....	61
Ejercicios resueltos preparación programación lineal.....	64
Método Simplex.....	69
Ejercicio resuelto soluciones factibles básicas.....	71
Algoritmo para mejora de solución.....	80
Ejercicio resuelto mejoramiento de soluciones.....	82
Reglas para evaluación.....	85
Tabla Simplex.....	90
Ejercicio resuelto método Simplex.....	93
Programación entera.....	97
<b>CAPÍTULO 7: PROGRAMACIÓN LINEAL EN EXCEL</b> .....	99
Herramienta Solver.....	99
Ejercicios resueltos de PL en Excel.....	101
<b>CAPÍTULO 8: PROGRAMACIÓN LINEAL EN R</b> .....	111
Función <i>lp</i> .....	111
Ejercicios resueltos de PL con R.....	115
<b>CAPÍTULO 9: PROGRAMACIÓN CUADRÁTICA</b> .....	129
Ejercicio resuelto formulación programación cuadrática.....	131
<b>CAPÍTULO 10: PROGRAMACIÓN CUADRÁTICA EN R</b> .....	133
Función solve.QP.....	133
Ejercicios resueltos de QP con R.....	135
<b>CAPÍTULO 11. MODELO DE MARKOWITZ</b> .....	141
Portafolio de mínima varianza.....	144
Utilidad de media varianza.....	145
Frontera eficiente.....	146
Ejercicios resueltos estructuración de portafolios.....	146
<b>CAPÍTULO 12: EJERCICIOS PROPUESTOS</b> .....	175
<b>CAPÍTULO 13: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS EN LA INDUSTRIA</b> .....	181
<b>CAPÍTULO 14: RECURSOS PARA OPTIMIZACIÓN</b> .....	185

---

<b>CAPÍTULO 15: INESPERADO.....</b>	<b>187</b>
<b>CAPÍTULO 16: INTRODUCCIÓN AL MANEJO DE RSTUDIO .....</b>	<b>197</b>
<b>CAPÍTULO 17: SITIOS WEB DE INTERÉS.....</b>	<b>203</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>205</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Función Objetivo.....	1
FIGURA 2. Concepto de mínimo local y global. ....	2
FIGURA 3. Curvas de nivel para $f(x_1, x_2) = x_1 + 3x_2$ .....	18
FIGURA 4. Conjunto factible: $0 \leq x_1 \leq 2$ y $0 \leq x_2 \leq 1$ .....	19
FIGURA 5. Método gráfico .....	20
FIGURA 6. Región factible .....	22
FIGURA 7. Curvas de nivel y región factible .....	23
FIGURA 8. Curvas de nivel y región factible en el óptimo .....	23
FIGURA 9. Convexidad de conjuntos .....	39
FIGURA 10. Concavidad y convexidad de funciones .....	40
FIGURA 11. Restricciones y región factible en R.....	68
FIGURA 12. Restricciones y región factible en Excel .....	68
FIGURA 13. Estructura archivos .csv para soluciones básicas .....	79
FIGURA 14. Diagrama de flujo mejora de solución en método Simplex.....	81
FIGURA 15. Tabla Simplex para una solución básica.....	92
FIGURA 16. Ventana de Solver en Excel .....	100
FIGURA 17. Ventana para configuración de restricciones.....	101
FIGURA 18. Especificación de funciones modelo lineal en Excel .....	102

---

FIGURA 19. Sensibilidad inicial .....	102
FIGURA 20. Configuración de Solver para PL .....	103
FIGURA 21. Pantalla final luego de solución .....	104
FIGURA 22. Formulación función objetivo y restricciones .....	105
FIGURA 23. Configuración Solver para problema de PL .....	105
FIGURA 24. Factible y restricciones. Problema juegos de sillas.....	108
FIGURA 25. Región factible y curvas de nivel. Problema juegos de sillas .....	108
FIGURA 26. Configuración Solver para problema de PL sillas Fuente.....	109
FIGURA 27. Gráfica de problema de programación cuadrática .....	140
FIGURA 28. Distribución de portafolio para mínima varianza .....	151
FIGURA 29. Distribución de portafolio, máxima utilidad de media varianza .....	155
FIGURA 30. Distribución de portafolio, mínima varianza.....	159
FIGURA 31. Distribución de portafolio, mínima varianza, sin cortos.....	164
FIGURA 32. Distribución de portafolio, rendimiento de referencia y mínima varianza, sin cortos.....	168
FIGURA 33. Frontera eficiente, sin ventas en corto .....	173
FIGURA 34. Proceso de toma de decisiones .....	182
FIGURA 35. Interfaz Rstudio .....	198
FIGURA 36. Selección de directorio de trabajo .....	199
FIGURA 37. Creación nuevo <i>script</i> .....	199
FIGURA 38. Descripción partes de <i>script</i> .....	200
FIGURA 39. Paquetes disponibles e instalación .....	201



