

¿Qué es la Investigación Operativa?

- A finales de la **década de los treinta**, el término "*Investigación Operacional*" (Operational Research) o "*Investigación Operativa*" fue utilizado asociado a problemas relativos a operaciones militares - "investigaciones de operaciones" de carácter militar- (A.P. Rowe 1937, McCloskey y Trefeten 1940).
- Otros términos también utilizados son:
 - *Investigación de Operaciones* (Operations Research)
 - *Ciencias de la Administración* (Management Science)

¿Qué es la Investigación Operativa?

Definiciones de Investigación Operativa

- **KITTEL (1947)**: "*La I.O. es un método científico que suministra una base cuantitativa a los dirigentes que deben tomar decisiones en relación con agrupaciones bajo su control*"
- **RINEHART R.F.(1954)** recoge una serie de definiciones sobre la I.O., destacando la que la considera como "*La Ciencia de la Decisión*"
- **HALSBURY (1955)**: "*La I.O. se ocupa de la optimización del funcionamiento de un sistema*"

¿Qué es la Investigación Operativa?

- **CHURCHMAN-ACKOFF-ARNOFF(1957)** "*La I.O. es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre-máquina), a fin de producir soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización*"
- **KAUFFMAN (1959)**: "*La I.O. es la matemática de los fenómenos de organización*"
- **EDDISON (1962)**: "*La I.O. consiste en la investigación de todos o algunos de los aspectos de la dirección de una empresa*"
- **BRUNET**: "*La I.O. es la preparación científica de las decisiones*"

¿Qué es la Investigación Operativa?

- **SARGENT (1965)** considera la I.O. como una función de servicio.
- Según la **Operational Research Society de Inglaterra**, *la I.O. es la aplicación del método científico a los problemas complejos que surgen en la dirección y gestión de grandes sistemas, formados por hombres máquinas y dinero, que se dan en la industria, gobierno, comercio y defensa.*
- La **Operational Research Society de América** afirma que "*La I.O. tiene por objeto decidir, mediante métodos científicos, sobre el diseño que optimice el funcionamiento de los sistemas hombre-máquina, genralmente bajo condiciones que implican al utilización de recursos escasos*"

¿Qué es la Investigación Operativa?

- De todas estas definiciones se extraen las siguientes características de la I.O.:
 - a) Se hace un **planteamiento global del problema**, siendo su principal objeto la Toma de Decisiones.
 - b) Utilización de **grupos interdisciplinarios**. Un problema clave entre estos grupos multipersonales es el de la comunicación, motivo de numerosos estudios (Wiener 1960).
 - c) Son problemas relativos a **grandes sistemas** constituidos por hombres, máquinas y recursos, éstos generalmente escasos.
 - d) Estudio mediante la aplicación del método científico.
 - e) Construcción de modelos matemáticos y uso del ordenador.
 - f) **Ayuda a la gestión a tomar científicamente sus decisiones.**

¿Qué es la Investigación Operativa?

- Teniendo estas características podemos dar la siguiente definición:
"**La I.O. es la aplicación del método científico a los problemas complejos que se presentan, cuando se trata de dirigir grandes sistemas englobando máquinas, hombres y recursos, para ayudar a la gestión a tomar decisiones científicamente**"
- Esta interpretación de la I.O. recoge la acepción de la misma en su enfoque más tradicional.

¿Qué es la Investigación Operativa?

- La aplicación práctica de la I.O. reporta una serie de **ventajas** como son:
 - * **Incrementar la posibilidad de tomar mejores decisiones** (Experiencia-Institución versus Conocimiento-Razonamiento)
 - * **Mejora el conocimiento del proceso de toma de decisiones** seguido en la organización
 - * **Mejora la coordinación** entre las múltiples componentes de la organización.
 - * **Mejora el control** de sistema al instituir procedimientos sistemáticos que supervisan las operaciones, y evita el regreso a un sistema peor.
 - * **Alcanza un sistema mejor** (costos más bajos, interacciones más fluidas, mejor coordinación)

Evolución histórica de la I.O.

- Es **difícil precisar los inicios** de lo que hoy se conoce como I.O., aunque técnicas y modelos de ésta pueden encontrarse con orígenes muy antiguos (en el siglo III a. de C., Arquímedes, por encargo de Herón, estudió la mejor forma de emplear y distribuir las armas disponibles en la sitiada ciudad de Siracusa).
- **Antecedentes**
 - Modelos primitivos de **Programación Matemática** (Quesnay, 1759) Walras en 1874.
 - Los **Modelos Lineales** tienen como precursor a Jordan (1873), Minkowsky (1896) y Farkas (1903).
 - Los **Modelos Dinámicos Probabilísticos** tienen su origen con Markov, a finales del siglo.
 - En la primera década del siglo XX (1910), un ingeniero danés A. K. Erlang desarrolló la **Teoría de Líneas de Espera**.

