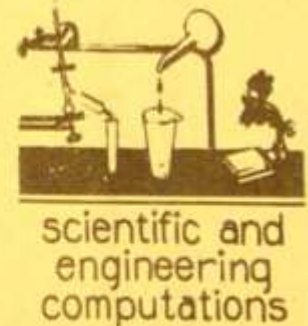
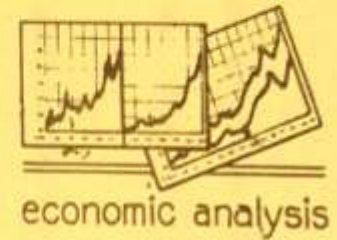
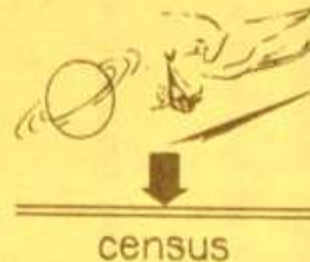


DE LA ESTRUCTURA AL COMPORTAMIENTO EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS (2ª. PARTE)

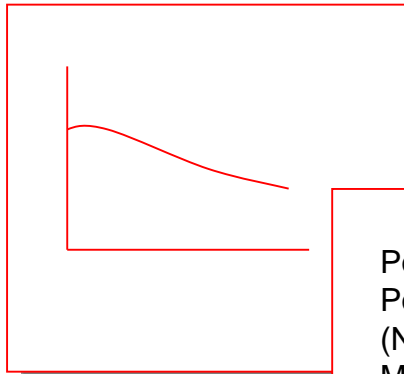


$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + a\frac{d\theta}{dt} + b\theta = f(t)$$

mathematics



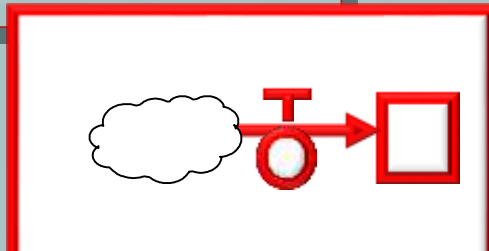
3. Diagramas de Forrester o de Flujo-Nivel



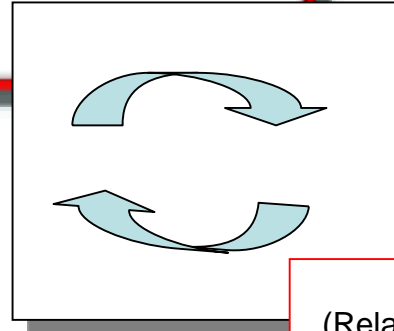
$$\text{Pob}(t + \Delta t) = \text{Pob}(t) + (\text{Nacimientos}(t) - \text{Muertes}(t))$$

5. Simulación: Estudio del Comportamiento del modelo

4. Ecuaciones del modelo



3. Diagramas de Flujos-Niveles



2. Diagramas de Influencias

(Relato que describe la problemática en término de variables que se influyen mutuamente)

1. Prosa

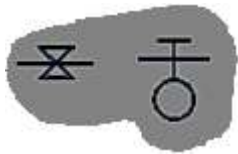



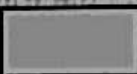




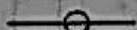


3. Diagramas de Flujo-Nivel o Diagramas de Forrester

- Los *diagramas de Forrester* (o de flujo-nivel) permiten reelaborar los *diagramas de influencias* para convertirlos en objetos matemáticos más ricos, los que programados en un computador permiten generar las trayectorias (evolución temporal) de las variables que representan el comportamiento dinámico de los modelos (y, por ende, se espera, comprender mejor el comportamiento dinámico del fenómeno bajo estudio).
- → Cumplen un **objetivo epistemológico**

