

**Algunas aplicaciones de las Matemáticas  
en la vida cotidiana**

**J.I. Díaz**



**El Escorial  
Grandes retos de las Matemáticas  
en relación a otras Ciencias  
12 de julio de 2004**

• **Principio de amenidad en libros de divulgación científica (Stephen W. Hawking, 1988):** El n° de ecuaciones reduce a la mitad el n° de potenciales lectores

$$l = \frac{l_0}{2^e}$$

• **Principio de amenidad en conferencias de divulgación científicas:** El grado de amenidad y espontaneidad de la conferencia es inversamente proporcional al n° de páginas que se ha de escribir después de la conferencia

$$a = \frac{1}{p}$$

• **Nota:** p puede ser incluso fraccionario

# Matemáticas en la vida cotidiana: un prisma de muchas caras

## Un matemático lee el periódico

John Allen Paulos

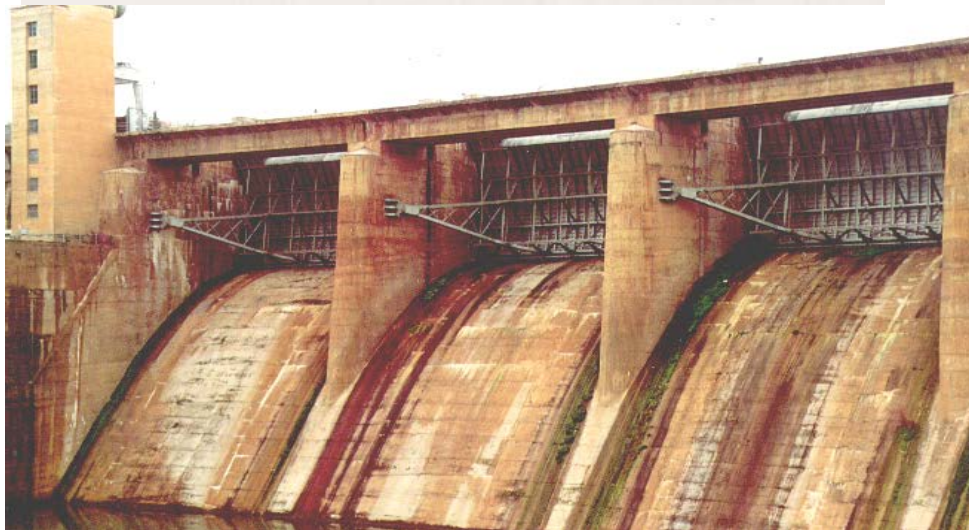
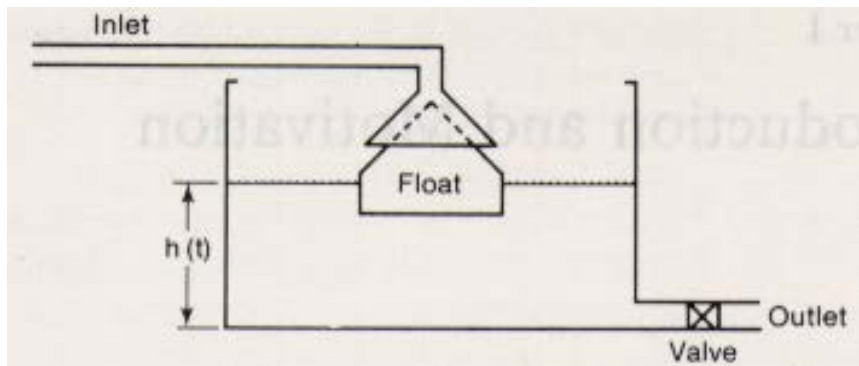


METATEMAS 44

LIBROS PARA PENSAR LA CIENCIA



•No existe una ciencia específica de la vida cotidiana:



## Adidas Equipment Cycling Bodysuit

Adidas ha introducido su nuevo equipo como parte innovadora de la gama de productos olímpicos que se utilizarán en Sydney. Esta equipación minimiza la resistencia al avance y ayuda al ciclista a mantener una postura óptima sobre la bicicleta.

El *bodysuit* tiene menos costuras que los trajes tradicionales, lo que hace que disminuyan las turbulencias producidas por las altas velocidades.

Quitando las costuras en sitios estratégicos, como la parte frontal de los hombros y laterales de los brazos, la resistencia al avance se reduce notablemente.

El corte del traje es más corto por delante que por detrás, lo que ayuda al ciclista a mantener la cintura en una posición más cómoda cuando se inclina sobre el manillar.

El diseño se adapta a la piel del ciclista como si fuera una segunda piel.

