



**Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín**

# **Analítica Prescriptiva**

## **Modelos de Optimización en las Organizaciones**



*Profesora: Patricia Jaramillo A. Ph.D*

# Programa modulo optimización

1. Analítica prescriptiva
2. Modelos de Optimización
3. Problema de Programación Lineal
4. Solución a problemas de PL
5. Software
6. Problemas PEM y de Redes
7. Solución a problemas PEM
8. Problemas no lineales PNL
9. Problemas estocásticos

# Evaluación

Actividad	valor
Talleres en clase (ind.)	20%
Formulación matemática de un problema (2 est.max)	10%
Resolución en software (2 est.max)	10%
Caso de aplicación propio basado en alguno de literatura técnica (ind.)	10%

Analítica de negocios BA es el proceso científico de analizar y transformar datos con el fin de hacer decisiones óptimas.

Las herramientas de BA mejoran la habilidad para planificar los sistemas organizacionales a partir de pronósticos, cuantificación de riesgos y valoración de las mejores alternativas a través de análisis de decisiones, simulación y optimización.

# Proceso científico para la toma de decisiones con BA

1. Tomar visiones del sistema y extraer **datos**.
2. Analizar los datos
3. Pronosticar lo que puede pasar en el futuro a partir de los datos del pasado
4. Diseñar o adaptar un modelo matemático para analizar y entender el problema
5. **Tomar decisiones**

# Categorización de métodos analíticos

**Análisis descriptivo:** evalúa lo que sucedió en el pasado.

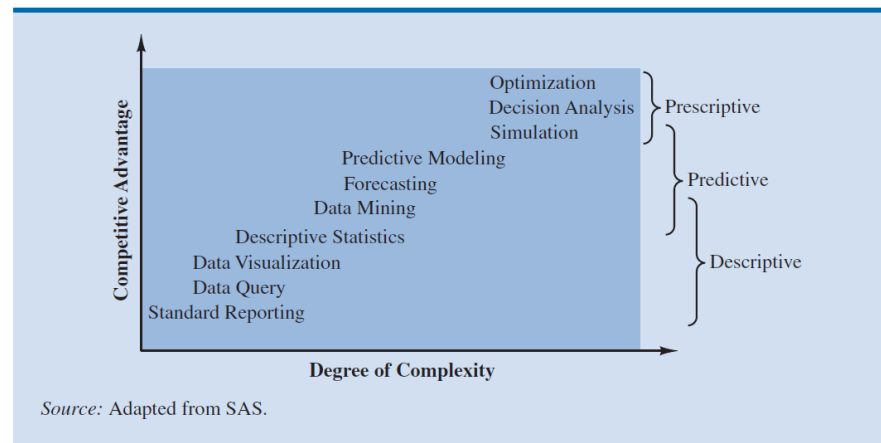
**Herramientas:** Data, análisis descriptivo, data visualización

**Análisis predictivo:** técnicas que usan los datos del pasado para inferir escenarios futuros:

**Herramientas:** regresión, series de tiempo, data mining, simulación

**Análisis prescriptivo:** técnicas que a partir de los anteriores análisis indican cuál es el mejor curso de acción a seguir:

**Herramientas:** simulación, optimización, análisis de decisión.



AP emplea técnicas de diversos tipos como:

- 

## Optimización

Programación Lineal,  
No-lineal, Mixta, Binaria, ...  
Teorías de Gran Escala  
Optimización Estocástica

## Simulación

Por eventos  
Dinámica de Sistema

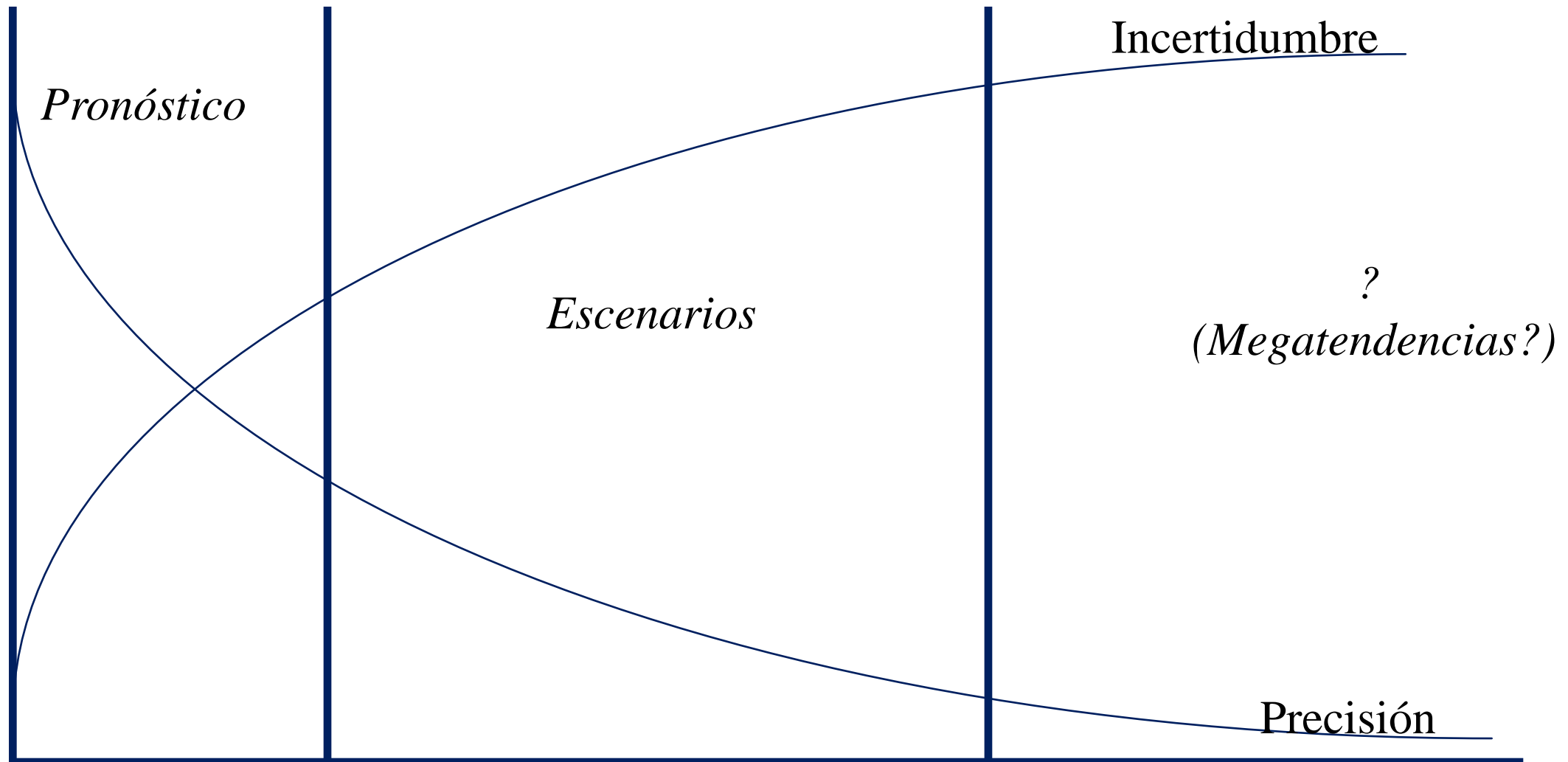
## Procesos Estocásticos

Probabilidad  
Estadística Clásica  
Estadística Bayesiana  
Series de Tiempo  
Estimación de Estado  
Econometría  
Teoría de Colas