Símbolos originales utilizados en los diagramas de *Forrester*

Algunos
símbolos
alternativos



| | | |
|---|------------------------------|--|
|  | Nube: | representa una fuente o un pozo; puede interpretarse como un nivel que no tiene interés y es prácticamente inagotable. |
|  | Estado: | representa una acumulación de un flujo. |
|  | Flujo: | variación de un nivel; representa un cambio en el estado del sistema. |
|  | Canal de material: | canal de transmisión de una magnitud física que se conserva. |
|  | Canal de información: | canal de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve. |
|  | Variable auxiliar: | una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo. |
|  | Constante: | un elemento del modelo que no cambia de valor. |
|  | Retraso: | un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material. |
|  | Variable exógena: | variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema. |

Ejemplo de una representación con múltiples variables:

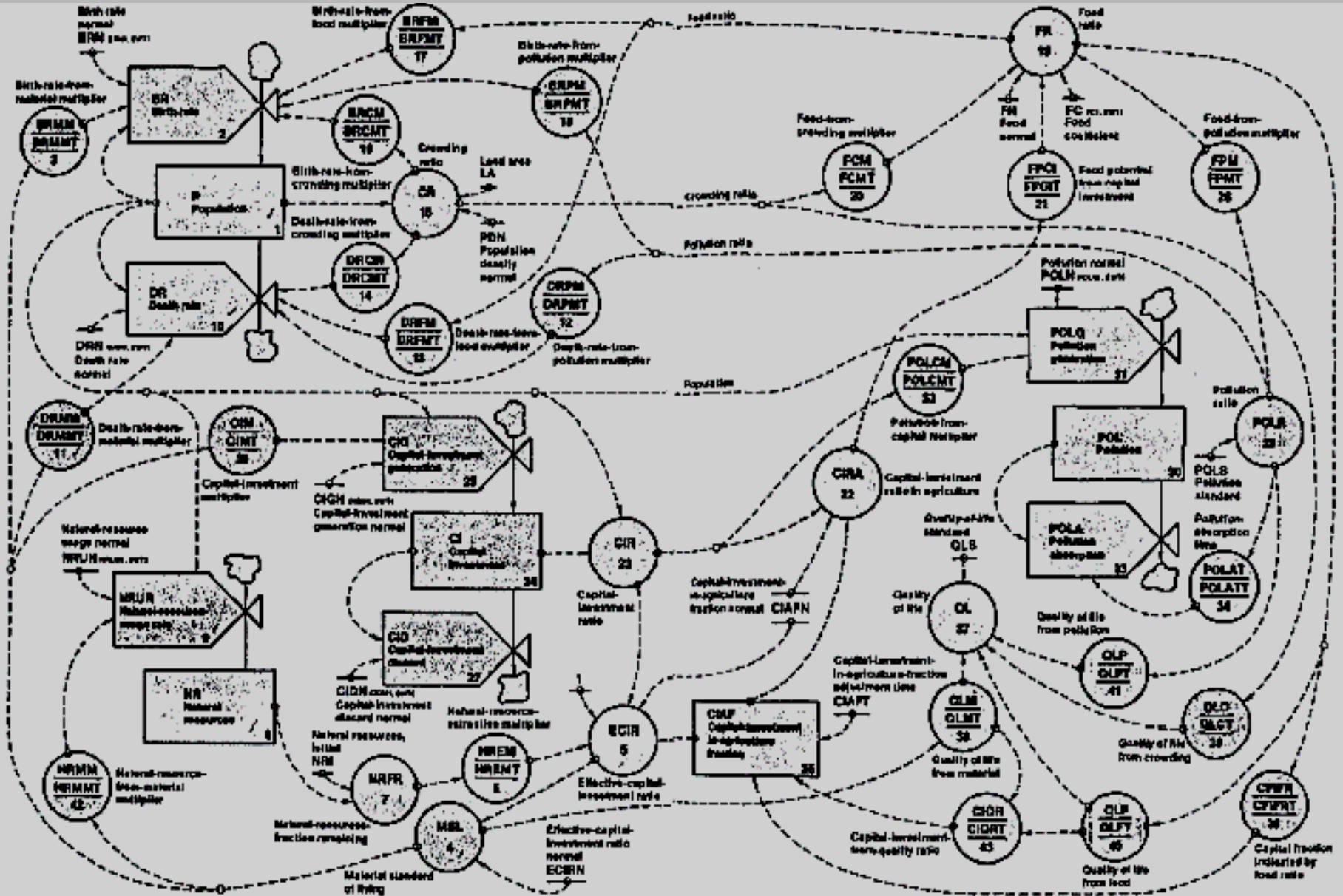
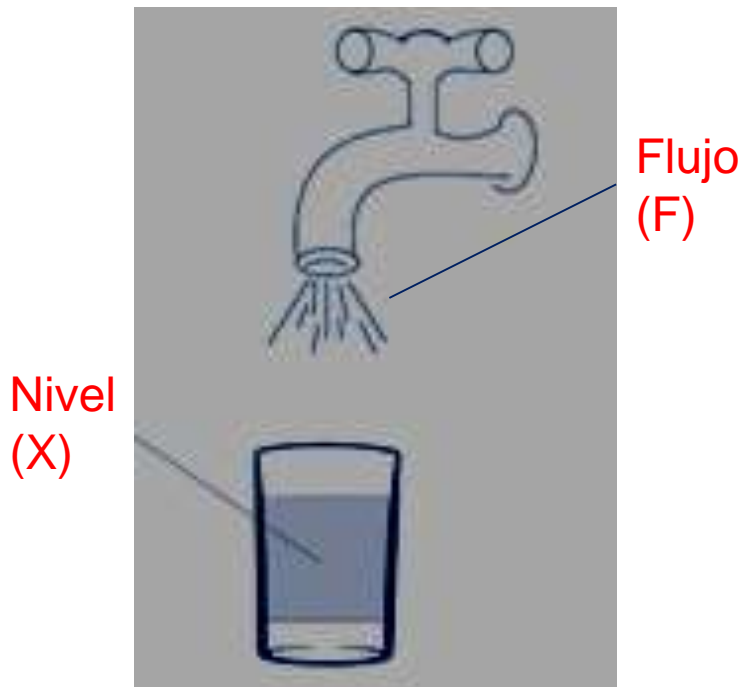