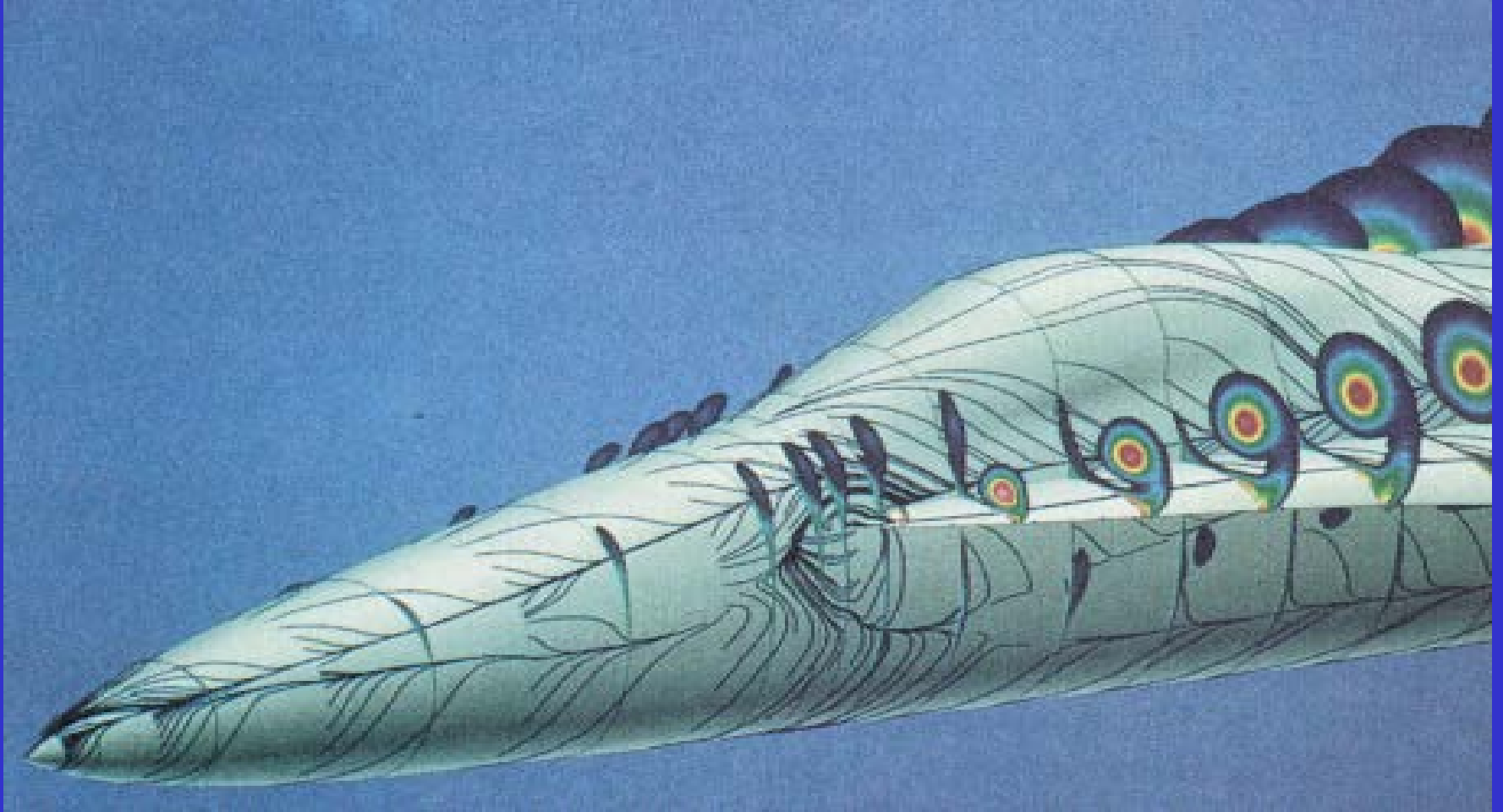
La resistencia que opone el aire al ciclista alcanza el **80%** de la fuerza de frenado que ha de vencer.

De este porcentaje, el **70%** corresponde al corredor, y el **30%** restante, a la bicicleta.

# Perfil aerodinámico en ciclismo



..., industria aeronáutica,....



# Inventos/Procesos

## Pocos “inventos” con huella de matemáticos

- Listado inagotable (ver “Inventos del milenio”, EL PAIS-Aguilar, 1999): Denis Papin (físico y matemático) (1647-1712) describe **la olla exprés** en un artículo en 1681 (miembro de la London Royal Society). No se fabrican hasta el XIX . El modelo actual es del 1948.
- **Máquinas de calcular, el ordenador** (Telares como precursores: Basile Bouchon, en 1725 y M. Falcon en 1728 construyen telares de tarjetas perforadas)
- **Matemáticos-ingenieros: Arquímedes, Leonardo da Vinci, Galileo, Blas Pascal, Huygens,..., Torres Quevedo, J. von Neumann, ...**
- **La tecnología es mucho más que un catálogo de inventos**

# Tecnología

**Al-Farabi (870-950)** “Utilización sistemática del conjunto de conocimientos científicos y empíricos para alcanzar un resultado práctico: un producto, un proceso de fabricación, una técnica, un servicio, una metodología”

•Relación entre ciencia y tecnología:

•compleja, variable a lo largo del tiempo y en ambos sentidos.