## Inteligencia Artificial

Redes Neuronales  
Algoritmos Genéticos  
Lógica Difusa  
Sistemas Expertos  
Sistemas Multiagentes

# Modelos vs. Tiempo





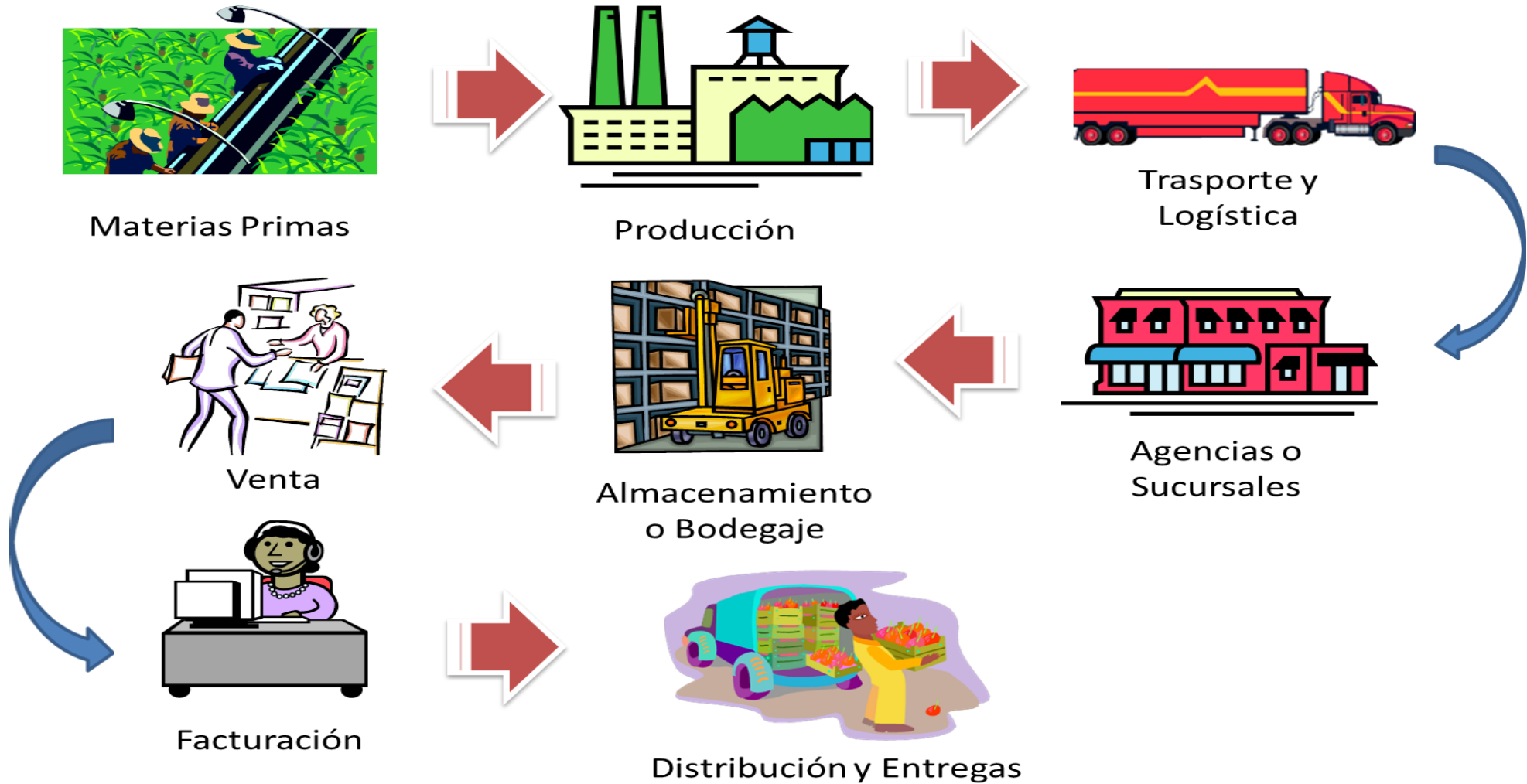
# Aplicaciones

- Finanzas
- Recursos humanos
- diseño de estructuras
- Políticas energéticas
- diseño y operación de sistemas urbanos  
(emergencias, transporte, infraestructura social, ...)
- defensa nacional (militares)
- salud pública
- planificación de recursos hídricos
- justicia criminal.

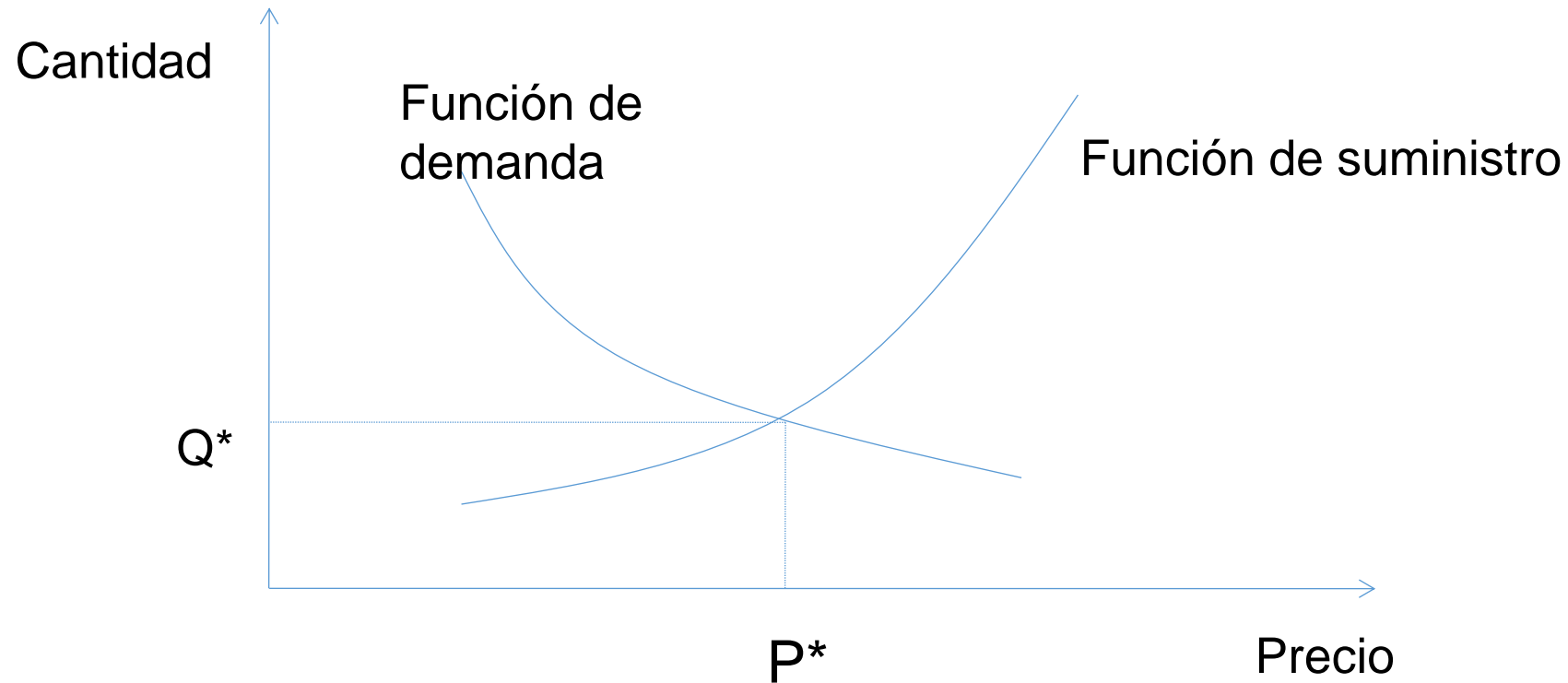
- sistemas de comunicación
- diseño de redes de distribución y transporte
- planificación de inventarios
- producción
- Productos químicos