Evolución histórica de la I.O.

- En 1911 Friedman W, Taylor introdujo el **enfoque científico en la administración**, siendo considerado por numerosos autores como el padre del "**Management Science**".
- El desarrollo de los **Modelos de Inventario** (Wilson), así como el de **Tiempos y Movimientos**, se produjo al comienzo de los veinte.
- Los **Problemas de Asignación** fueron estudiados con métodos matemáticos por los húngaros König y Egervary en la tercera década del siglo.
- Los **Problemas de Distribución** fueron estudiados por el ruso Kantorovich (1939).
- Von Neumann (1937) cimentó lo que más tarde culminó como **Teoría de Juegos y Teoría de Preferencias** (desarrollada conjuntamente con O. Morgenstern).

Evolución histórica de la I.O.

- Es comúnmente aceptado que fue en la **Segunda Guerra Mundial** cuando la I.O. empezó a tomar forma como disciplina propia.
- La complejidad de los problemas tácticos y estratégicos asociados al esfuerzo militar, obligó a la administración a crear grupos de científicos de distintas especialidades, con el fin de resolverlos lo antes posible.
- El primero de estos grupos fue creado en Inglaterra en 1940, bajo la dirección de P.M.S. Blackett (premio Nobel de física en 1948), conociéndosele con el nombre de "**Circo Blackett**"
 - Contribuciones significativas en la mejora del sistema de radar



P.M.S. Blackett

Evolución histórica de la I.O.

- El éxito conseguido por los grupos de Investigación Operativa británicos hizo que se crearan grupos en Estados Unidos, Canadá, Francia,...
- Finalizada la guerra, los miembros de estos equipos siguieron en algunos casos perteneciendo a las Fuerzas Armadas o bien pasaron a trabajar en empresas que tenían necesidad de ellos
- Durante los años cincuenta y motivado por el desarrollo de los ordenadores, la I.O. tuvo una época de gran crecimiento, sugiriéndose al idea de crear una disciplina con este nombre (hasta mediados 70)

Evolución histórica de la I.O.

- Entre los temas de investigación más destacados de este período (años 50 a 70) se encuentran:
 - La Programación Dinámica (Bellman)
 - La Programación No Lineal (Kuhn y Tucker)
 - La Programación Entera (Dantzig y Gomory) y Entera Binaria (Balas)
 - Las Redes de Optimización (Ford y Fulkerson)
 - La Programación y Control de Proyectos (PERT y CPM con Walker y Kelley respectivamente)
 - La Simulación (Markovitz)
 - La Teoría de Inventarios (Arrow, Karlin, Scarf y Whithin)
 - El Análisis de Decisiones (Raiffa)
 - Los Procesos Markovianos de Decisión (Howard)
 - La Teoría de Fiabilidad
 - La Teoría de Sistemas
 - La Programación por Metas (Charnes, Cooper)
 - La Decisión Multicriterio (Roy, Saaty, Keeney Zeleny, Steur)

Evolución histórica de la I.O.

- Hasta **mediados de los 70** (época en la que alcanza su periodo de madurez)
 - énfasis de la I.O.: construcción de modelos de optimización
 - procedimientos de resolución analíticos
- En la **actualidad** (Simon), los especialistas de I.O reconocen que
 - la complejidad de los problemas tratados y la limitación en la información de los individuos hacen realmente difícil la obtención de soluciones óptimas
 - se necesitan otro tipo de soluciones (satisfactorias y subóptimas) y otros procedimientos de resolución (heurísticos y numéricos)

Evolución histórica de la I.O.

- A **comienzos de los 70**
 - surge una nueva tendencia en la I.O. orientada a los denominados Sistemas Decisionales
 - fuerte componente cognoscitiva y orientados a la ayuda del decisor (MIS)
- A **mediados de los 70**
 - se profundiza en el problema decisional y las técnicas matemáticas subyacentes
 - el concepto evoluciona hacia la construcción de un soporte para el cálculo computacional
 - se construyen Sistemas Interactivos basados en el ordenador que Ayudan al Decisor a planificar y utilizar bases de datos y modelos para resolver problemas mal estructurados, con información parcial o difusa.(SIAD, DSS).
- A **finales de los 70 y comienzos de los 80**
 - Se produce una interesante interconexión entre
 - Ciencias de la Decisión (I.O.)
 - Ciencias del Conocimiento (I.A.) y
 - Ciencias del Comportamiento
 - La convergencia de la modelización matemática (I.O.), la psicología cognoscitiva y las herramientas de desarrollo (I.A) ha llevado al desarrollo de los SSD, SE, Sistemas Inteligentes, Integrados...