• No se limita ciencia aplicada (la máquina de vapor anterior a la Termodinámica)

•Numerosos ejemplos de interacción: desarrollo del electromagnetismo durante el siglo XIX ,...

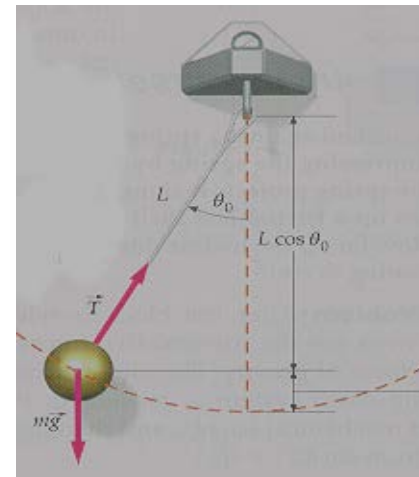


# Vida cotidiana en la vanguardia de la investigación científica:

## • Construcción de relojes

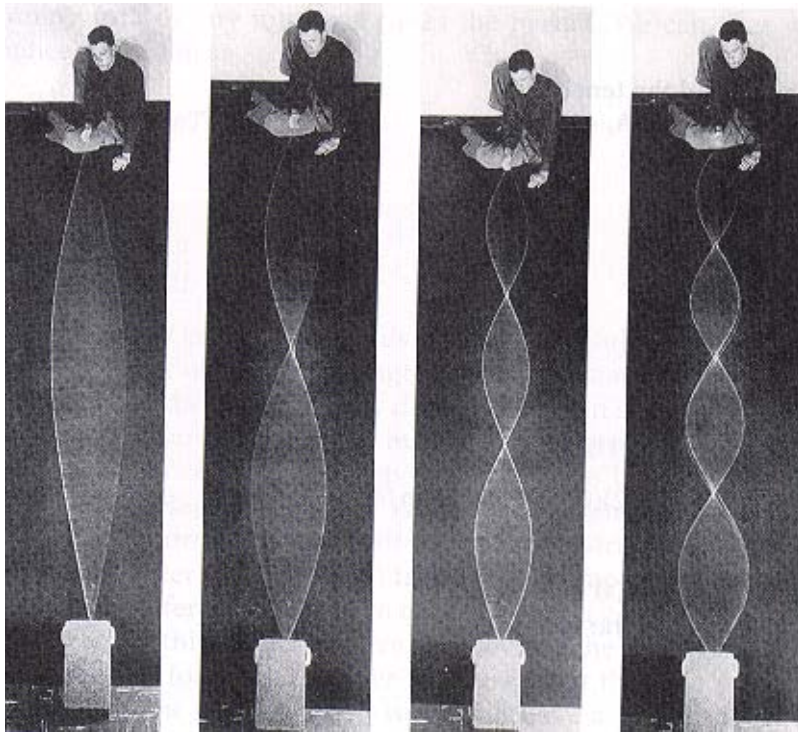


## Péndulo no lineal

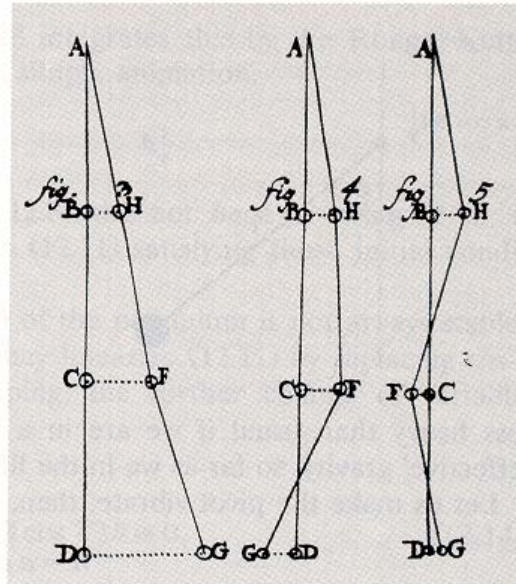


## \* Música y Matemáticas

Experimentalmente: Vibraciones de una cuerda en modos (mitades, tercios,...): Bien conocido en 1700



1739: Daniel Bernoulli: *Investigación sobre una nueva teoría de la música, claramente expuesta a partir de incontestables principios de la armonía*



•1746: Jean Le Rond D'Alembert: “Investigaciones sobre la curva que forma una cuerda tensa que se hace vibrar”