y muchos otros temas que apuntan a mejorar la productividad y eficiencia de los sistemas a partir de la captura de datos.

# Modelos de Cadenas de suministro

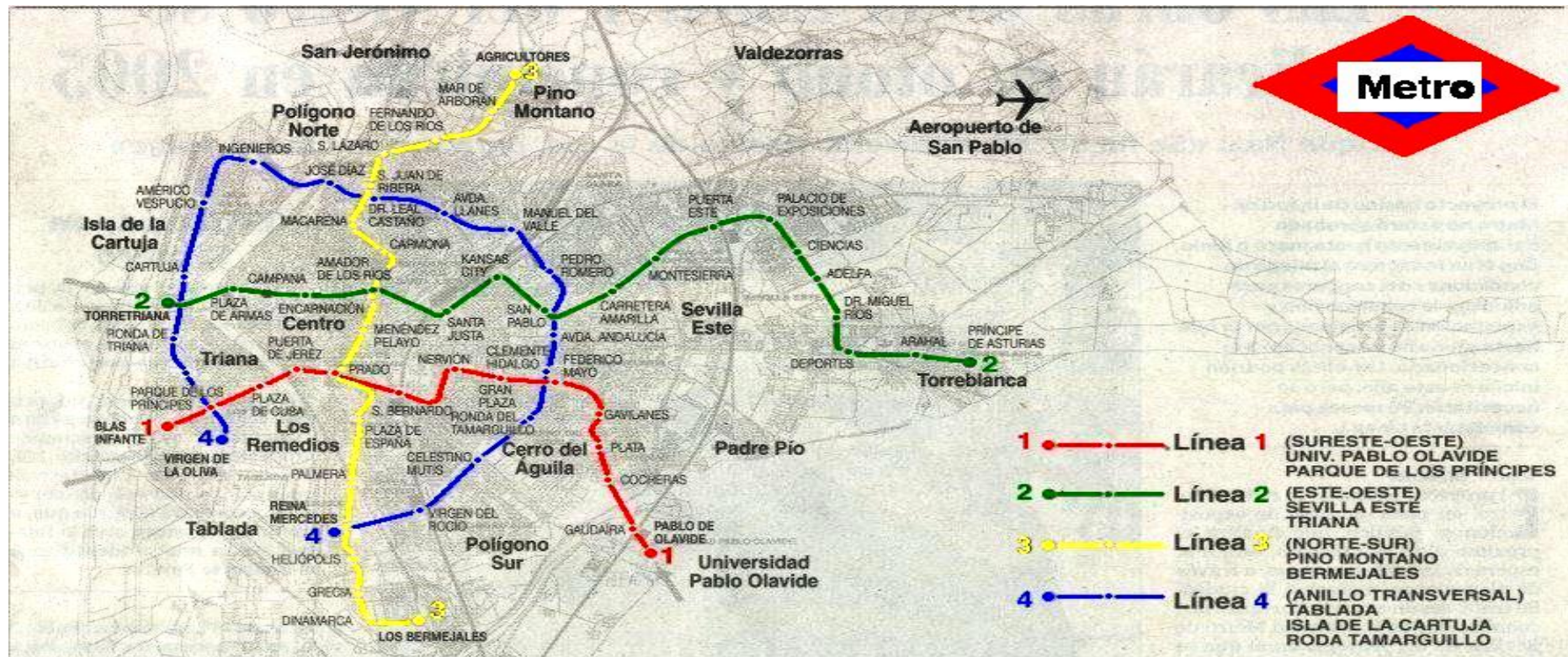


# Modelos de mercados

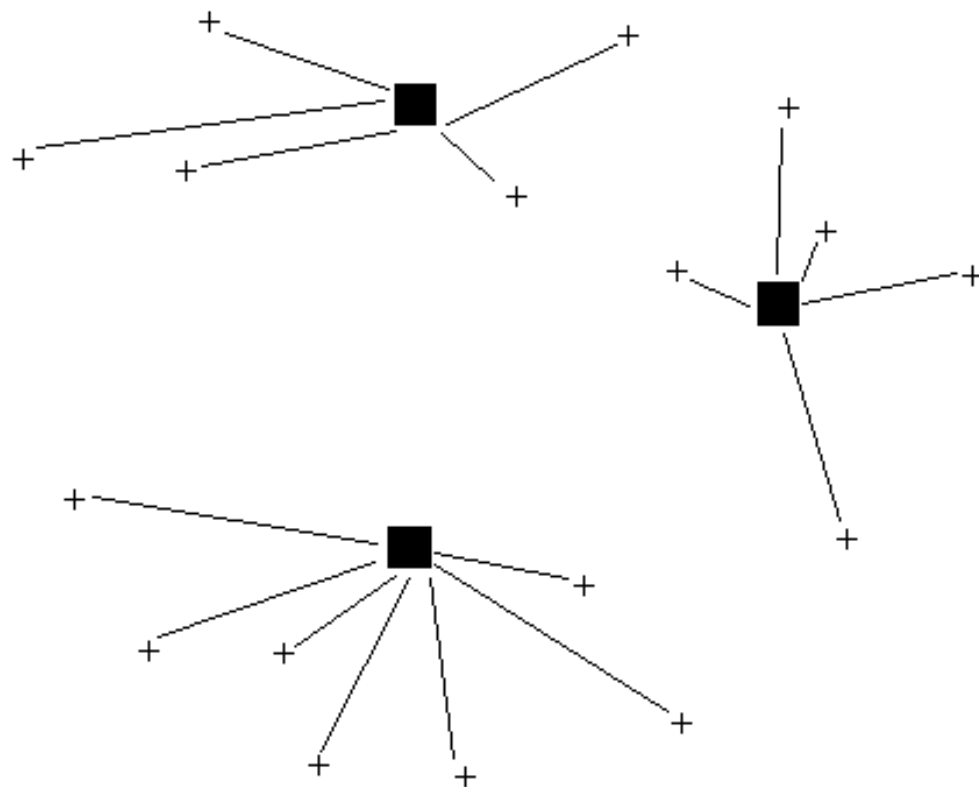


$P^*, Q^*$  Punto de equilibrio

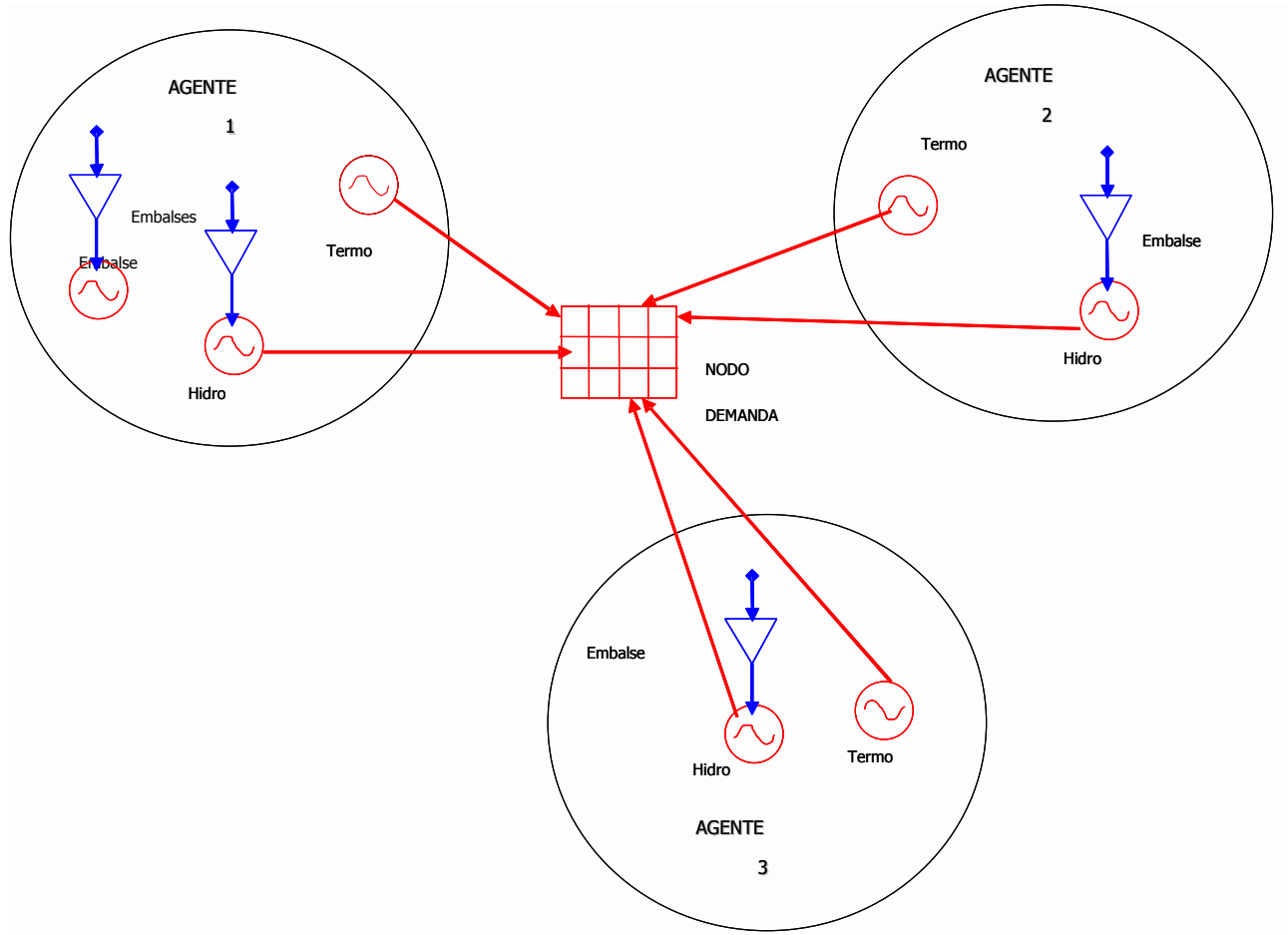