Evolución histórica de la I.O.

- Fruto de esta conexión, el enfoque actual de la I.O. posibilita la inclusión en los modelos asociados a los problemas reales de
 - las utilidades tradicionales y las de la tecnología de la información
 - opciones relativas al tratamiento y manipulación del conocimiento (tecnología del conocimiento), que permiten una modelización más real del proceso de toma de decisiones
- **Hoy en día,**
 - la I.O. se está aplicando tanto en el sector público como en el privado.
 - gran cantidad de asociaciones de personas dedicadas a su estudio
 - y las numerosas publicaciones que ayudan a cohesionar los resultados obtenidos por investigadores de todo el mundo.

Metodología de la I.O.

- Cada practicante de esta ciencia puede dar una metodología distinta. Así Ackoff, distingue nueve fases por las que debe pasar un proyecto de I.O.. Nosotros, consideraremos sólo cinco fases o pasos:
 - 1) **Formulación** del problema
 - 2) **Construcción de un modelo** que represente el sistema en estudio.
 - 3) **Derivación de una solución** a partir del modelo.
 - 4) **Validación del modelo** e interpretación de la solución
 - 5) **Implementación de las soluciones** y establecimiento de controles.

Metodología de la I.O.

Formulación del problema

- Antes de formular el problema Ackoff y Sasieni señalan las **condiciones** para que exista el más simple de los problemas.
 - a) Tiene que haber por lo menos **un individuo** que se encuentre dentro del marco de referencia.
 - b) El individuo debe tener como mínimo **un par de alternativas** para resolver un problema.
 - c) Las alternativas tienen que dar lugar a **dos soluciones diferentes** que repercutan de distinta forma en el sistema.
 - d) El individuo que toma las decisiones **ignora las eficiencias y efectividades** de las soluciones.

Metodología de la I.O.

Formulación del problema

- **Información adicional** para la formulación:
 - ¿De quién es el problema?
 - ¿Cuál es el marco de referencia del problema?
 - ¿Quién o quienes toman las decisiones?
 - ¿Cuáles son los objetivos?
 - ¿Cuáles son las componentes controlables y no controlables del sistema?
 - ¿Cuáles son las interrelaciones más destacadas?
 - ¿Cómo se emplearán los resultados?, ¿Por quién?
 - ¿Las soluciones tendrán efecto a corto o largo plazo?, etc.

Metodología de la I.O.

Formulación del problema

- Dada esta información, los **pasos** que deben seguir para la formulación del problema son:
 - a) **Identificar las componentes controlables** y no controlables del sistema.
 - b) **Identificar las posibles rutas de acción**, dadas para las componentes no controlables.
 - c) **Definir el marco** de referencia dado por las componentes no controlables.
 - d) **Definir los objetivos** que se persiguen y clasificarlos por orden de importancia.
 - e) **Identificar las interrelaciones** existentes entre las diferentes componentes del sistema.

Metodología de la I.O.

Formulación del problema

- Los problemas considerados por la I.O. pueden clasificarse, según el grado de conocimiento sobre las consecuencias de las alternativas, en:
 - **determinísticos**
 - **con riesgo**
 - **bajo incertidumbre**
 - **bajo conflicto**
- Antes de pasar a la siguiente fase, se debe llegar a un **acuerdo** completo el equipo encargado del estudio de la I.O. y el encargado de la ejecución.

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

- Esta fase, suele considerarse como la **esencia** de la Investigación Operativa.
- Se entiende por **modelo**, una abstracción del **sistema** o mundo real, idéntica y simplificada, que muestre las relaciones de acción-reacción en términos de causa-efecto y que se utilizan con fines de predicción y control.
- Se entiende por **sistema** un conjunto de objetos o ideas que están interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin, esto es, un conjunto de partes interrelacionadas.
- Kenneth **Boulding** (1956) sugirió una clasificación de los sistemas según su complejidad, conocida como Jerarquía de Complejidad de Boulding.

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

Jerarquía de Complejidad de Boulding (1956)

Nivel	Sistema	Característica
9	Transcendental	Última
8	Organizaciones Sociales	Sociedad compleja
7	Humanos	Razón, creatividad
6	Animales	Conocimiento propio
5	Genético-Social	Vida compleja
4	Sistemas Abiertos	Adaptatividad, vida
3	Termostatos	Retroalimentación
2	De Movimiento Regular	Movimiento
1	Almacenes	Estructura

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

- En particular **las empresas son organizaciones sociales, vivas, complejas, dinámicas, adaptativas y abiertas**, esto hace que su modelización global resulte prácticamente imposible, teniendo que recurrir a una modelización parcial del problema.
- Respecto a las **causas** que aconsejan la construcción de los modelos son:
 - económicas (dinero y tiempo),
 - éticas, para evitar riesgos
 - científicas: ayudan a comprender mejor el sistema real
 - complejidad de algunas situaciones reales para las que se deben eliminar las variables consideradas superfluas.