# Avances derivados de la “gran ciencia” (grandes inversiones tanto económicas como de capital humano)

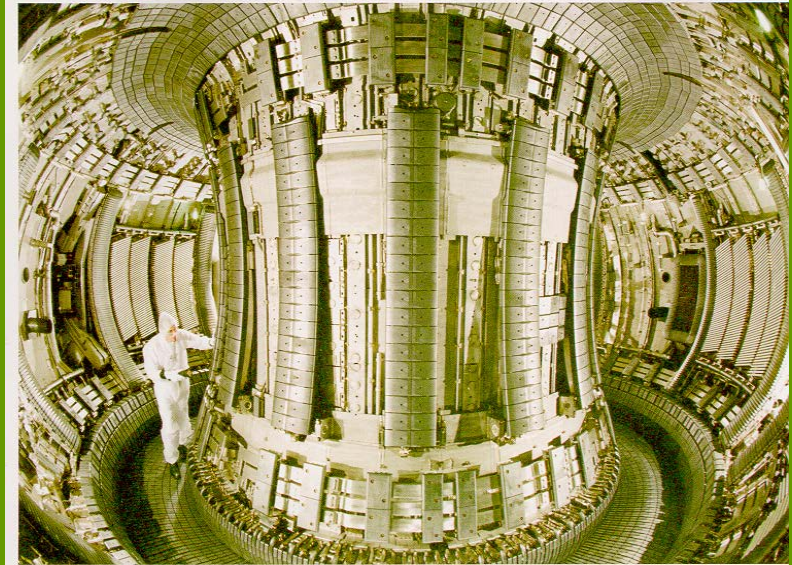
- Computadores, PCs, microtecnología, .
- Carrera espacial (nuevos materiales, GPS, telecomunicaciones,...)
- Fusión termonuclear,...

## • Industrial Mathematics:

- Oxford (Tayler, Ockendom,..)

- Minnesota (A. Friedman)

- European Consortium for Mathematics in the Industry ECMI,..



Vista interior del JET después la instalación del divertor (a principios de 1994)

# **Temas prioritarios del Programa Marco Europeo :**

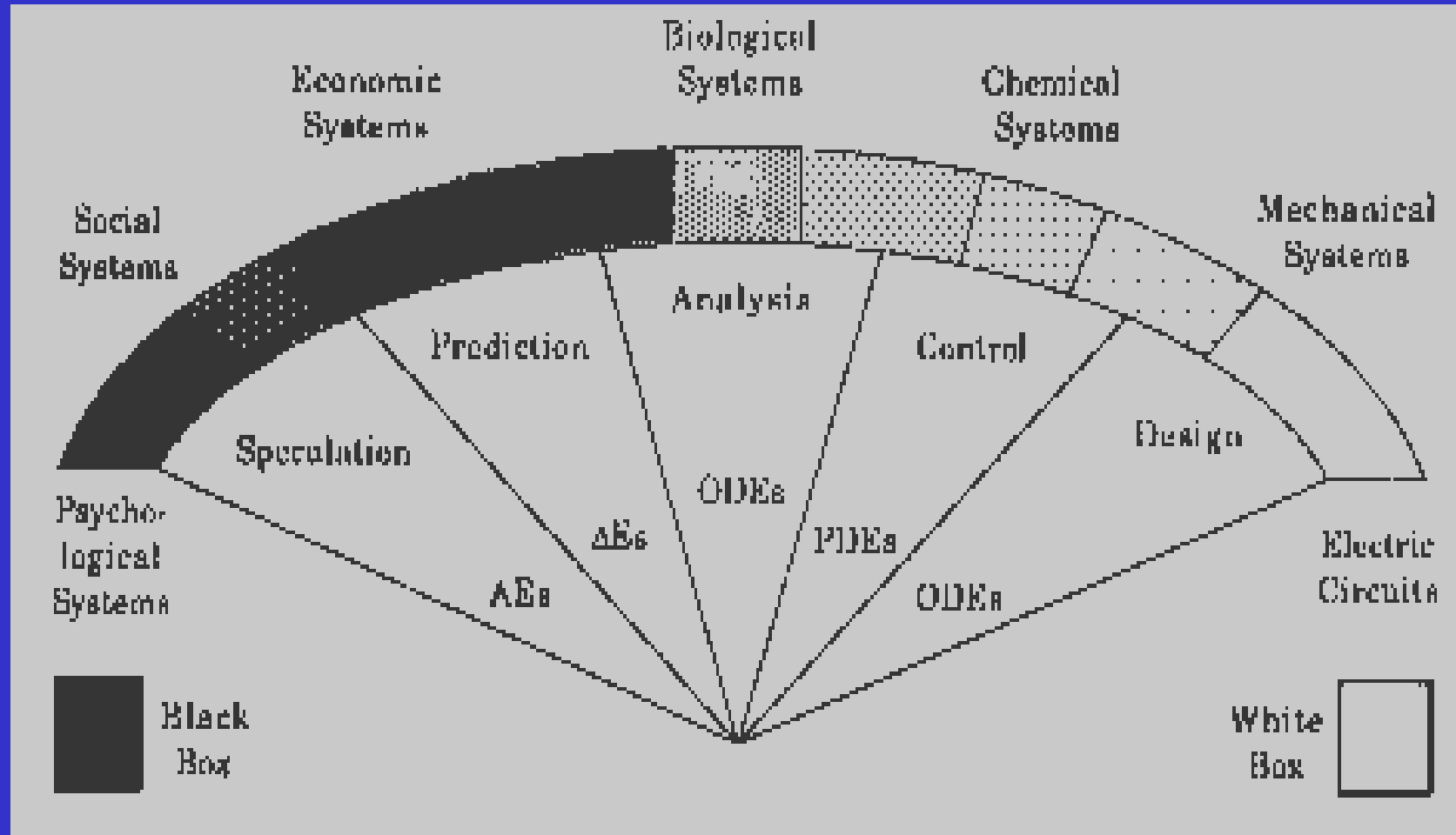
- \*Aplicaciones Telemáticas,**
- \*Tecnologías y Servicios de Comunicaciones Avanzadas,**
- \*Tecnologías de la Información,**
- \*Tecnologías de Fabricación y de los Materiales,**
- \*Agricultura y Pesca, Medio Ambiente,**
- \*Transportes.**

