



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



Centro  
Universitario  
de la Defensa

# Guía docente de la asignatura: MÉTODOS CUANTITATIVOS

**Titulación:**

**Grado en Ingeniería de Organización Industrial**

**Curso: 2014-2015**

## 1. Datos de la asignatura

Nombre	Métodos Cuantitativos				
Materia*	Métodos Cuantitativos				
Módulo*	Materias básicas de Ingeniería y Arquitectura				
Código	511102005				
Titulación	Grado en Ingeniería de Organización Industrial				
Plan de estudios	2009 (Decreto 269/2009 de 31 de julio)				
Centro	Centro Universitario de la Defensa				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Septiembre - Enero	Cuatrimestre	1º	Curso	2º
Idioma	Castellano				
ECTS	4.5	Horas / ECTS	25	Carga total de trabajo (horas)	112.5

\* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>



## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	Ana Esther Madrid García		
<b>Departamento</b>	Ciencias Básicas e Informática		
<b>Área de conocimiento</b>	Estadística e Investigación Operativa		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 25 del CUD		
<b>Teléfono</b>	968 189 924	<b>Fax</b>	968 189 970
<b>Correo electrónico</b>	anae.madrid@ cud.upct.es		
<b>URL / WEB</b>	Aula Virtual UPCT		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Martes y Jueves de 12:35 a 14:35 (Se recomienda cita previa por e-mail)		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho 25 del CUD		

<b>Perfil Docente e investigador</b>	Doctora en Estadística e Investigación Operativa Acreditación Profesor Contratado Doctor
<b>Experiencia docente</b>	> 5 años Asignaturas impartidas: Estadística, Bioestadística, Métodos Cuantitativos, Álgebra.
<b>Líneas de Investigación</b>	Análisis de valores extremos. Medidas de riesgo. Procesos espacio-temporales
<b>Experiencia profesional</b>	Beca Predoctoral en Universidad de Granada asociada a un Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía. Estancia en la Universitat Ca'Foscari de Venecia (Italia) Contrato de investigación con la Universidad Jaume I de Castellón Contrato de investigación con la Universidad de Granada Profesora del CUD desde 2012. Colaboradora en diversos proyectos de investigación financiados por los Ministerios de Ciencia y Tecnología, Economía y Competitividad y la Conserjería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía
<b>Otros temas de interés</b>	



### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura Métodos Cuantitativos es una asignatura con un carácter eminentemente aplicado y tiene como objetivo que los alumnos de la Titulación de Graduado en Ingeniería de Organización Industrial adquieran los conocimientos necesarios para aplicar técnicas de optimización que les ayude en la futura toma de decisiones.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura Métodos Cuantitativos se ha diseñado teniendo en cuenta el perfil profesional del Ingeniero de Organización Industrial. Fundamentalmente, el curso es una introducción a la teoría de las decisiones y a las técnicas básicas de la investigación operativa. El énfasis está dado a nivel del modelado en investigación operativa, y en particular a través del empleo de algunas técnicas específicas: la programación lineal y entera, el análisis de redes una introducción a los métodos de programación multiobjetivo.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Al tratarse de una asignatura Básica que utiliza bastantes rudimentos matemáticos, será de gran utilidad el dominio de los contenidos de la asignatura Álgebra cursada en el primer cuatrimestre de primer curso y otros correspondientes a la asignatura Estadística que se imparte en el segundo cuatrimestre de primer curso.

A través de esta asignatura se adquieren los conocimientos básicos para afrontar con garantías otras asignaturas, tales como:

##### 2º Curso

Economía y Administración de la Empresa  
Organización del trabajo y recursos humanos

##### 3º Curso

Dirección de Operaciones

##### 4º Curso

Prácticas de empresa  
Trabajo Fin de Grado

Tabla 1. Relación con otras asignaturas de la Titulación

#### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No tiene

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Al tratarse de una asignatura Básica que utiliza bastantes rudimentos matemáticos, será de gran utilidad el dominio de los contenidos de la asignatura Álgebra cursada en el primer cuatrimestre de primer curso y otros correspondientes a la asignatura Estadística que se imparte en el segundo cuatrimestre de primer curso. Así, los alumnos deben haber adquirido previamente los siguientes conocimientos mínimos para un correcto seguimiento de la asignatura:

- De la asignatura Álgebra: Matrices, determinantes, resolución de sistemas de

ecuaciones lineales.