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

- Los modelos utilizados suelen agruparse, en función de su grado de abstracción, en tres familias: **icónicos, analógicos** y **simbólicos**.
 - a) **Modelos Icónicos:**
 - representación física, ya sea de forma idealizada o a escala del sistema que se quiere resolver
 - de difícil manejo para fines experimentales
 - suelen utilizarse en situaciones estáticas, siendo su característica principal: la dimensión (dos o tres).
 - Ejemplos: fotografías, dibujos, maquetas, etc.

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

b) Modelos Analógicos:

- se basan en la representación de las propiedades del sistema
- suelen emplearse en situaciones dinámicas
- son de más fácil manejo que los icónicos.
- Ejemplos: las curvas de demanda, las curvas de distribución de frecuencias y los diagramas de flujo.

c) Modelos simbólicos:

- son conceptualizaciones abstractas del problema real, a base del uso de letras, números, variables y ecuaciones
- consideran variables cuantificables
- son los de más fácil manejo, pudiéndose introducir al ordenador
- se puede trabajar con más de tres dimensiones
- Inconveniente: excesiva simplificación
- Ejemplos: modelos matemáticos

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

- La construcción de un modelo requiere una serie de **decisiones coordinadas**, tales como
 - qué aspectos del sistema real deben ser incorporados al modelo
 - qué aspectos pueden ser ignorados
 - qué hipótesis pueden y deben ser hechas
 - en qué forma se deben unir las distintas partes del modelo, etc
- En algunos casos puede que la construcción del modelo no requiera una habilidad creativa, pero, en general, es un arte.
- La **selección de los atributos esenciales** del sistema real y la omisión de los irrelevantes, requiere un clase de percepción selectiva que no puede ser definida por un algoritmo (representatividad y manejabilidad).

Metodología de la I.O.

Construcción del modelo

Principios básicos útiles para formular modelos en I.O.:

- 1) **No se debe construir un modelo complicado** cuando baste uno simple.
- 2) **No debe moldearse el problema** para ajustarlo aun modelo determinado, o para resolverlo por una cierta técnica.
- 3) La fase de **deducción** del modelo debe realizarse **con todo rigor**.
- 4) Los modelos deben ser **válidos** antes de su implementación.
- 5) **Nunca** se admitirá que el modelo **es una copia fiel de la realidad**.
- 6) Un **modelo no puede utilizarse con un fin distinto para el que se creó**, ni ser criticado si fracasa por ello.
- 7) Los principales **beneficios** que reporta un modelo están relacionados directamente con su formalización.
- 8) Un modelo **no puede proporcionar** mejor información que la recibida.
- 9) Los modelos **no pueden reemplazar** al decisor.

Metodología de la I.O.

Derivación de una solución

- La fase de derivación de una solución se realiza por todos los investigadores de forma equivalente.
- En ésta, se trata de encontrar los valores de las variables dependientes, asociadas a las componentes controlables del sistema.
- Como al llegar a esta fase, las hipótesis deben estar claramente establecidas, la solución obtenida en la misma debe ser aceptada, sin discusión, como solución del modelo.
- Es la parte más técnica y objetiva.
- **Métodos matemáticos** utilizados: deben ser rigurosamente exactos
- Normalmente se emplean
 - el **análisis matemático clásico** para resolver los modelos de forma educativa y
 - Las **técnicas numéricas** para resolver modelos inductivos

Metodología de la I.O.

Derivación de una solución

• Técnicas de la Investigación Operativa

Determinísticas	Híbridas	Estocásticas
<ul style="list-style-type: none"> • Programación Lineal • Transporte y Asignación • Programación Entera • Programación No Lineal • Optimización No Lineal • Teoría de Redes 	<ul style="list-style-type: none"> • PERT • Programación Dinámica • Inventarios • Simulación • Heurísticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Filas de Espera • Programación Estocástica • Cadenas de Markov • Procesos Estocásticos • Análisis de Decisiones • Teoría de Juegos

Metodología de la I.O.