**Otras fuentes: Plan Nacional de Matemáticas 2003**

# Matemáticas en procesos de la vida cotidiana

- **Preferencias personales:**
  - **Filtración en medios porosos (agricultura, diques, purificación de aguas, industria farmacéutica, máquina de café,..)**
  - **Fluidos no-Newtonianos (champú, sangre, lava, glaciares, extracción de petróleo, gaseoductos,..)**
  - **Lubricación (motores, cintas de video,...)**
  - **Cambios de fase (colada del acero, congelación de alimentos, fabricación de helados, combustibles espaciales,...)**
  - **Capa límite hidrodinámica (aviones, barcos, ...)**
  - **Meteorología y Climatología**
  - **Modelos en Medicina: crecimiento de tumores, simulación de ventilación pulmonar infantil,....**

# Sobre la complejidad de las aplicaciones de las Matemáticas (Walter Karplus, 1976)



matemáticas del comportamiento/matemáticas de la naturaleza

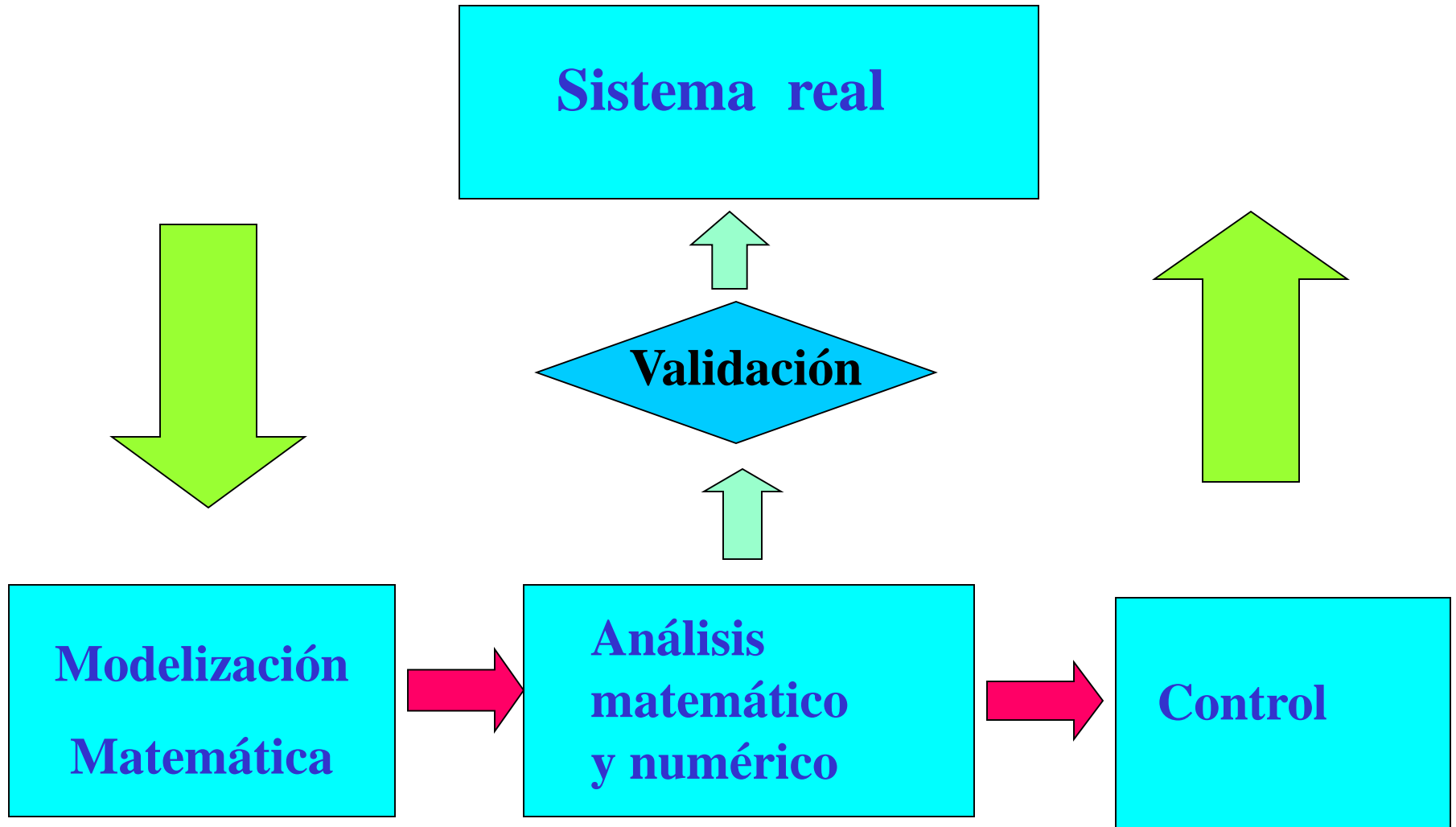
# Dimensión social.