- De la asignatura Estadística: Concepto de incertidumbre asociado a todo proceso real. Modelización probabilística de situaciones reales. Manejo de tablas estadísticas.

### 3.6. Medidas especiales previstas

Se adoptarán medidas especiales que permitan simultanear los estudios de la asignatura con las actividades de formación militar y aeronáutica. En concreto, se formarán grupos de trabajo/aprendizaje cooperativo de alumnos con disponibilidad limitada, fomentándose el seguimiento del aprendizaje mediante la programación de tutorías de grupo y planificación y entrega de actividades a través del Aula Virtual. En caso de alumnos con necesidades educativas especiales se solicitará ayuda a los órganos competentes.



## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

E1.2.k - Conocimientos aplicados de organización de empresas

E1.3.a - Capacidad de modelar problemas de organización industrial y utilizar técnicas de resolución y ayuda a la toma de decisiones.

E2.2 - Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos del ámbito de la ingeniería de organización industrial

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T1.1 - Capacidad de análisis y síntesis

T1.2 - Capacidad de organización y planificación

T1.3 - Comunicación oral y escrita en lengua propia

T1.5 - Habilidades básicas computacionales

T1.6 - Capacidad de gestión de la información

T1.7 - Resolución de problemas

T2.3 - Habilidades en las relaciones interpersonales

T3.1 - Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica

T3.2 - Capacidad de aprender

T3.3 - Adaptación a nuevas situaciones

T3.4 - Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)

T3.7 - Habilidad de realizar trabajo autónomo



#### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

Las competencias específicas y objetivos de aprendizaje que se desarrollarán con la asignatura, y que se indican a continuación, permitirán que el alumno al finalizar el curso sea capaz de:

- R1. Adquirir los principios básicos de la Programación Lineal.
- R2. Conocer el funcionamiento del algoritmo símplex.
- R3. Analizar e interpretar económicamente los resultados obtenidos al resolver problemas de programación lineal.
- R4. Ser capaz de obtener la solución de un problema frente a pequeñas variaciones en las condiciones del mismo.
- R5. Ser capaz de identificar y resolver problemas de programación lineal en el que las variables de decisión toman únicamente valores enteros y conocer las limitaciones que se tienen en la resolución de este tipo de problemas.
- R6. Ser capaz de modelar y aplicar las técnicas de resolución adecuadas a problemas especiales, tales como problemas de transporte, flujo en redes y asignación de recursos.
- R7. Poseer las destrezas en el manejo de software que permitan la resolución de problemas de optimización.
- R8. Poseer las destrezas necesarias para comunicar correctamente los problemas propuestos, con el lenguaje apropiado.
- R9. Tomar conciencia de que los conocimientos, aptitudes, capacidades y destrezas adquiridas con esta materia resultan fundamentales para su futura actividad profesional.

Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar su capacidad de: trabajo en equipo, análisis y síntesis de información, expresión escrita y comunicación oral mediante la redacción de informes y su exposición oral en las sesiones especialmente dedicadas a este tipo de actividades.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)



## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Introducción a la optimización. Introducción a la Programación Lineal. El método del Simplex. Dualidad en Programación Lineal. Análisis de la sensibilidad. Programación Entera. Problemas especiales de Programación Lineal. Teoría de Grafos. Programación Lineal multiobjetivo.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL

##### Tema 1. Introducción a la Programación Lineal

1. Orígenes de la Investigación Operativa.
2. Formulación de modelos.
3. Solución gráfica e interpretación.

##### Tema 2. El método del Simplex

1. Formulación general.
2. Algoritmo del Simplex.
3. Método de las penalizaciones o M grande.
4. Infactibilidad, no acotación, soluciones alternativas y ciclado.

#### UNIDAD DIDÁCTICA 2. DUALIDAD, SENSIBILIDAD Y ANÁLISIS PARAMÉTRICO

##### Tema 3. Dualidad en Programación Lineal

1. Formulación del problema dual.
2. Relaciones entre los problemas primal y dual.
3. Interpretación económica del problema dual.
4. Método del Simplex dual.