Figure 2-1 Complete diagram of the world model illustrating the five level variables — population, natural resources, capital investment, capital-investment-in-agriculture fraction, and pollution.

Metáfora básica del diagrama de flujo-nivel: hidráulica

Visión de lazo abierto



Flujo de agua $\xrightarrow{+}$ Nivel

Relación trivial:

La variación de x con respecto al tiempo (dx/dt) es un flujo F (\rightarrow variable de flujo) que influye en el crecimiento (acumulación) de la variable x (\rightarrow variable de nivel, variable de estado).

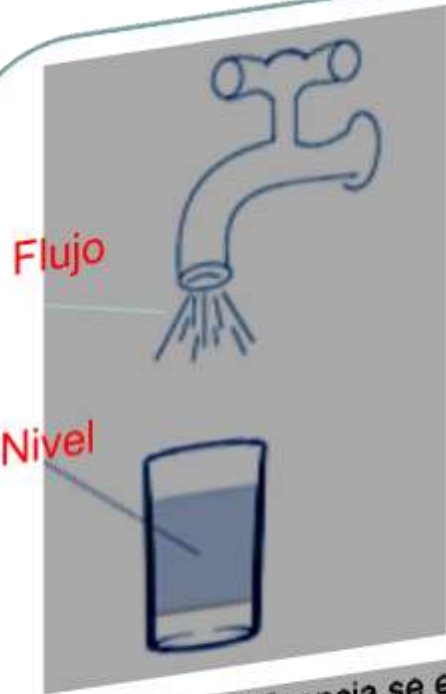
$$F = \frac{dx}{dt} \rightarrow x$$

De donde:

$$x = \int_0^t F(t) dt$$

Tarea: Graficar $x(t)$

Diagrama de flujo-nivel y modelo matemático básicos



Esta relación de influencia se escribe:
FLUJO DE AGUA → NIVEL

Visión de lazo abierto

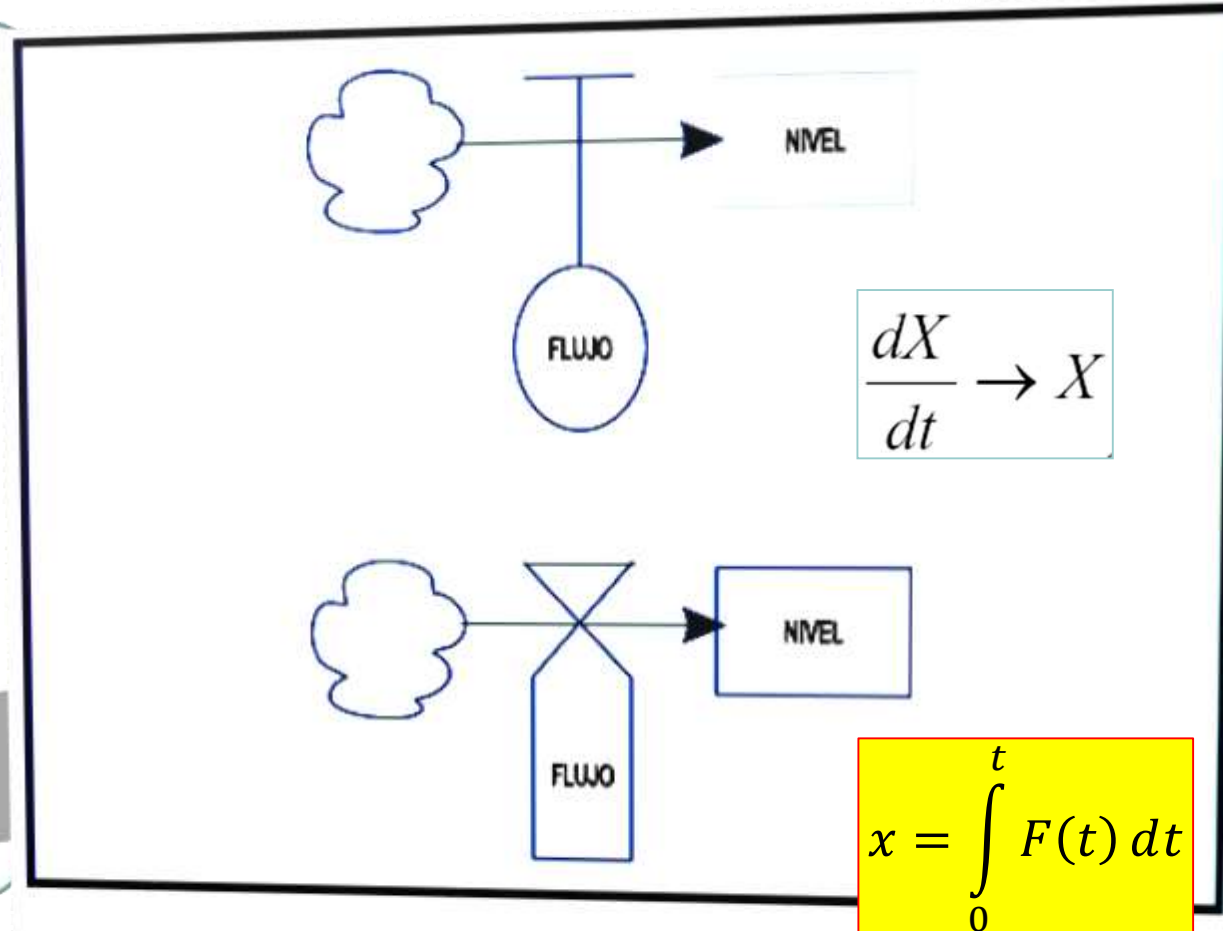


Figura 13. - REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS VARIABLES DE NIVEL Y DE FLUJO EN EL DIAGRAMA DE FORRESTER -