# Modelos de transporte urbano



# Localización de Redes de Medición o redes de servicios



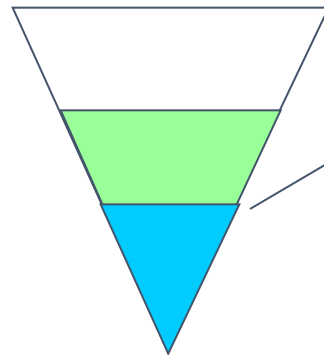
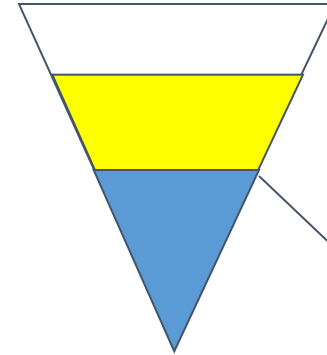
# Generación de electricidad



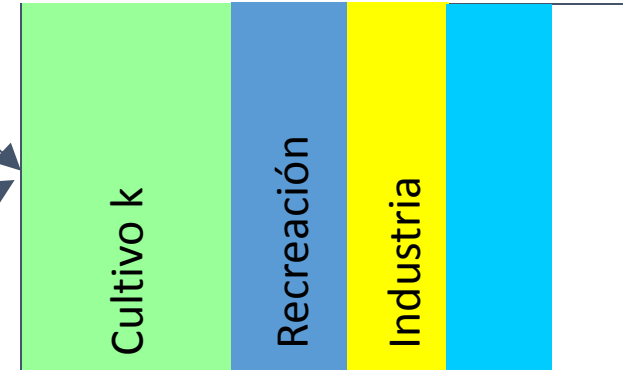
# Asignación de recursos

Asignación de recursos para diferentes usos: ejemplo el agua, para cultivos, recreacional, doméstico, industrial, etc.