##### Tema 4. Análisis de la sensibilidad

1. Cambios discretos en un coste, recurso o coeficiente tecnológico.
2. Incorporación de nuevas restricciones y variables.
3. Optimización paramétrica: variaciones en los costes y variaciones en los recursos.

#### UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN ENTERA Y PROBLEMAS ESPECIALES

##### Tema 5. Programación Entera y Problemas Especiales

1. Método de ramificación y acotación.
2. Programación 0-1 y Problema de la Mochila.
3. Problemas especiales: asignación, viajante de comercio, flujo máximo en redes y problema del transporte (con trasbordo).

#### UNIDAD DIDÁCTICA 4. OPTIMIZACIÓN EN GRAFOS Y PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO

##### Tema 6. Teoría de Grafos

1. Caminos de longitud mínima: algoritmo de etiquetación y algoritmo de Dijkstra.
2. Caminos de longitud máxima: algoritmo de etiquetación.

##### Tema 7. Programación Lineal Multiobjetivo

1. El problema de la Programación Lineal Multiobjetivo: solución eficiente.
2. Método de las penalizaciones y  $\varepsilon$ -restricciones.





### 3. Programación por metas.

## 5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

### Sesiones de Laboratorio de Informática:

- **Práctica 1:** El método símplex.  
El objetivo de esta práctica es familiarizar al alumno con el módulo Programación Lineal y Entera del programa WINQSB y mostrar como crear y resolver un problema de programación lineal.
- **Práctica 2:** Dualidad y sensibilidad.  
En esta práctica se mostrará cómo obtener el problema dual mostrando su interpretación económica. Finalmente se analizará como afectan posibles cambios en el vector de costes o disponibilidades a la solución óptima de un problema de programación lineal.
- **Práctica 3:** Programación entera.  
En esta práctica se ilustrará como resolver un problema de programación entera
- **Práctica 4:** Grafos I: problemas de asignación, viajante de comercio, caminos de longitud mínima y caminos de longitud máxima.  
Se introducirá al alumno en el módulo de modelado de Redes de WINQSB y se realizarán ejercicios de formulación y resolución de problemas de dichos tipos
- **Práctica 5:** Grafos II: problemas de transporte con trasbordo y flujo máximo.  
Se realizarán ejercicios de formulación y resolución de dichos tipos de problemas
- **Práctica 6:** Programación Multiobjetivo.  
Esta práctica muestra cómo resolver un problema multiobjetivo mediante el módulo Programación Lineal y utilizando los métodos de las ponderaciones, epsilon-restricciones y la programación por metas.

## 5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

**Unit 1. Introduction to linear programming**

**Unit 2. The Simplex method**

**Unit 3. Duality theory in linear programming**

**Unit 4. Sensitivity analysis**

**Unit 5. Integer programming and Special problems on linear programming**

**Unit 6. Network optimisation models**

**Unit 7. The multiobjective linear programming model**

## 5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en cuatro Unidades Didácticas.

### **UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL**

Este bloque se dedica a la optimización de una función lineal (maximizar o minimizar) sujeta a un conjunto de restricciones también lineales. Así tras introducir la terminología básica de la programación lineal intentaremos lograr que el alumno adquiera habilidad para crear y formular modelos determinísticos en investigación de operaciones, con énfasis en la formulación de problemas de programación lineal. Se presentarán técnicas gráficas de resolución para el caso de dimensión 2 para, posteriormente, presentar el algoritmo Simplex, como un método que permite resolver este tipo de problemas.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Familiarizar al alumno con la programación lineal y sus posibilidades de aplicación a problemas prácticos
- Que el alumno sepa plantear un problema de programación lineal partiendo de su enunciado en términos generales.
- Que el alumno aprenda a representar regiones factibles y determinar gráficamente la solución óptima de un problema de programación lineal.
- Enseñar los conceptos básicos del algoritmo del simplex, mostrar cómo aplicar dicho método.
- Interpretar los resultados obtenidos tras la aplicación del algoritmo del simplex.