Diagrama de influencias metáfora hidráulica (**visión de lazo cerrado**)

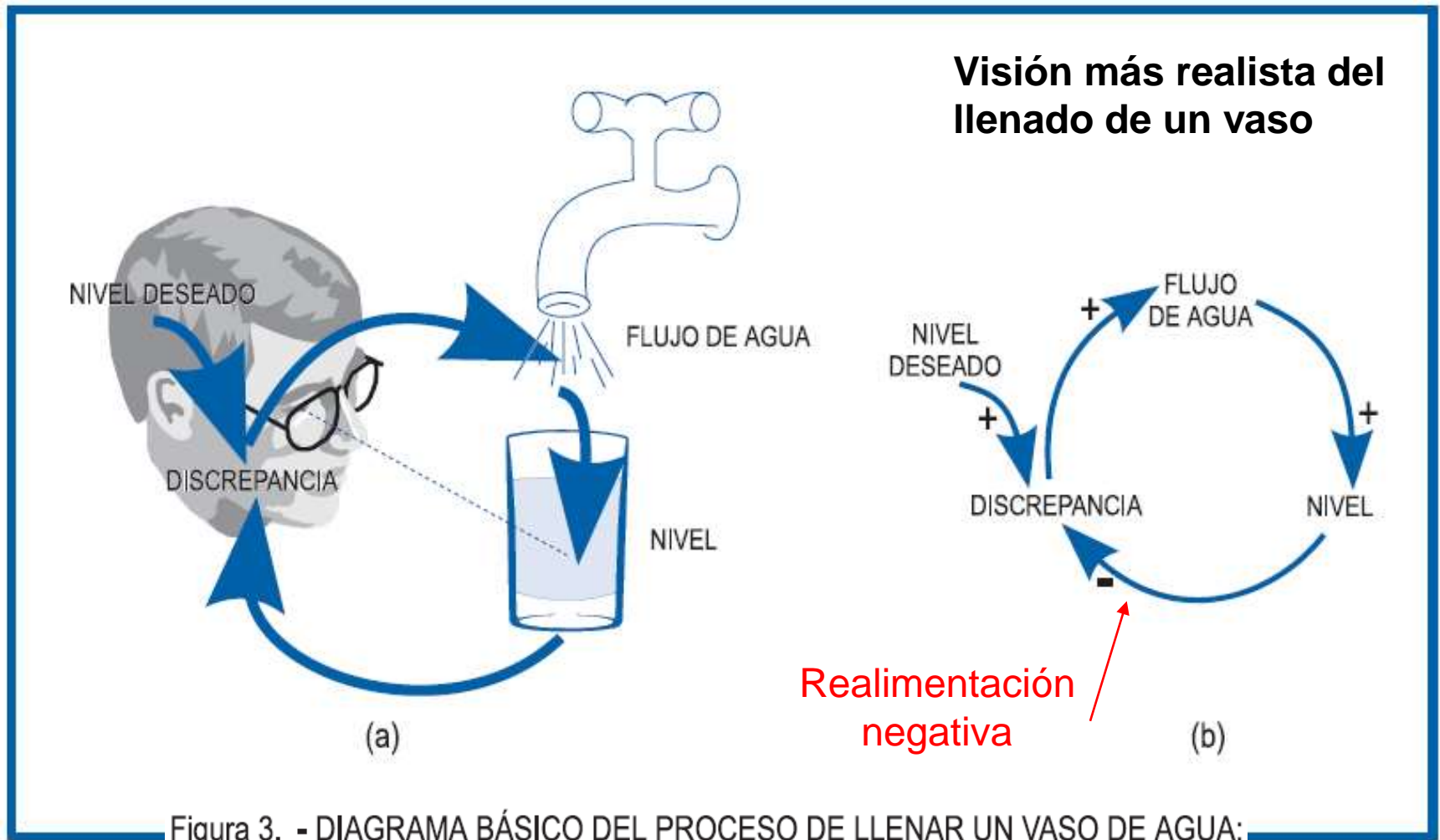


Figura 3. - DIAGRAMA BÁSICO DEL PROCESO DE LLENAR UN VASO DE AGUA:
(a) CON UN GRAFO ORIENTADO; (b) CON UN GRAFO SIGNADO -