Interpretación y Validación

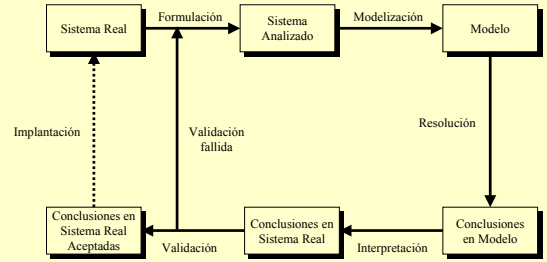
- **Validación:** antes de trasladar las conclusiones del modelo al sistema real, se deben estudiar cuidadosamente las discrepancias entre éste y el modelo.
- Suele realizarse comparando el funcionamiento del modelo con algunos datos del sistema.
- Comprobar
 - no se han omitido ninguna de las componentes controlables importantes
 - la expresión matemática de la función objetiva
 - la técnica empleada en la obtención de la solución
- Por otro lado, pueden aparecer posiciones discrepantes entre los miembros del grupo. Si se concluye que el modelo y la solución son buenos, se puede seguir adelante.

Metodología de la I.O. Implementación y Control

• Implementación

- Traducción de los resultados en instrucciones de operación detalladas, emitidas de forma comprensible a los individuos que administran y operan el sistema.
 - Es una de las partes más difíciles, pues topa con los recelos de las personas que, sin tomar parte en el grupo de I.O., son parte interesada y piensan poder ser desplazados.
 - Es conveniente en cualquier estudio de I.O., sobre todo en esta fase, la interacción entre el grupo de I.O. y los diferentes niveles de organización, en particular con el grupo ejecutivo de decisiones.
- Solución válida mientras no cambien las condiciones del sistema → **Controles**

Investigación Operativa



Problemas más comunes

- 1.- Repartición, Asignación y Distribución de recursos
- 2.- Inventarios
- 3.- Reemplazamiento y Mantenimiento
- 4.- Itinerarios
- 5.- Colas
- 6.- Secuenciación, Coordinación y Ordenación
- 7.- Competitivos
- 8.- Fiabilidad
- 9.- Localización
- 10.- Multicriterio
- 11.- Mixtos

Problemas más comunes

1.- Repartición, Asignación y Distribución de recursos

- Tratan de repartir una serie de recursos disponibles entre diferentes actividades que los requieren, de manera que el resultado sea lo más satisfactorio posible (minimice pérdidas o maximice beneficios).
- Estos problemas suelen resolverse mediante programación matemática.

2.- Inventarios

- Se presentan cuando una empresa no produce en un momento dado la cantidad suficiente de bienes o servicios para satisfacer la demanda, debiendo realizar un almacenamiento protector contra posibles inexistencias.
- El problema, conocidos los costos de inventarios, reaprovisionamiento y rotura, así como la predicción de la demanda, consiste en controlar el nivel de inventario (cuándo hay que reaprovisionar y en qué cantidad).
- Usa técnicas analíticas.

3.- Reemplazamiento y Mantenimiento

- Cualquier equipo se deteriora con el tiempo, de ahí que para mantenerlo a un nivel adecuado de funcionamiento.
- El problema consiste en establecer una política adecuada de cuidados y reparaciones (mantenimiento), y reemplazamientos, de forma que la suma total de los costes sea mínima.

Problemas más comunes

4.- Itinerarios

- Muchas situaciones reales pueden esquematizarse mediante grafos y redes
- Problema determinar un camino o itinerario entre dos vértices.

5.- Colas o Filas de Espera

- Tiene lugar cuando ciertas unidades (clientes) necesitan determinados servicios, para lo cual necesitan de unas ventanillas.
- El problema consiste en determinar el número de ventanillas necesarias para que la suma del tiempo perdido por los clientes en la fila y el de los empleados sea mínimo.
- Suelen resolverse por técnicas analíticas y de simulación.

6.- Secuenciación, Coordinación y Ordenación.

- Cuando un proyecto consta de varios trabajos o tareas, el orden de estos tiene gran importancia sobre el tiempo total requerido por dicho proyecto.
- Se pretende encontrar la secuencia de tareas que minimiza el tiempo o costo total de realización, teniendo en cuenta una serie de restricciones de diferentes tipos.

7.- Competitivos

- Aparecen al considerar el comportamiento de partes externas al sistema que afectan a los objetivos del mismo, como abastecedores, clientes, competidores, etc.
- Los efectos de decisión pueden verse afectados por la que toma la otra parte.
- Estos problemas suelen resolverse mediante técnicas de la Teoría de Juegos.

Problemas más comunes

8.- Fiabilidad

- Determinar la probabilidad de que un sistema complejo funcione correctamente.
- Tiene cierta relación con el Control de Calidad

9.- Localización

- En estos problemas se intenta encontrar la mejor localización para un determinado establecimiento, como por ejemplo un almacén de distribución o un nuevo hospital.
- Para ello, se tienen en cuenta las distancias con respecto a aquellos lugares en los que se produce una demanda del servicio y el volumen de éste

10.- Multicriterio

- En la formulación original de todos los problemas anteriores se suele considerar un solo objetivo, habitualmente el máximo beneficio o el mínimo coste.
- Un problema multicriterio se corresponde con cualquiera de los anteriores en el que se tienen en cuenta más aspectos o criterios para la toma de decisiones.