### **UNIDAD DIDÁCTICA 2. DUALIDAD, SENSIBILIDAD Y ANÁLISIS PARAMÉTRICO**

En primer lugar, se utilizarán técnicas de dualidad con el fin de obtener una interpretación económica de los resultados proporcionados por el algoritmo el símplex. Seguidamente se estudiará qué efecto tienen sobre la solución óptima de un problema pequeñas modificaciones o perturbaciones en los coeficientes que intervienen en un problema de P.L. (costes, recursos, coeficientes tecnológicos). El estudio de este tipo de situaciones, conocido como análisis de sensibilidad y paramétrico permiten tomar decisiones óptimas cuando se producen este tipo de modificaciones en las condiciones del problema a partir de la solución del problema original.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Familiarizar al alumno con el concepto de dualidad.
- Obtener los problemas duales a partir de los primales correspondientes
- Que el alumno reconozca las relaciones existentes entre los problemas primal-dual y sepa realizar una interpretación económica de los resultados
- Mostrar la utilidad del análisis de sensibilidad para estudiar el efecto de determinadas modificaciones en los parámetros del modelo
- Que el alumno sepa realizar correctamente el análisis de sensibilidad adecuado para la ayuda a la toma de decisiones

### **UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN ENTERA Y PROBLEMAS ESPECIALES**

La suposición de que las variables de un problema de programación lineal únicamente



toman valores enteros lejos de simplificar el mismo hace que en ocasiones no sea posible obtener la solución óptima en un tiempo razonable. En este bloque se presentará el algoritmo de ramificación y acotación como un método general de resolución y se abordará la formulación e identificación de algunos problemas “especiales” como problemas de programación lineal.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Introducir la programación lineal entera y sus dominios de aplicación.
- Que el alumno sepa resolver problemas de programación entera o binaria a través de los algoritmos de ramificación y acotación o programación 0-1.
- Mostrar al alumno las peculiaridades de ciertos tipos de problemas de programación lineal y las ventajas de su resolución mediante otros tipos de resolución.
- Enseñar al alumno las formulaciones de problemas tipo mochila, transporte y asignación como problemas de programación lineal y su resolución con ayuda de WINQSB

#### **UNIDAD DIDÁCTICA 4. OPTIMIZACIÓN EN REDES Y PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO**

Si entendemos una red como un grafo formado por vértices (o nodos) y arcos que unen algunos de los vértices entre sí, donde los arcos llevan asociados valores numéricos que representan alguna medida o restricción (coste de transporte, tiempo, distancia, capacidad, etc), se plantearán problemas que optimicen el flujo en dicha red. En particular, se presentarán algoritmos de resolución para problemas de caminos más cortos y caminos más largos. Para finalizar el bloque, dentro del epígrafe Programación Multiobjetivo, abordaremos el problema de la optimización simultánea de varias funciones objetivo que pueden ser conflictivas.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Aplicar conceptos de teoría de grafos a la resolución de problemas de programación lineal.
- Enseñar al alumno a resolver problemas de redes con la ayuda de WINQSB.
- Introducir la programación Multiobjetivo y familiarizar al alumno con el concepto de soluciones eficientes.
- Que el estudiante sepa abordar problemas en los que se requiera optimar varias funciones objetivos.



