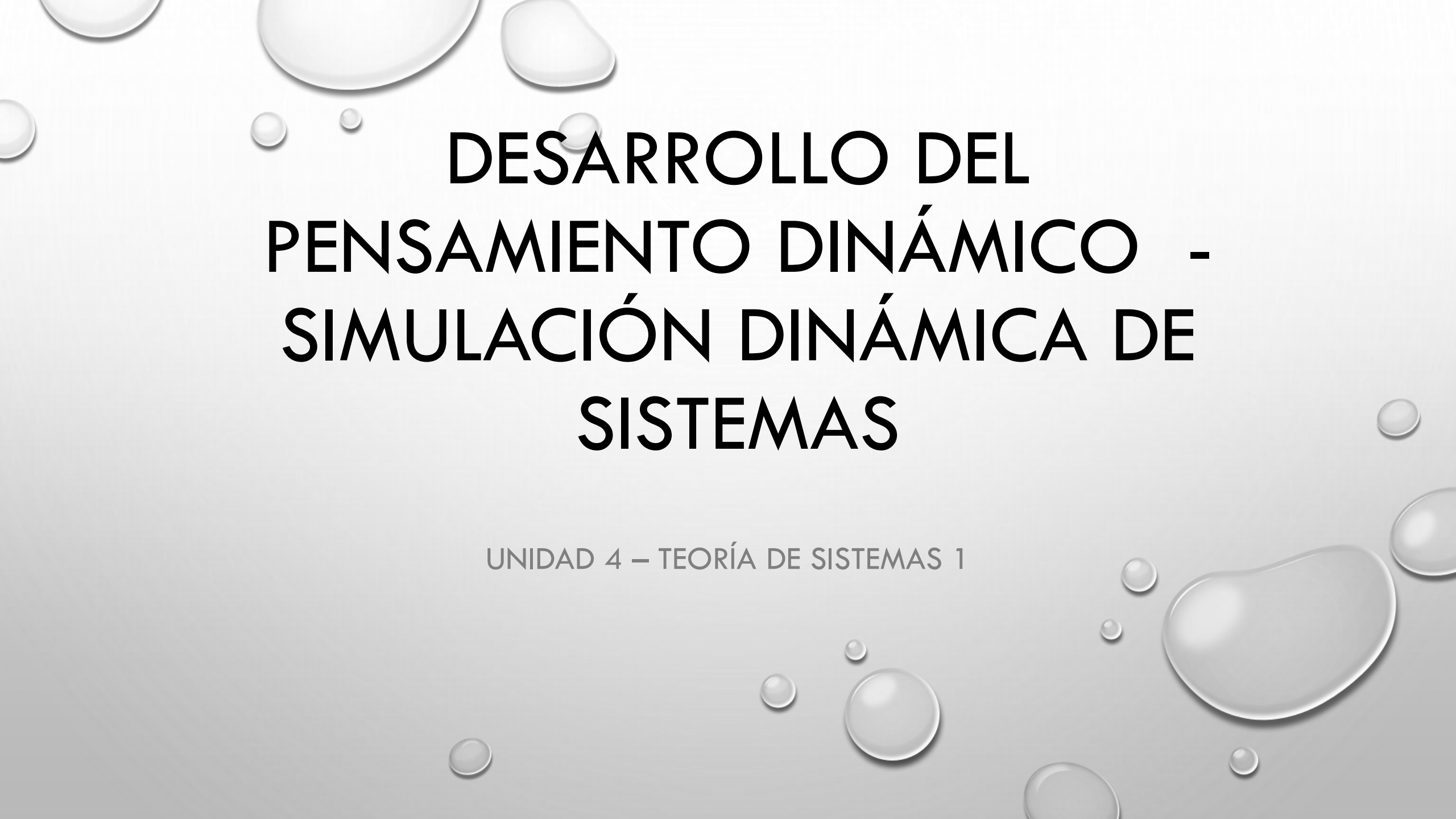


The background of the slide is a light gray gradient, decorated with numerous realistic water droplets of various sizes. Some droplets are large and prominent, while others are small and subtle, scattered across the top and bottom edges of the frame.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO DINÁMICO - SIMULACIÓN DINÁMICA DE SISTEMAS