Paso 3.- Diagrama de Forrester



$$x = \int_0^t F(t) dt$$

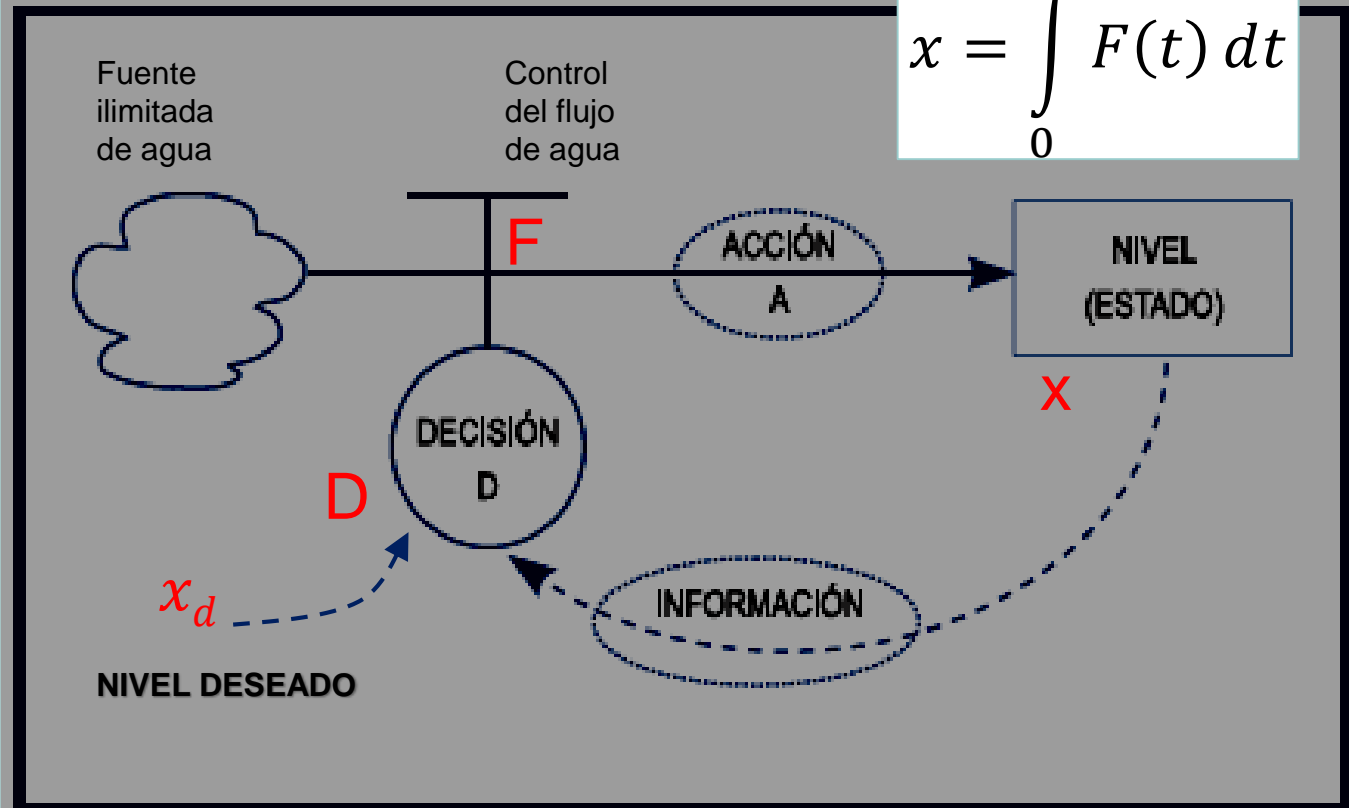
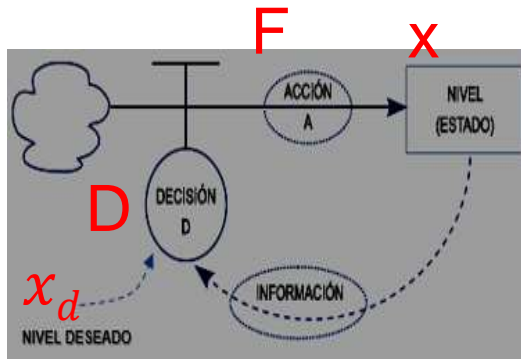