(Ortega: *Meditación de la técnica...*, 1939)

- Sistema de numeración (vida en sociedad).
- Cálculo de estructuras (gran ciudad, rascacielos, prevención sísmica,..).
- Calidad de vida:
  - Agua corriente, Luz eléctrica, Lavadora, Frigorífico, Calefacción, Automóvil, Teléfono, Televisión, Internet, ... Aire acondicionado,..
  - Repercusión social del ordenador (información no numérica)



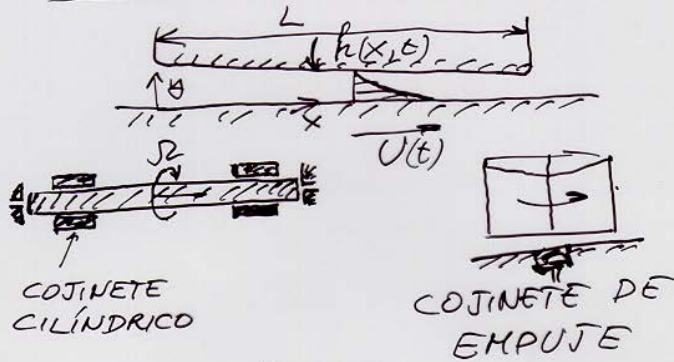
# La “Trilogía Universal”



# El "arte" de la modelización:

## TEORIA DE LA LUBRICACIÓN FLUIDODINÁMICA (REYNOLDS)

### LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA



### ZAPATA BIDIMENSIONAL

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

$U_c/L = v_c/h_0$

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)$$

$\rho U_c t_0$     $\rho U_c^2/L$     $\rho_x p/L$     $\mu U_c/h_0^2$     $\mu U_c/L^2$

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right)$$

$\rho v_c t_0$     $\rho U_c v_c/L$     $\rho_y p/h_0$     $\mu v_c/h_0^2$     $\mu v_c/L^2$

$y=0: u=U(t), v=0$

$y=h(x,t): u=0, v=\frac{\partial h}{\partial t}$

$$\frac{\partial p}{\partial x} \sim \left( \frac{h_0}{L} \right)^2$$

$U(t) \xrightarrow{U_c} h(x,t) \xrightarrow{h_0, t_0}$

$h_0/L \ll 1, h_0^2/\nu t_0 \ll 1; h_0^2/\nu U_c \ll 1$

## HIPÓTESIS DE LA TEORIA DE LA LUBRICACIÓN

$h_0/L \ll 1$  (CAPAS DELGADAS)

$h_0^2/\nu t_0 \ll 1$  (ACELERACION LOCAL DESPREC.)

$\frac{U h_0}{\nu} \frac{h_0}{L} \ll 1$  (ACELERACION CONVECTIVA DESPRECIABLE)

### ECUACIONES (DE STOKES) SIMPLIFICADAS

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

$$0 = \frac{\partial p}{\partial y} \rightarrow p = p(x, t)?$$

$y=0: u=U(t), v=0$

$y=h(x,t): u=0, v=\frac{\partial h}{\partial t}$

$$u = \underbrace{U \left(1 - \frac{y}{h}\right)}_{\text{Couette}} + \underbrace{\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} y(y-h)}_{\text{Poiseuille}}$$

$$v = -\int_0^y \frac{\partial u}{\partial x} dy \rightarrow \frac{\partial h}{\partial t} = -\int_0^h \frac{\partial u}{\partial x} dy$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_0^h u dy = 0 \quad q_x = \int_0^h u dy$$

$$q_x = \frac{U h}{2} - \frac{h^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{U h}{2} - \frac{h^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 0$$