11.- Mixtos

- Los problemas reales no suelen presentarse como alguno de los anteriores mencionados, sino que aparecen como combinaciones de los mismos.
- Aunque el procedimiento acostumbrado para la solución de procesos combinados consiste en resolverlos de uno en uno en alguna secuencia lógica, la Investigación Operativa debe combinar los métodos, técnicas y modelos precedentes para llegar a una solución óptima.

Problemas

- Problemas en *Sector Público*:
 - administración del tráfico, diseño de un programa educativo, selección y administración de proyectos, control del presupuesto de un proyecto, localización de hospitales, edificios o servicios públicos
- Problemas en *Medio Ambiente*:
 - selección de cultivos, selección de proyectos sujetos a estudio de impacto ambiental, priorización de alternativas ambientales, planificación de cuencas fluviales
- Problemas en *Dirección de Operaciones*:
 - decisiones sobre fuentes de aprovisionamiento, mezcla de productos, planificación y secuenciación de la producción, localización y distribución de plantas, políticas de control de inventarios, programación de actividades y turnos de personal, diseño de colas
- Problemas en *Logística*:
 - Planificación de transporte y rutas de viaje, administración de tráfico, localización de almacenes, optimización de plazas y horarios en líneas de vuelo
- Problemas en *Marketing*:
 - selección de campañas de publicidad, diseño de la política de precios, elección de un nombre de marca, elección de un segmento de mercado, selección de una herramienta de promoción, selección del modo de penetración en un nuevo mercado, reparto de presupuesto para promoción y publicidad
- Problemas en *Finanzas*:
 - Valoración de empresas, selección de cartera, previsión de la evolución de los precios, valoración del riesgo en créditos, identificación de falsificaciones, análisis de riesgo de una inversión

Análisis de Decisiones

- Un comerciante vende un artículo cuya demanda mensual puede ser 1 (0,1), 2 (0,3), 3 (0,4) o 4 (0,2). El precio de venta es de 6500 ptas/ud., el de compra 5000 ptas/ud. El pedido de un mes no se puede aumentar una vez hecho, y si sobran unidades un mes ha de venderlas a 4000 ptas/ud.

Análisis de Decisiones

	1	2	3	4
	0,1	0,3	0,4	0,2
1	1500	1500	1500	1500
2	500	3000	3000	3000
3	-500	2000	4500	4500
4	-1500	1000	3500	6000

Análisis de Decisiones

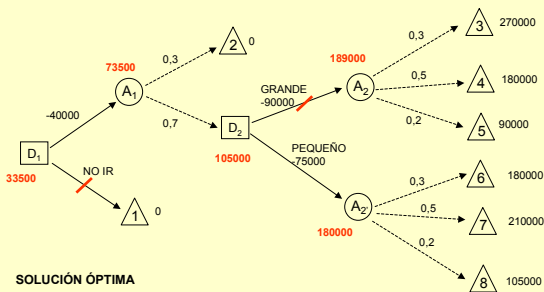
Un vendedor ambulante se plantea en Enero ir a una feria en Septiembre o no hacerlo. Si va, ha de pedir un permiso (40.000 ptas).

Un mes antes de la feria sabe si va a hacer mal tiempo (prob. 0,3), en cuyo caso le es mejor no ir, o buen tiempo, en cuyo caso puede hacer dos tipos de pedido:

grande (900 ud., 100 ptas/ud. compra, 300 ptas/ud. venta) o pequeño (600 ud., 125 ptas/ud., 350 ptas/ud.).

La demanda puede ser 900 (prob. 0,3), 600 (prob. 0,5) o 300 (prob. 0,2). Si la demanda es 900 y no tiene suficientes, ha de rebajar en 50 ptas/ud. el precio de venta.

Análisis de Decisiones



SOLUCIÓN ÓPTIMA

Pedir el permiso, y si hace buen tiempo, ir con un pedido pequeño

Programación Lineal

Ejemplo. Una compañía desea planificar la producción de tres modelos A, B y C. Para ello necesita de dos recursos, mano de obra y material, cuyas disponibilidades son de 150 h/día y 200 kg/día respectivamente. En cuanto a las cantidades necesarias para obtener una unidad de cada uno de los modelos, éstas vienen dadas a continuación, así como los beneficios que se obtienen por la venta de cada unidad de los mismos:

	A	B	C
Mano de obra (horas/unidad)	7	3	6
Material (kg/unidad)	4	4	5
Beneficio (miles ptas./unidad)	4	2	3