Embalse i

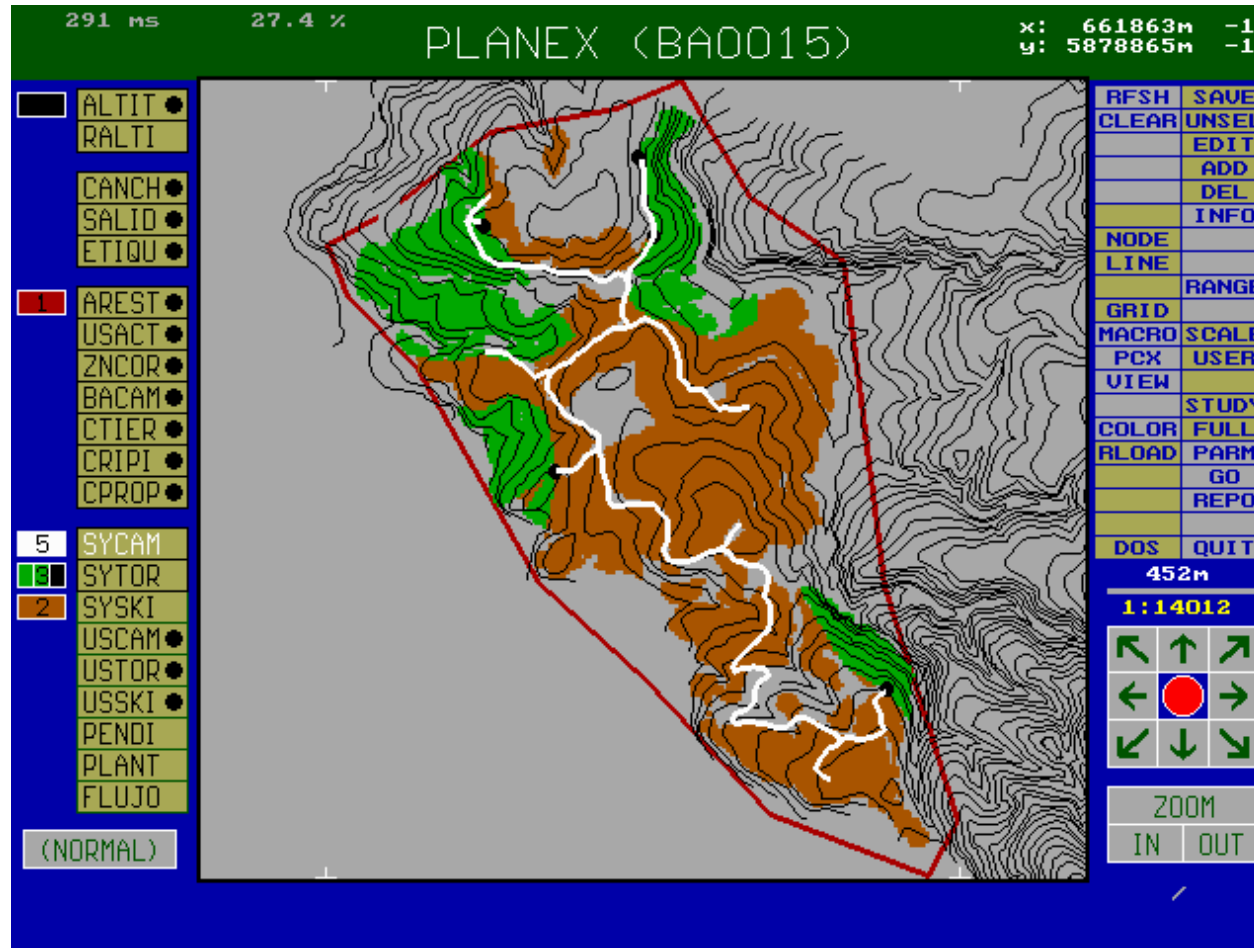


Demanda j

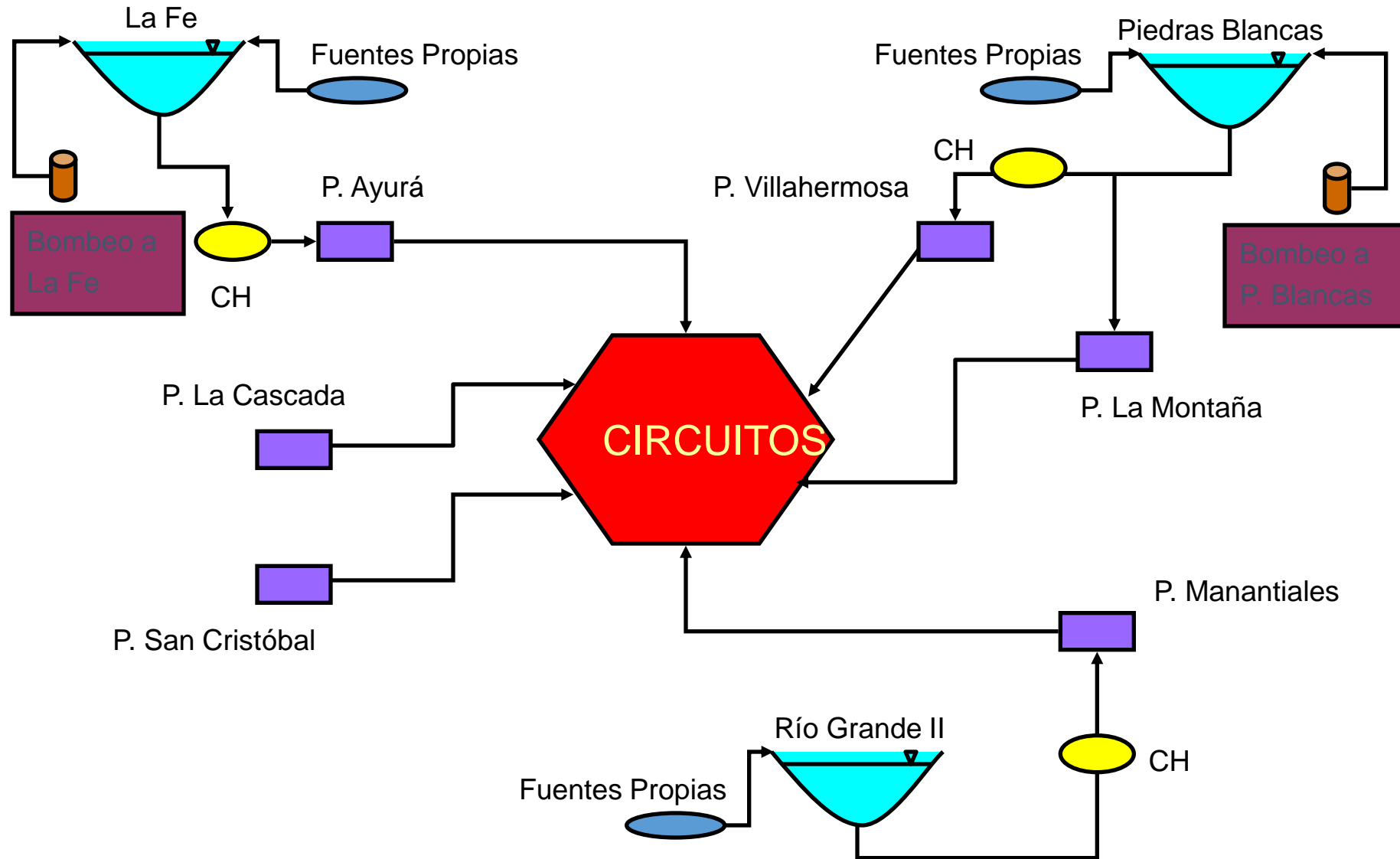




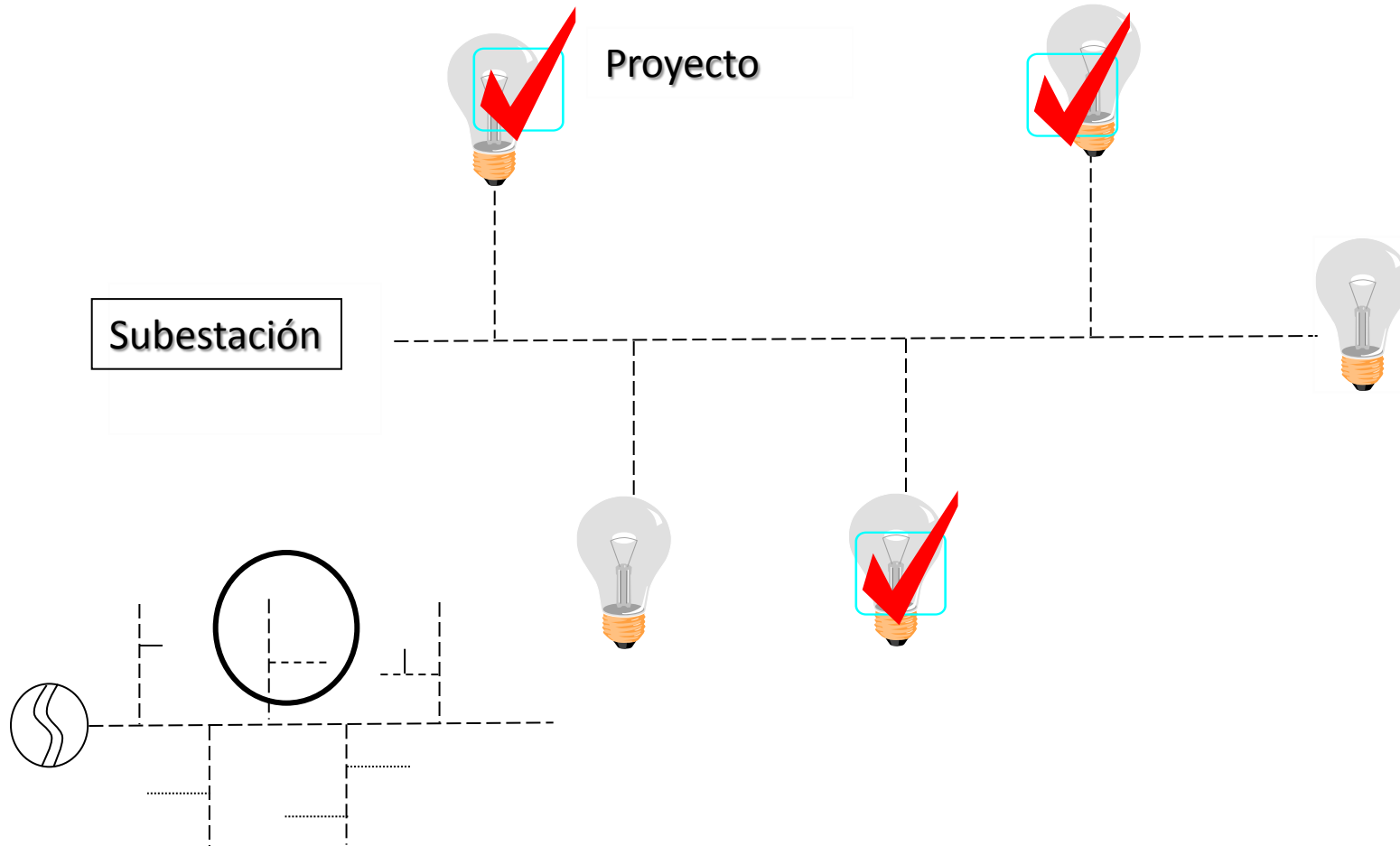
# Selección de corredores Lineales con SIG



# Diseño de acueductos



# Selección y Programación de proyectos



Analítica prescriptiva ha sido aplicado en todos los sectores de **negocios** y de **gobierno**.