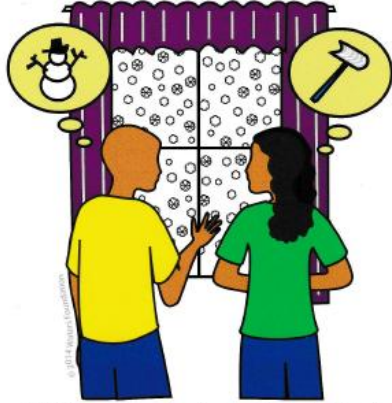
UNIDAD 4 – TEORÍA DE SISTEMAS 1

CONTENIDO PROGRAMATICO Y CALENDARIZACIÓN:

Unidad	Planificación
4 <u>Modelación y simulación dinámica de sistemas / Toma de decisiones sistémicas</u> 4.1 Arquetipos sistémicos más comunes 4.2 Las acumulaciones y las tasas de cambio (flujos y niveles) 4.3 De los diagramas de ciclos causales a los diagramas de flujos y niveles 4.4 La simulación dinámica de sistemas complejos – usando VENSIM 4.5 Ejemplos de simulaciones de sistemas en VENSIM 4.6 Toma de decisiones sistémicas 4.7 Hábitos relacionados con la modelación y simulación dinámica de sistemas y el análisis de información con enfoque sistémico, toma de decisiones y resolución de problemas.	• A cubrir del 19 de septiembre al 17 de octubre • Tercera evaluación del curso: jueves 22 de octubre en salón 110 del T-3 de 7:10 a 8:50 am • Semana de congresos estudiantiles: 20 de septiembre al 2 de octubre • Examen de reposición: jueves 29-octubre • Examen final: noviembre 2026 (según calendario que publique la Facultad de Ingeniería)

HÁBITOS BÁSICOS DE UN PENSADOR SISTÉMICO

Considera cómo los modelos mentales afectan la realidad actual y el futuro



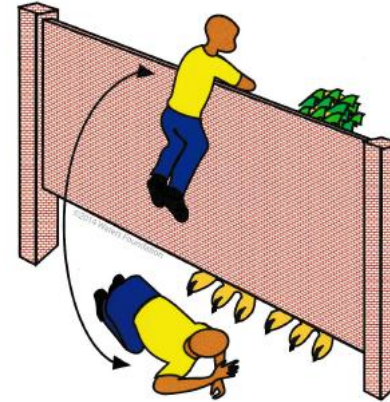
©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Reconoce y prueba suposiciones



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Cambia las perspectivas para aumentar la comprensión



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

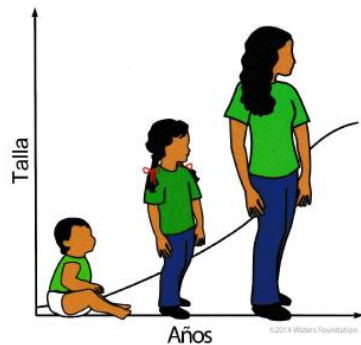
Intenta entender la "película completa"



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

PROFUNDIZANDO EN LOS MODELOS DE ESTRUCTURAS SISTÉMICAS

Observar cómo los elementos en un sistema cambian a través del tiempo, generando patrones y tendencias



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Reconoce que la estructura de un sistema genera su comportamiento



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Hace conexiones significativas dentro y entre sistemas



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Identifica la naturaleza circular de relaciones complejas entre causa y efecto



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Reconoce el impacto de las demoras cuando se están explorando las relaciones de causa y efecto



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Intenta entender la "película completa"

1



Observa cómo los elementos de un sistema cambian a través del tiempo, generando patrones y tendencias

2



Reconoce que la estructura de un sistema genera su comportamiento

3



Identifica la naturaleza circular de relaciones complejas entre causa y efecto

4



Hace conexiones significativas dentro y entre sistemas

5

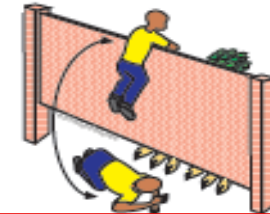


Hábitos de un pensador de sistemas



Cambia las perspectivas para aumentar la comprensión

6



Reconoce y prueba suposiciones

7



Considera un tema completamente y resiste al impulso de llegar a una conclusión rápida

8



Considera cómo los modelos mentales afectan la realidad actual y el futuro

9



Usa la comprensión de la estructura de un sistema para identificar posibles acciones de efecto apalancamiento

10



Considera las consecuencias a corto plazo, a largo plazo, e inesperadas de las acciones