### (ECUACIÓN DE REYNOLDS DE LA LUBRICACIÓN)

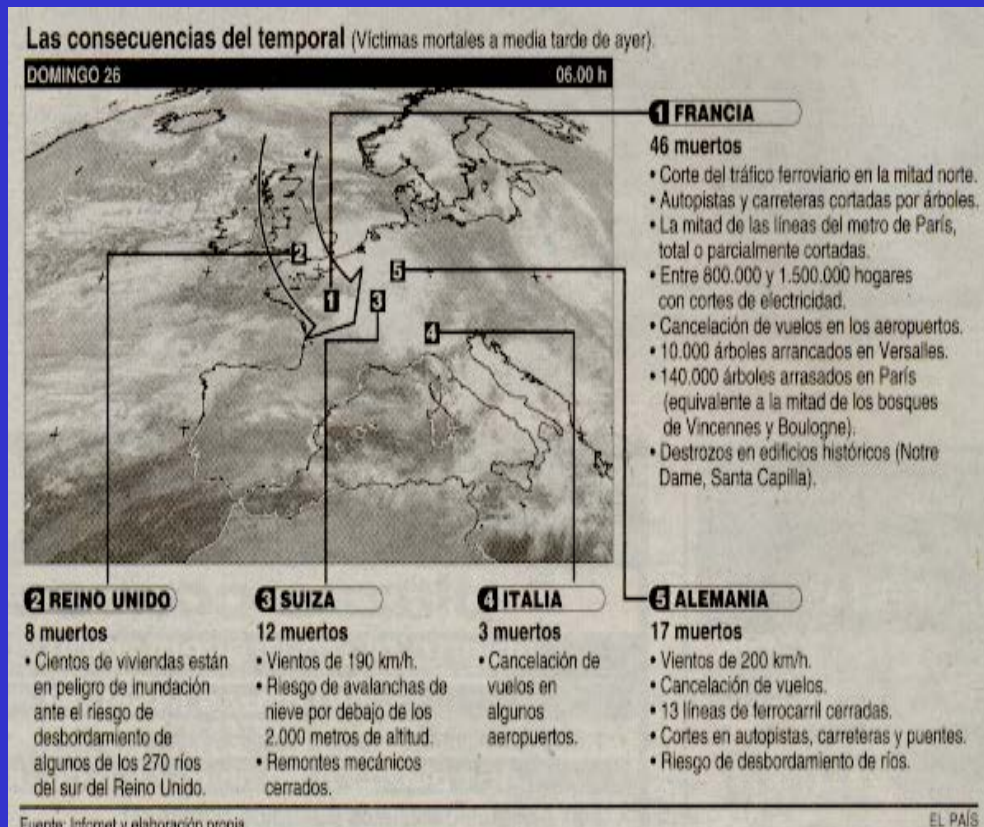
# Proceso similar en las Artes



# La modelización matemática tiene componentes subjetivas:

• “Ecuaciones personales” de F. Bessel (1784-1846)

[Tiempos de tránsito de los astrónomos]



**\*Tormentas en Francia, 24, 25 y 26 de diciembre de 1999: recorrido pronosticado del torbellino descartado por los meteorólogos**