Figura 20. - INTERPRETACIÓN MEDIANTE FLUJOS Y NIVELES DEL PROCESO BÁSICO DE TOMA DE DECISIONES -

Paso 4. Modelo matemático

x_d
(constante)



$$x = \int_0^t F(t) dt \quad (1)$$

$$F = kD$$

$$D = x_d - x$$

$$F = k(x_d - x)$$

$$F = -kx + kx_d \quad (2)$$

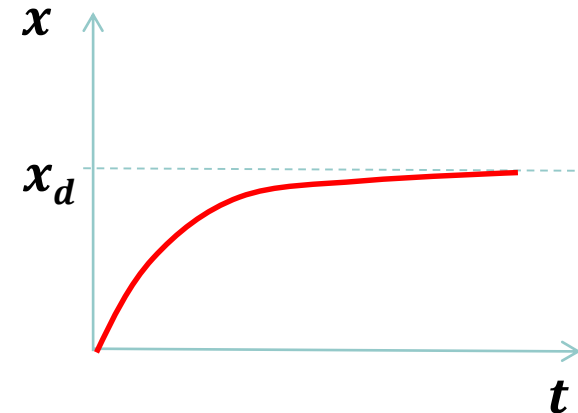
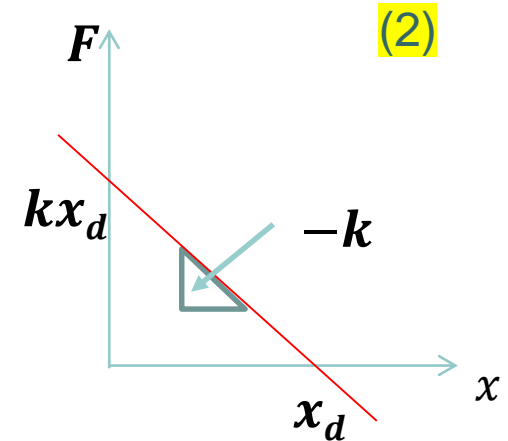
De (1) y (2)

$$\frac{dx}{dt} + kx = kx_d$$

(Ec.
Diferencial
de primer
orden)

Tarea: Demostrar que:

$$x(t) = x_d(1 - e^{-kt})$$



Paso 5. Simulación: Verificación del Comportamiento del Modelo.

The screenshot displays the Vensim software interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Layout, Model, Options, Windows, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for model building and simulation. The main workspace shows a stock-and-flow diagram with the following components:

- Flujo tasa de contagio** (Infection rate flow): A flow arrow pointing into the **Población infectada** stock.
- Población infectada** (Infected population): A rectangular stock box.
- Población vulnerable** (Vulnerable population): A rectangular stock box.
- Población total** (Total population): A rectangular stock box.
- TNC** (Total Number of Cases): A variable pointing to the **Flujo tasa de contagio** flow.
- IPC** (Infectious Population Count): A variable pointing to the **Flujo tasa de contagio** flow.
- Población total** (Total population): A variable pointing to the **Población vulnerable** stock.

The diagram illustrates the flow of infection from a vulnerable population to an infected population, influenced by variables like TNC and IPC.