11



Presta atención a las acumulaciones y sus tasas de cambio

12



Reconoce el impacto de las demoras cuando se están explorando las relaciones de causa y efecto

13



Examina los resultados y cambia las acciones si es necesario: "aproximación sucesiva"

14

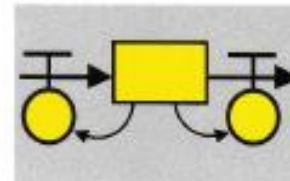


**Presta atención a las
acumulaciones y
sus tasas de cambio**



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

**Presta atención a las
acumulaciones y
sus tasas de cambio**



*Un Pensador Sistémico
ve cantidades de
material o información
que se han acumulado
o disminuido a través
del tiempo.*

Preguntas que hacer...

“¿Qué elementos en un sistema puedo ver, sentir, contar o medir como cantidades que cambian a través del tiempo, p.ej. el nivel de felicidad?”

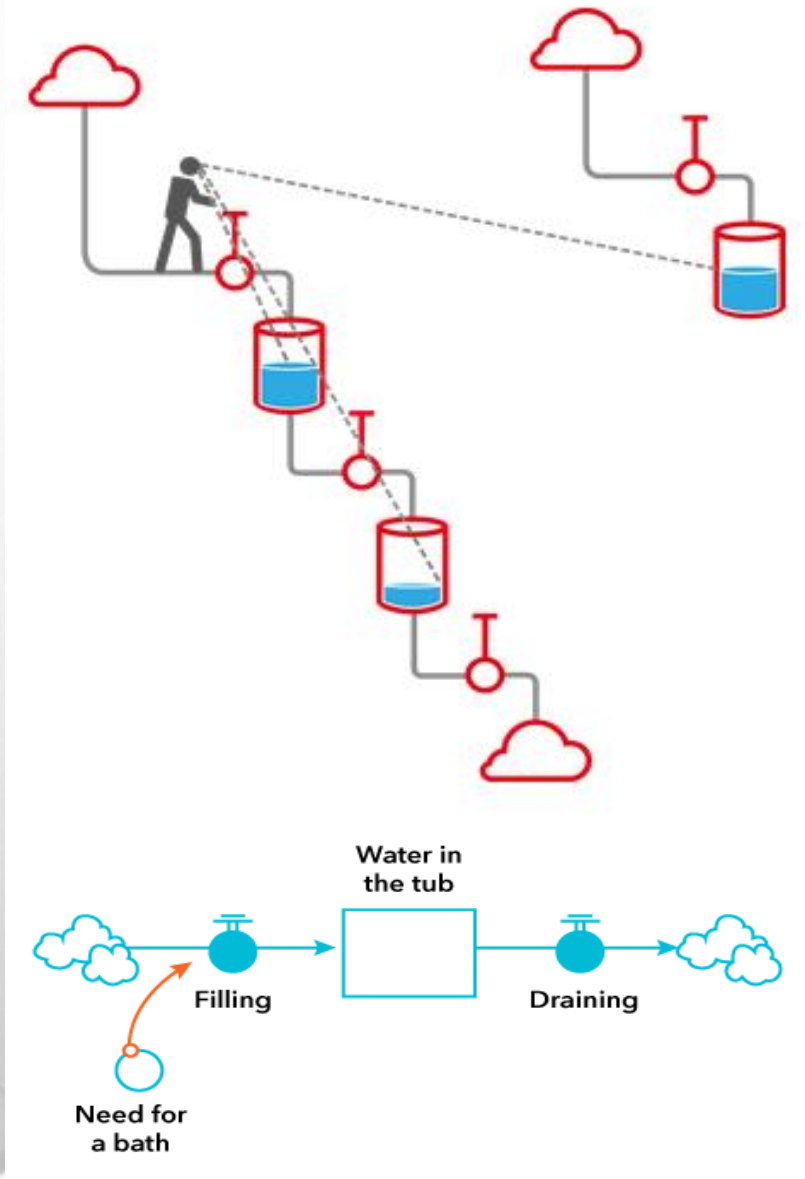
“¿Qué tan rápido (o lento) aumentan o disminuyen estas acumulaciones?”

“¿Cómo impacta una acumulación a otros elementos en un sistema?”

“¿Qué pasaría si una acumulación alcanza un punto de inflexión?”