Programación Lineal

Sean X_A , X_B y X_C las cantidades producidas de cada uno de los modelos

El problema se plantea:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 4 X_A + 2 X_B + 3 X_C \\ 7 X_A + 3 X_B + 6 X_C &\leq 150 \\ 4 X_A + 4 X_B + 5 X_C &\leq 200 \\ X_A, X_B, X_C &\geq 0 \end{aligned}$$

Programación Lineal

Ejemplo: Sea una empresa que produce dos artículos diferentes A1 y A2 que le proporcionan un beneficio unitario de 100 y 200 u. Los artículos se obtienen a partir de dos productos P1 y P2. Si las cantidades de producto y el tiempo, en horas, de la máquina necesarios por unidad de artículo vienen dados en la tabla:

	P1	P2	TIEMPO
A1	3	3	2
A2	2	4	6
Disponibilidad	250 u.	300 u.	300 h.

¿Cuál es la política que debe seguir la empresa para maximizar el beneficio?

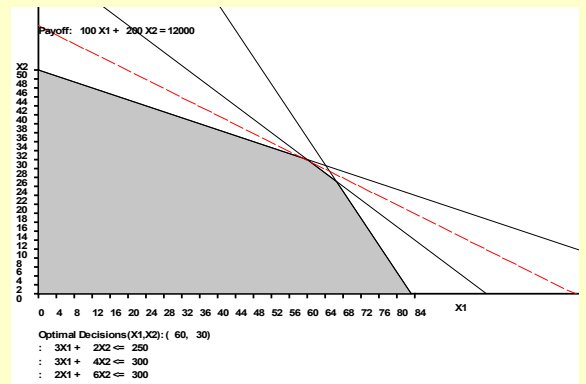
Programación Lineal

Sean X_1 y X_2 las cantidades producidas de cada uno de los artículos A1 y A2 respectivamente

El problema se plantea:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 100 X_1 + 200 X_2 \\ 3 X_1 + 2 X_2 &\leq 250 \\ 3 X_1 + 4 X_2 &\leq 300 \\ 2 X_1 + 6 X_2 &\leq 300 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Método Gráfico



Problema de Transporte

Una empresa tiene tres factorías F1, F2 y F3 que requieren, respectivamente 15, 10 y 10 unidades de un producto homogéneo que proviene de tres plantas de elaboración P1, P2 y P3 donde hay respectivamente 24, 6 y 11 unidades. Los costes unitarios de transporte (c_{ij}) son:

c_{ij}	F 1	F 2	F 3
P 1	2 0	1 8	2 5
P 2	1 2	1 1	3 3
P 3	1 7	1 7	4 4

Problema de Transporte

- Un gimnasio dispone de dos salas. La primera está dedicada a la práctica de culturismo mientras que en la segunda se van a impartir clases de karate para adultos, karate infantil, gimnasia de mantenimiento, gimnasia jazz y danza.
- Durante el mes de Mayo se ha abierto la preinscripción obteniéndose los siguientes resultados sobre el número estimado de personas que se matricularían, dependiendo de la hora y del tipo de clase. (Sólo están disponibles las horas que se indican)

	K.A	K.I	G.M	G.J	D.
7-8	25	2	16	10	5
10-11	0	0	35	20	6
13-14	4	12	8	10	5
17,30-18,30	8	23	19	14	1
18,30-19,30	18	14	21	18	12
20,30-21,30	28	9	13	20	16

Problema de Asignación

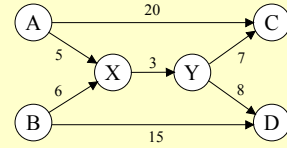
- El gobierno va a realizar tres proyectos A, B y C y cuatro compañías constructoras compiten por ellos. En la siguiente tabla se dan los precios que cada compañía ofrece por la realización de cada proyecto.
- ¿Cuál debe ser la asignación de proyectos a compañías para minimizar el coste total?

	A	B	C
C1	3	13	19
C2	13	10	15
C3	11	15	27
C4	15	9	6

Teoría de Redes

Un panadero es propietario de dos molinos situados en A y B que disponen de 700 y 800 unidades de harina respectivamente. Sus panaderías se encuentran situadas en C y D, y precisan 450 y 840 unidades respectivamente.

Hay rutas directas desde A hasta C y desde B hasta D, pero las entregas de A a D y de B a C deben hacerse vía X y luego Y.



Determinar la forma de entrega más económica

Programación binaria

- Una empresa quiere seleccionar un conjunto de proyectos de la siguiente lista. Su objetivo es maximizar el valor presente neto total del conjunto de proyectos seleccionados pero sin gastar más de lo presupuestado en cualquiera de los próximos tres años. Conocidos los datos de la tabla adjunta, formular y resolver el problema de presupuesto de capital.
- ¿Cuál sería la solución si se sabe que la compañía debe invertir al menos en uno de los proyectos 2 ó 3? ¿Y si nos dicen que si el proyecto 6 es seleccionado, también debe serlo el 2?