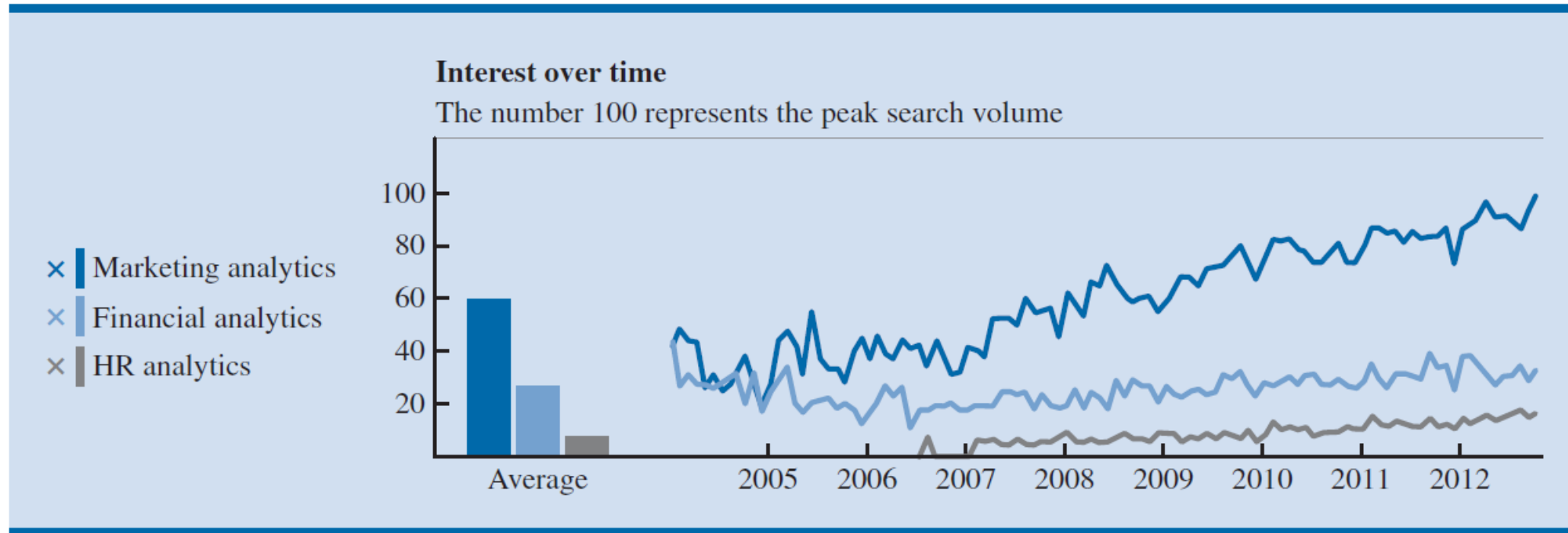
Puede ser muy útil para **maximizar beneficios, eficiencia y ventas** mejorando la probabilidad de éxito:

- Cuál puede ser el mejor precio de un producto?
- Cuál producto se ajusta mejor con el cliente?
- Cuáles clientes son mas propensos a comprar un producto dado basado en su comportamiento pasado?