# Matemáticas de la actuación: Teoría de Control

Control (entrada)  $u$

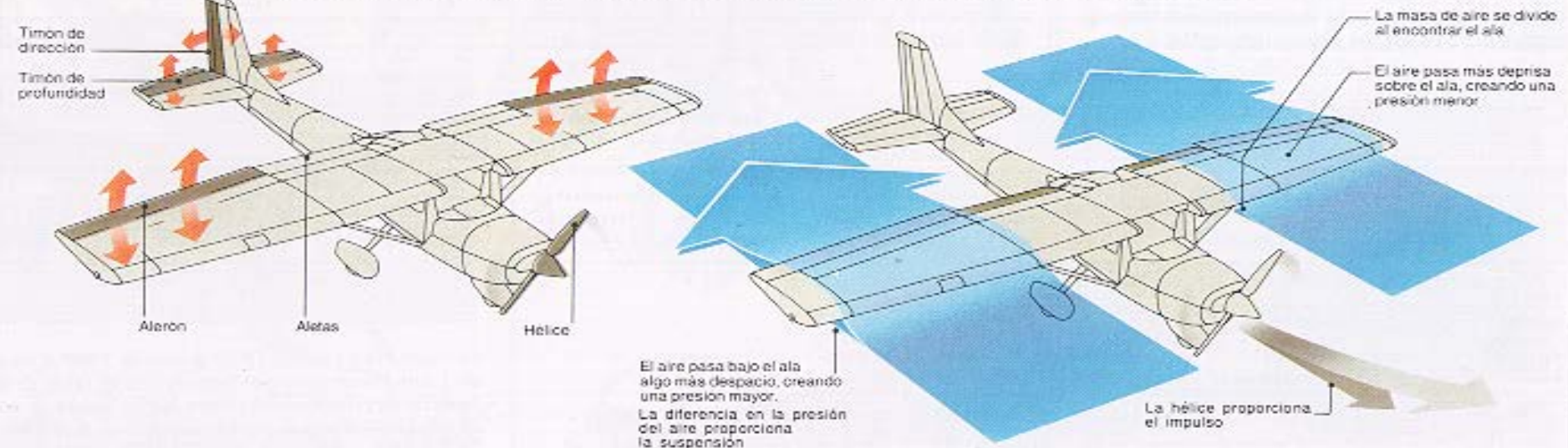
Proceso real

Observación (salida)  $y(u)$

$$y = y(u)$$

Objetivo: Encontrar el control  $u$  para que la observación  $y(u)$  sea lo “mejor posible”

## CONTROL, IMPULSO Y SUSPENSIÓN: PRINCIPIOS BÁSICOS DEL VUELO



# Ejemplos de acciones sobre el Clima

## Siembra de nubes



tradicional sigue siendo objeto de controversia.

**LOS EXPERIMENTOS DE SIEMBRA** de nubes con hielo seco fueron realizadas por Vincent Schaefer (izquierda, delante). Actualmente, los generadores acoplados en aviones ligeros (abajo) arrojan cristales de yoduro de plata.



EL PAÍS, jueves 13 de mayo de 1999

DEPORTES

### El Parma se corona sin rival

El **Marsella** se rinde al primer contratiempo y acaba goleado en la final de la **Copa de la UEFA**

MARSELLA	0
PARMA	3

**Olimpico de Marsella:** Porato; Blondeau, Issa, Blanc, Domoraud, Da Silva (Camara, m. 46); Brando, Bravo, Gourvenec, Pires; y Maurice.

**Parma:** Buffon; Thuram, Sensi, Cannavaro; Fuser, Dino Baggio, Boghossian, Vanoli; Verón (Fiore, m. 76); Chiesa (Balbo, m. 72) y Crespo.

**Goles:** 0-1. M. 26. Blanc cabecea pillado hacia su portero, Hernán Crespo adivina la cesión, se anticipa y bate a Porato por arriba.  
0-2. M. 36. Vanoli ajusta un cabezazo al palo izquierdo tras un centro preciso de Fuser.  
0-3. M. 55. Verón centra desde la derecha, Crespo deja pasar el balón y Chiesa fusila a la escuadra.

**Árbitro:** Dallas (Escocia). Mostró tarjeta amarilla a Blondeau.

65.000 espectadores en el estadio Luzhnikí de Moscú. Final de la Copa de la UEFA. Campeón, el Parma.

JOSÉ MIGUÉLEZ  
No es el Parma un equipo voraz, de esos que siempre quieren más y más. Por eso la final de Moscú concluyó en 3-0. Simplemente en 3-0. La superioridad italiana fue mucho más grande que el resultado. Pero se sintió tan seguro, tan dueño de

Los jugadores del Parma celebran el triunfo con la Copa de la UEFA. / REUTERS

### El alcalde de Moscú ordenó quitar las nubes

# Siembra: hielo seco, humo de yoduro de plata.,,



10:37 LST-16,100'



11:12 LST-14,250'  
26 min. después de la inseminación



11:20 LST-16,100'  
34 min. después de la inseminación



11:31 LST-16,200'  
45 min. después de la inseminación

1972:  
Cambrige,  
EE.UU.

# • Teoría de Juegos

## • Algo de historia:

- Carta de 29 de julio de B. Pascal a P. Fermat (también principio de la Probabilidad)
- E. Waldegrave 1712, D. Bernoulli 1732, P. Laplace 1814, P. Bertrand 1888,..., E. Zermelo 1912 (ajedrez),..
- E. Borel 1912 teoría sistemática de juegos finitos.
- J. Von Neumann 1928,..., libro con O. Morgenstern “Theory of games and economic behavior” 1947.
- R. Isaacs 1954, introduce la teoría de juegos diferenciales,... L.S. Pontryagin ,...A. Friedman,...



## – Tipos de solución:

- A.A. Cournot, Recherches sur la les principes mathematiques de la theorie des richesses, 1838.
- V. Pareto “Manuel d’economie politique” 1909.
- H. Von Stackelberg “The Theory of the Market Econ.” 1934.
- J. Nash 1954 en Non-cooperative games, *Annals of Maths*.

## – Premio Nobel de Economía (1994):

– John Nash,

– Reinhard Selten

– John Harsanyi