## 6. Metodología docente

### 6.1. Metodología docente\*

Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
<b>Clase de teoría</b>	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo informal de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes y revisión de estos con el compañero. Planteamiento de dudas individualmente o por parejas.	<b>19</b>
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	<b>16</b>
<b>Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos</b>	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo en plantear los métodos de resolución y no los resultados Se plantearán problemas y/o situaciones reales para que los alumnos los resuelvan de manera individual o en pequeños grupos, siendo guiados paso a paso por el profesor.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas	<b>16</b>
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	<b>20</b>
<b>Clase de Prácticas. Sesiones en el aula de informática</b>	Las sesiones prácticas de laboratorio de informática son fundamentales para aplicar los contenidos teóricos y prácticos a problemas reales. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas en el manejo de software específico.	<u>Presencial</u> : Manejo de software específico. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita mediante la presentación y exposición de los resultados obtenidos así como la elaboración de los informes correspondientes.	<b>10</b>
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios establecidos.	<b>8</b>
<b>Seminarios de problemas y otras actividades de aprendizaje cooperativo</b>	Se realizarán varios seminarios de problemas a lo largo del curso. Los alumnos trabajan en grupos para resolver problemas reales con el fin de afianzar y aclarar conceptos.	<u>Presencial</u> : Resolución de los problemas. Explicación del método de resolución a los compañeros. Discusión de dudas y puesta en común del trabajo realizado.	<b>6</b>
<b>Realización de informes de prácticas con presentación oral</b>	Se plantearán una serie de problemas reales para su resolución con las herramientas informáticas utilizadas en las sesiones prácticas. Dichos informes deberán ser defendidos mediante la presentación pública del mismo.	<u>Presencial</u> : Planteamiento del trabajo, seguimiento y orientación por grupos. Exposición oral	<b>2</b>
		<u>No presencial</u> : Búsqueda y síntesis de información. Organización del trabajo en grupo. Elaboración del informe técnico y preparación de la presentación del trabajo	<b>6</b>
<b>Tutorías individuales y de grupo</b>	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	<b>5</b>
<b>Realización de exámenes oficiales</b>	Acorde a la Normativa vigente.	<u>Presencial</u> : Realización de prueba escrita	<b>4.5</b>
			<b>112.5</b>



6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)										
Actividades formativas (6.1)	Resultados del aprendizaje (4.5)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
<b>Prueba escrita individual (PEI)<sup>(1)</sup></b> (75 %)	X		<b>Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas:</b> Entre 4 y 6 problemas mediante los cuales se pretende evaluar la comprensión de los conceptos y la adquisición de las habilidades previstas.	60 %	R1-R8
			<b>Prácticas:</b> Entre 1 y 4 problemas de media o larga extensión. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis y el manejo del software.	15 %	
<b>Seminarios de problemas</b> (15%)	X	X	Se realizarán cuatro sesiones de seminario de problemas una correspondiente a cada bloque programado. Los alumnos trabajando en equipo y de forma presencial resuelven y discuten una serie de problemas. Se evalúa la resolución, el procedimiento y el trabajo en equipo.	15%	R1-R8
<b>Informes de Laboratorio de prácticas<sup>(1)</sup></b> (10%)	X	X	Se evalúan la resolución de problemas y el trabajo en equipo, así como las destrezas y habilidades para el manejo de herramientas informáticas.	10 %	R1-R8
(1) Es necesaria una calificación mínima de 40 sobre 100 en esta prueba final para poder efectuar la media ponderada.					
<b>Nota.- Se entiende que se supera la asignatura si la puntuación final, sumando todas las puntuaciones obtenidas en las distintas técnicas, es superior a 50 sobre 100.</b>					

### 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Resolución de problemas y cuestiones planteadas en clase
- Supervisión durante los seminarios de problemas.
- Elaboración de las memorias correspondientes a los problemas propuestos en las sesiones de prácticas de laboratorio, así como la presentación/exposición de los mismos.



## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

- Sixto Ríos Insúa *“Investigación Operativa. Programación Lineal y Aplicaciones”*. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Ríos Insúa, Ríos Insúa, Mateos y Martín *“Investigación Operativa. Programación Lineal y Aplicaciones. Ejercicios resueltos”*. Ed. Ra-Ma Textos Universitarios.
- Ríos Insua, S., Ríos Insua, D., Mateos Caballero, A., Marín Jiménez, J., Jiménez Martín, A. *“Problemas de Investigación Operativa. Programación lineal y Extensiones”*. RA-MA Editorial.
- Hillier, F. y Lieberman, G. J. *“Introducción a la investigación de operaciones”*. Ed. McGraw-Hill.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

- Calvete Fernández y Mateo Collazos *“Programación lineal, entera y meta. Problemas y aplicaciones”*. Ed. Colección Textos Docentes.
- Kamlesh Mathur y Daniel Solow *“Investigación de Operaciones”*. Ed. Prentice Hall.
- Taha, Hamdy A. *“Investigación de operaciones”*. Ed. Pearson.

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

- Aula Virtual de la asignatura.
- Quesada Ibarguen, V.M., Vergara Schmalbach, J.C. Análisis Cuantitativo con WINQSB. <http://www.eumed.net/libros/2006c/216/index.htm>