Empresas como Netflix, Amazon, Google, IBM, GE, Fedex, Alibaba, Shell, Amerin Airlines, etc hacen uso frecuente de herramientas de analítica de negocios para resolver problemas importantes y alcanzar ventajas competitivas.

**Un estudio de** MIT's Sloan School of Management and the University of Pennsylvania, concluyó que las empresas guiadas por analítica tienen productividades más altas.

**FIGURE 1.3** GOOGLE TRENDS FOR MARKETING, FINANCIAL, AND HUMAN RESOURCE ANALYTICS, 2004–2012



# Finanzas

## **Construcción de portafolios óptimos de inversión**

**GE Asset Management** (subsidiaria de General Electric Co.) usa modelos de optimización para decidir cómo invertir lo que va recibiendo de otros productos financieros:

GE provee servicios de tarjetas de crédito en un negocio que excede los 12 billones de dólares anuales. Desde 1989 desarrolló el sistema PAYMENT el cual es un DSS orientado a realizar la asignación óptima de recursos en el proceso de cobranzas.

Sus beneficios se estimaron en 75 millones en 5 años por el uso de este modelos.

## Ultimate4Trading

Es una herramienta virtual gratuita para apoyar negocios en la Bolsa (e-commerce): En tiempo real busca en internet todos los estados de las empresas, hacen pronóstico y proponen canasta óptima al usuario quien define monto a invertir.

- <http://ultimate4tradingopiniones.com/>

# Recursos humanos

RH asegura que la organización posea el personal con las habilidades necesarias y que contrate personas con altas capacidades, asegurando un medio ambiente que los retenga.

**Sears Holding Corporation** es propietaria de los retailers Kmart and Sears Y Roebuck and Company y ha creado un equipo de analítica en su organización para soportar el programa de contratación y retención de talentos.



# Mercadeo

**Decisiones sobre precios:** modelos predictivos para entender mejor al consumidor para ofrecerle precios, campañas publicitarias, líneas de productos que le satisfagan y crear fidelidad.

Análisis de actividad **online** como visitas a sitios web o redes sociales como facebook o Instagram, permiten plantear mejores estrategias de promoción y venta de productos y servicios vía web.

Por ejemplo a veces se hacen experimentos dándole a diferentes grupos de personas versiones diferentes de la página web para ensayar éxitos o fracasos en la ventas.

# Mercadeo



[P&G \(procter y Gamble\)](#) es un mercaderista de jabones, pañales, y muchos productos mas de diferentes marcas, en mas de 180 países.. P&G lanzó un proyecto que nombró “Strengthening Global Effectiveness” para convertir a la cadena de suministro, inicialmente en USA, lo mas eficiente posible.

La Universidad de Cincinnati ayudo a crear un sistema que ayudó a responder:

- cuál plantas fabricar las familias de productos
- Dónde localizar los centros de distribución
- Cuáles clientes deber ser atendidos desde cuál centro de distribución

Se recolectaron datos de todos los aspectos de la cadena de suministro, como demanda de productos, costos de producción fijos y variables por planta, costos de transporte y de carga desde los diferentes centros de distribución, Los datos se analizaron con estadística descriptiva, luego usaron modelos de pronóstico para estimar demandas futuras para los próximos 10 años.

Realizaron un modelo de **optimización** para minimizar los **costos** totales.

Una vez se implementó la alternativa elegida se ahorraron US\$250 millones por año; mas tarde se utilizó en América, Europa y Asia y ahora es uno de los lideres en SCP en el mundo en gestión de SC

- **Amazon y NetFlix:**

A medida que los usuarios visitan la web o eligen películas en Netflix, ellos van capturando mas datos acerca del cliente y van actualizando los modelos para hacerle recomendaciones que maximicen la probabilidad de compra o de elección.

- **Zara**

determina con analítica los stocks iniciales en cada una de sus tiendas cuando introduce un nuevo producto.

- Las páginas web de ventas de pasajes, hoteles o renta de carros (**despegar, tiquetesbaratos, expedia**) usan analítica prescriptiva para evaluar múltiples iteraciones factores del cliente y de la compra tales como niveles de demanda, socio y demográficos, para optimizar sus precios y ofertas.



- Otra estrategia útil es segmentar los clientes basados en múltiples datos para entender como consumen; por ejemplo, [InterContinental Hotel Group](#) usa 650 variables para determinar la oferta que puede hacer a sus clientes en precio por producto y al cliente correcto.



# American Airlines

Desde 1960 investiga el problema del inventario de reservas. Debido a la magnitud y complejidad del problema, AA ha desarrollado una serie de modelos para sobreventa de tiquetes, asignación de descuentos, y manejo de tráfico. Reportan ganancias hasta de US\$500'000.000/Año

# Salud

El uso de analítica ha incrementado debido a la presión de control de costos y tratamientos mas efectivos: ej: programación de pacientes, médicos, y demás personal, hospitales. También se ha usado para diagnósticos y tratamientos.

[Healthcare](#) combina datos de los pacientes, como medicinas requeridas, datos socioeconómicos, datos de los hospitales y medicina disponible puede ofrecer mejor servicio a menores precios: también mejoran las decisiones sobre nuevos hospitales o adquisición de equipos para mejorar la eficiencia de los hospitales

Un estudio de **McKinsey Global Institute** estima que el sistema público de salud en USA ha ahorrado mas de 300 billones por año por usos de analítica.

- De otro lado los médicos usan modelos que les permiten hacer recomendaciones sobre los mejores tratamientos al paciente ([Aurora Health Care Centre](#) redujo readmisiones a una tasa de 10% y ahorro US\$ 6 millones anuales.
- Georgia Institute of Technology (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) desarrolló un modelo de tiempo real para determinar la colocación óptima de puntos de radioactividad para el tratamiento de cáncer de próstata y como resultado se disminuye en 20 a 30% los puntos de radioactividad disminuyendo costos y procedimientos mas invasivos y con efectos colaterales.
- Las industrias farmacéuticas mejoran su diseño de medicinas y reduciendo el tiempo de llegada al mercado. A partir de simulaciones se puede mejorar las medicinas rápidamente y se puede asignar a pacientes con tratamientos clínicos basados en múltiples variables.

# Logística

- Houston-based oil and gas company Apache Corp. usa [Ayata's prescriptive analytics software](#) para optimizar la maquinaria que bombea petróleo del subsuelo anticipándose a los hallazgos o a las posibles fallas.
- El carro autónomo de Google usa analítica prescriptiva para las decisiones autónomas que toma en el trayecto.
- Otras empresas usan optimización de rutas. [UPS](#) analiza y combina miles de datos y optimiza 10.000 rutas por minuto de todos sus camiones.