Proyec.	VPN	Año1	Año2	Año3
1	50	10	15	10
2	40	20	10	5
3	30	10	15	10
4	40	20	10	5
5	50	10	15	10
6	60	20	10	5

Programación binaria

- Modelo: Sea $X_i = 1$ si se invierte en el proyecto i . $X_i = 0$ si no se invierte

- Max $50X_1 + 40X_2 + 30X_3 + 40X_4 + 50X_5 + 60X_6$
- $10X_1 + 20X_2 + 10X_3 + 20X_4 + 10X_5 + 20X_6 \leq P1$
- $15X_1 + 10X_2 + 15X_3 + 10X_4 + 15X_5 + 10X_6 \leq P2$
- $10X_1 + 5X_2 + 10X_3 + 5X_4 + 10X_5 + 5X_6 \leq P3$
- $X_2 + X_3 \geq 1$
- $X_6 \leq X_2$
- $X_i \in \{0, 1\}$

Proyec.	VPN	Año1	Año2	Año3
1	50	10	15	10
2	40	20	10	5
3	30	10	15	10
4	40	20	10	5
5	50	10	15	10
6	60	20	10	5

Programación binaria

- Una empresa que gestiona los residuos de una zona geográfica tiene que planificar su política de recogida y procesamiento de los mismos. En la actualidad dispone de una sola planta (P1), aunque contempla la posibilidad de poder abrir dos nuevas plantas (P2 y P3) con unos costes de 10 y 12 millones € respectivamente.
- La empresa debe recoger los residuos de 6 localidades. Los costes anuales de recogida de vienen determinados por la siguiente tabla (miles de €):

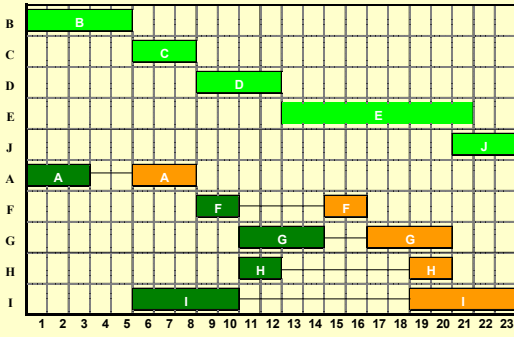
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
P1	20	70	60	50	50	60
P2	40	120	40	60	50	50
P3	35	130	90	30	40	50

Programación y control de proyectos

- Creación de una sucursal en una nueva ciudad

	Actividad	Prece.	Durac.
A	Seleccionar oficinas	-	3
B	Plan organizativo y financiero	-	5
C	Requerimientos de personal	B	3
D	Diseño instalaciones	A, C	4
E	Construir el interior	D	8
F	Seleccionar personal que se transfiera	C	2
G	Contratar nuevos empleados	F	4
H	Trasladar material	F	2
I	Acuerdos financieros con instituciones locales	B	5
J	Capacitación nuevo personal	H, E, G	3

Programación y control de proyectos



Filas de espera

- Un Banco quiere abrir una sucursal en un sector de la ciudad. Se plantea tener un único cajero, con un terminal informático a su disposición. A partir de estudios previos, se asume que llegarán, en promedio, 24 clientes cada hora y que el tiempo de servicio viene dado por una exponencial de media 1.5 minutos.
- El Banco desea tener una previsión del tiempo que, en promedio, tendrá que esperar cada cliente antes de ser atendido y de la longitud media de la fila de espera. También quiere saber el tiempo, en promedio, en el que el cajero y su terminal no estarán atendiendo clientes, y podrán dedicarse a otra tarea.

Simulación

- Política óptima de abastecimiento
- Filas de espera
- Localización de un nuevo parque de bomberos
- Estudio del servicio de atención de urgencias
- Modelos económicos
- Juegos de empresa

Simulación

DATOS						
Capacidad depósito	50 miles litros					
Inventario inicial	50 miles litros					
Costes						
Almacenamiento	10 u.m./mil l y mes					
Pedido normal	200 u.m./pedido					
Pedido urgente	20 u.m./mil litros					
Demanda mensual (miles de litros)	35	18	42	48	40	20

- Política de abastecimiento I: pedir cuando los depósitos estén por debajo de 10 mil litros
- Política de abastecimiento II: pedir cuando los depósitos estén por debajo de 15 mil litros
- Política de abastecimiento III: llenar los depósitos los 4 primeros meses y el mes 5 hasta atender la demanda del último.