## ÍNDICE DE TABLAS



TABLA 1.	Algunas funciones convexas .....	41
TABLA 2.	Listado de variables que se hacen cero en soluciones básicas .....	72
TABLA 3.	Todas las soluciones básicas, factibles y no factibles .....	79
TABLA 4.	Vértices evaluados aplicando algoritmo para mejora de solución .....	85
TABLA 5.	Regla para terminación del algoritmo.....	86
TABLA 6.	Ejercicio resuelto tabla Simplex.....	94
TABLA 7.	De recursos problema de juegos de sillas .....	107
TABLA 8.	Costo de transporte problema de PL .....	125
TABLA 9.	Unidades por transportar .....	128



# Sistema de Información en Línea



Al final del libro encontrará el código para ingresar al **Sistema de Información en Línea - SIL** -, por medio del cual podrá acceder a archivos que complementan el contenido de la obra. En ellos, además de los ejemplos resueltos, se incluyen ejercicios complementarios de la situación que se está estudiando.



# DEDICATORIA



*A Ofelia, Bárbara, Gabriel, Samuel, Samuel y Andrés.*

*A Marta, Diego, Santiago y David.*

*A cada palabra por escribir.*

*A cada lector.*

## ACERCA DEL AUTOR

Alfredo Trespalacios  
[www.alfredotrespalacios.com](http://www.alfredotrespalacios.com)  
[alfredo.trespalacios@gmail.com](mailto:alfredo.trespalacios@gmail.com)

Consultor y formador en energía, finanzas y riesgos. Doctor en Economía de la Universidad de Salamanca-España, Magíster en Finanzas de la Universidad EAFIT, Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia. Ha participado en proyectos de formación, consultoría y planeación estratégica para Ruitoque, EMCALI, ISAGEN, EPM y AES Colombia, entre otras empresas. Trabajó durante 9 años en Empresas Públicas de Medellín (EPM) como analista de mercados de electricidad. Es investigador adjunto a la fundación ECSIM y docente en el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM). Ha sido profesor en la Universidad Nacional de Colombia, EAFIT, la Universidad EIA y la Universidad del Norte. Es Investigador Asociado, clasificación Minciencias. Ha dirigido más de 50 trabajos de grado a nivel de posgrado. Es coautor de los libros *Análisis de Mercados de Electricidad* del fondo Editorial de EAFIT y *Retos de la energía en Colombia: Diferentes visiones 2019*.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes del curso de optimización del pregrado en Ingeniería Financiera del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), durante el semestre 01-2020, quienes acompañaron sus ratos de aislamiento preventivo haciendo lecturas de este documento y recomendando modificaciones, página a página. Quiero hacer mención específica a Karla Roldán y Viviana Avendaño, fue enorme su ayuda para la construcción de este material. Así mismo y luego de unos meses de trabajo conjunto, a los estudiantes que participaron del curso para el periodo 02-2020.

También, a Luis Eduardo Franco, profesor de inteligencia financiera, inversiones y portafolios de renta variable en, entre otras universidades, la Universidad de Medellín y el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM). Su ayuda en la construcción de casos de estudio que aportan a la formación de ingenieros financieros ha sido valiosa.

A usted, que ha iniciado esta lectura, también gracias.



# INTRODUCCIÓN



Este esfuerzo académico ha sido pensado para una primera fase, con el fin de acompañar el curso de optimización del pregrado en Ingeniería Financiera del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), en Medellín-Colombia. De allí que, el centro del contenido se refiere a las aplicaciones de la herramienta en las áreas de administración, economía, finanzas y afines, sobre todo, en la profundización de conceptos matemáticos y demostraciones propias de cursos enfocados en la técnica. Luego de una revisión del material disponible para Iberoamérica, hemos descubierto que la brecha apreciada en la particularidad del ITM es visible para los profesionales en finanzas que están en proceso de formación y desean que su camino por el campo de las matemáticas sea afín a los conceptos, métodos y recomendaciones de tipo financieras, no dirigidos a la ingeniería o la economía, además, entregados en su lengua materna.

Este texto ha sido diseñado a fin de permitir al analista en formación la asimilación de conceptos, mediante la realización de ejercicios guiados y descritos con detalle. Se promueve, tanto el trabajo a papel y lápiz, como el uso de software común y especializado.

Como complemento, el texto cuenta con una sección final en la que el autor presenta el “Lienzo para la formulación de problemas en industria”, constituye una propuesta para la resolución de problemas cotidianos en las empresas, a través de técnicas de optimización.