- **Heinz USA** y Carnegie Mellon University desarrollaron un DSS, para el análisis de diferentes opciones de envío para pasta de tomate, desde la costa oeste, hasta las fábricas del medio-oeste. La política de distribución se enmarcó dentro de las variaciones estacionales de la demanda y oferta, unidas a las variaciones en medios de transporte. Los costos evitados ascendieron anualmente a 970.000 dólares.
- **Société Nationale Des Chemins De Fer Français**. maneja anualmente 50'000.000 pasajeros en 140 ciudades. La infraestructura de transporte está compuesta por 300 clases de trenes, 3000 viajes programados por semana. La implementación de un DSS aumentó sus ingresos y disminuyó sustancialmente sus costos operativos (~ US\$18.600.000 anuales),
- Compañías como **Fedex** o **Amazon** gestionan el envío de paquetes, programación y ruteo de vehículos. Manejo de inventarios y programación de personal.

# Gobierno

Analítica permite a los gobiernos incrementar la efectividad de sus políticas y programas. Desde la segunda guerra mundial los gobiernos han usado analítica intensamente.

Actualmente se usa desde decisiones sobre donde aumentar las campañas para elecciones o programas de recolección de impuestos (como lo ha hecho el Dto del estado de NY con apoyo de IBM con lo que recuperaron más de 93 millones en 2 años)

Catholic relief Services es una agencia que ayuda por el mundo con programas de salud, educación y agricultura en países pobres y usa analítica para la asignación de recursos para maximizar el impacto de sus programas.

# Deporte

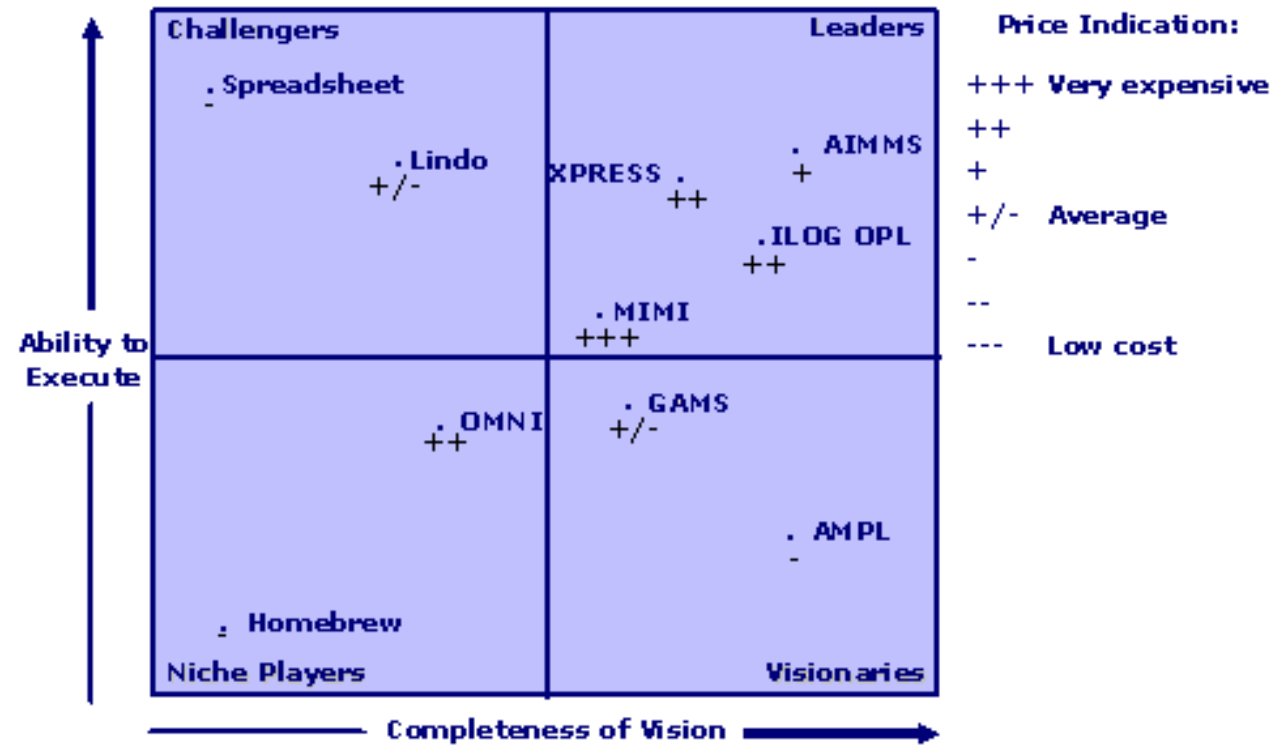
En 2003 Michael Lewis publico *MoneyBall* , la historia de como el equipo de ***Oakland Athletics*** uso analítica para la evaluación de jugadores con el fin de tener un equipo muy competitivo usando un presupuesto limitado.

Otra aplicación es en la decisión de cuanto ofrecer por un jugador. Cuales pitcher usar en varios juegos de la Liga de Baseball en USA. Estimar precios adecuados de tiquetes de entrada a los partidos que reflejen la atraktividad y demanda del juego.

# Software útil para AP

- R
- Python
- Lindo System ([www.lindo.com](http://www.lindo.com))
- AIMMS ([www.aimms.com](http://www.aimms.com))
- GAMS® (General Algebraic Modeling System),
- IBM ILOG, and.
- AMPL
- FICO Xpress
- Excel

- Fuente [www.AIMMS.com](http://www.AIMMS.com)



# Asociaciones

**INFORMS:** Institute for operations research and the management sciences-  
Union ORSA y TIMS

**IFORS:** Federación internacional de sociedades de investigación de  
operaciones

**EURO:** Asociación de sociedades europeas de IO

**ALIO:** Asociación de Sociedades latino - iberoamericana de IO

**APORS:** Asociación de Sociedades de la región de Asia y el Pacífico de IO

**NORAM:** Sociedades de USA y Canadá

**OR:** sociedad de OR de Inglaterra

# Revistas

Analytics

Interfaces

European Journal of Operational Research)

Annals of Operation Research

ITOR International transactions in OR

Impact (<http://www.getimpactmagazine.co.uk/>)

Decision Analysis

Management Sciencies



# Bibliografía

International Series in  
Operations Research & Management Science

Rahul Saxena  
Anand Srinivasan

## Business Analytics

A Practitioner's Guide

## Business Analytics for Decision Making

Fourth  
Edition

## Data Analysis and Decision Making

## Business Analytics Data Analysis and Decision Making

5e

Albright | Winston

CAMM • COCHRAN • FRY • OHLMANN  
ANDERSON • SWEENEY • WILLIAMS

## Essentials of Business Analytics

SCRIPTIVE  
REDICTIVE  
SCRIPTIVE

Albright | Winston | Zappe



# Otros links interesantes

Analytics-Success-Stories

<https://www.informs.org/Sites/Getting-Started-With-Analytics/Analytics-Success-Stories>

INMFORMS tiene una sección específica de analítica

<https://www.informs.org/Sites/Getting-Started-With-Analytics>