ACUMULACIONES (NIVELES) Y TASAS DE CAMBIO (FLUJOS)

- LOS PENSADORES SISTÉMICOS SE REFIEREN A LAS ACUMULACIONES, COMO EL AGUA EN UNA BAÑERA, COMO RESERVAS. DINERO EN EL BANCO, LIBROS EN UNA BIBLIOTECA, CLIENTES EN UNA TIENDA, PLATOS SUCIOS EN EL FREGADERO, GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE SU EQUIPO DEPORTIVO FAVORITO Y NIVEL DE COMPROMISO CON SU TRABAJO SON SOLO ALGUNOS EJEMPLOS. HAY ACUMULACIONES QUE DESEA VER AUMENTAR, COMO AMIGOS EN FACEBOOK, PUNTOS EN SU PUNTAJE DE CRÉDITO Y SENTIMIENTOS DE FELICIDAD EN SU VIDA PERSONAL. TAMBIÉN HAY EXISTENCIAS QUE DESEA DISMINUIR ACTIVAMENTE, COMO MALEZAS EN UN JARDÍN, CORREOS ELECTRÓNICOS COMERCIALES EN SU BANDEJA DE ENTRADA O CONFLICTOS CON COMPAÑEROS DE TRABAJO.
- COMO PENSADOR SISTÉMICO, USTED LOGRA ESTOS AUMENTOS Y DISMINUCIONES DESEADOS PRESTANDO ATENCIÓN A LA ACUMULACIÓN Y ENFOCÁNDOSE EN LAS TASAS DE CAMBIO QUE AFECTAN LA ACUMULACIÓN. LA TASA DE CAMBIO QUE INFLUYE EN EL NIVEL DE LA ACUMULACIÓN SE DENOMINA EN LENGUAJE DE SISTEMAS COMO LOS FLUJOS. LA ENTRADA O EL GRIFO DE LA BAÑERA AUMENTAN EL NIVEL. EL FLUJO DE SALIDA O DRENAJE DE LA BAÑERA DISMINUYE EL NIVEL.



EXPLORANDO ACUMULACIONES

- ¿QUÉ SIGNIFICA PRESTAR ATENCIÓN A LAS ACUMULACIONES? LA PALABRA "ACUMULACIÓN" NO SE USA TÍPICAMENTE EN LAS CONVERSACIONES COTIDIANAS. USEMOS LA ILUSTRACIÓN A LA DERECHA Y EL SIGUIENTE ESCENARIO DE BAÑO DE PÁJAROS PARA AYUDAR A COMPRENDER POR QUÉ LAS ACUMULACIONES SON IMPORTANTES PARA LA COMPRENSIÓN DE LOS SISTEMAS.
- ¿QUÉ FACTORES ESTÁN AFECTANDO EL CAMBIO EN EL NIVEL DEL AGUA EN ESTE BAÑO PARA PÁJAROS? SI CONSIDERAMOS EL AGUA COMO LA ACUMULACIÓN EN ESTE SISTEMA, EL NIVEL DEL AGUA SE VE AFECTADO POR VARIOS FACTORES, INCLUIDOS EL FLUJO DE ENTRADA DE LA MANGUERA, EL CALOR DEL SOL QUE RESULTA EN LA EVAPORACIÓN, LAS GOTAS QUE SALPICAN POR EL COSTADO DEL BAÑO PARA PÁJAROS Y LAS AVES. QUITANDO EL AGUA BEBIENDO.
- LOS ELEMENTOS EN LOS SISTEMAS QUE CAMBIAN CON EL TIEMPO SE DENOMINAN ACUMULACIONES. ALGUNAS ACUMULACIONES, COMO EL AGUA EN EL BAÑO PARA PÁJAROS, SON MUY CONCRETAS Y FÁCILES DE MEDIR, MIENTRAS QUE OTRAS SON MÁS ABSTRACTAS, COMO EL ESFUERZO DE LA MUJER PARA MANTENER UN NIVEL DE AGUA CONFORTABLE PARA LAS AVES EN EL BAÑO PARA PÁJAROS. LA NATURALEZA MISMA DE LA PALABRA ACUMULACIÓN SUGIERE CAMBIO. LAS ACUMULACIONES SON COSAS QUE CAMBIAN. SON LOS SUSTANTIVOS DE LOS SISTEMAS.
- LOS EJEMPLOS EN OTROS SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE CONCRETO INCLUYEN LA CANTIDAD DE ANIMALES EN UN BOSQUE, LA CANTIDAD DE ESTUDIANTES EN UNA ESCUELA O LA CANTIDAD DE GASOLINA EN EL TANQUE DE UN AUTOMÓVIL.
- LOS EJEMPLOS DE ACUMULACIONES ABSTRACTAS EN LOS SISTEMAS DEL DÍA A DÍA INCLUYEN SU NIVEL CAMBIANTE DE MIEDO MIENTRAS MIRA UNA PELÍCULA DE TERROR O LA CANTIDAD DE ESTRÉS EXPERIMENTADO EN DIFERENTES MOMENTOS DURANTE UN DÍA LABORAL O TRIMESTRE FISCAL. ESTAS ACUMULACIONES ABSTRACTAS PUEDEN SER DIFÍCILES DE CUANTIFICAR NUMÉRICAMENTE, PERO SE PUEDE OBSERVAR O SENTIR LA VELOCIDAD Y LA NATURALEZA DEL CAMBIO. ESTE TIPO DE ACUMULACIÓN A MENUDO SE BASA EN LA PERCEPCIÓN.



OTROS EJEMPLOS DE ACUMULACIONES Y TASAS DE CAMBIO

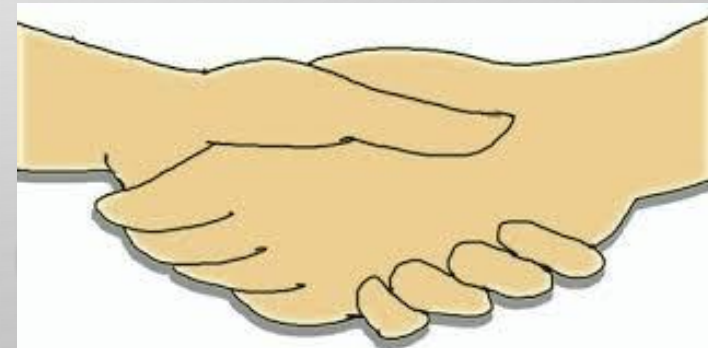
EL DIRECTOR DE UNA ESCUELA DIRIGE UNA ESCUELA DONDE LA INSCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES ESTÁ DETERMINADA EN GRAN MEDIDA POR LA ELECCIÓN DE LOS PADRES. MANTENER UN NÚMERO SUFICIENTE DE ESTUDIANTES MATRICULADOS EN LA ESCUELA ES FUNDAMENTAL PARA LA CAPACIDAD DE LA ESCUELA DE MANTENER LOS FONDOS Y MANTENER LAS PUERTAS ABIERTAS.

EL DIRECTOR TRABAJA ARDUAMENTE PARA ATRAER ESTUDIANTES OFRECIENDO RECORRIDOS, CELEBRANDO EVENTOS DE RECLUTAMIENTO EN PREESCOLARES E INCLUSO PUBLICITANDO EN NEGOCIOS LOCALES EN EL ÁREA DE ASISTENCIA. LA ALIENTA EL NÚMERO DE ESTUDIANTES QUE VIENEN A VISITAR Y EL NÚMERO RESULTANTE DE ESTUDIANTES QUE SE INSCRIBEN EN SU ESCUELA. SIN EMBARGO, EL NÚMERO REAL DE ESTUDIANTES MATRICULADOS CONTINÚA DISMINUYENDO. LA ESCUELA NO ESTÁ RETENIENDO A LOS ESTUDIANTES QUE HA MATRICULADO. ALGUNOS ESTUDIANTES SE VAN DEBIDO A MUDANZAS FAMILIARES U OTRAS CIRCUNSTANCIAS INEVITABLES, PERO MUCHOS MÁS ELIGEN IRSE PORQUE UNA ESCUELA COMPETITIVA CERCANA OFRECE CLASES MÁS PEQUEÑAS. SE PRESTA DEMASIADA ATENCIÓN AL FLUJO DE ENTRADA (ESTUDIANTES QUE SE INSCRIBEN) SIN QUE SE PRESTE LA MISMA ATENCIÓN AL FLUJO DE SALIDA (ESTUDIANTES QUE SE VAN) DA COMO RESULTADO UNA ACUMULACIÓN O NIVEL (STOCK) DECRECIENTE (INSCRIPCIÓN DE ESTUDIANTES).



El número de estudiantes matriculados en una escuela es un nivel (stock) tangible. Es fácil contar pero las acumulaciones también pueden ser menos tangibles, como la amabilidad, el respeto o la confianza.

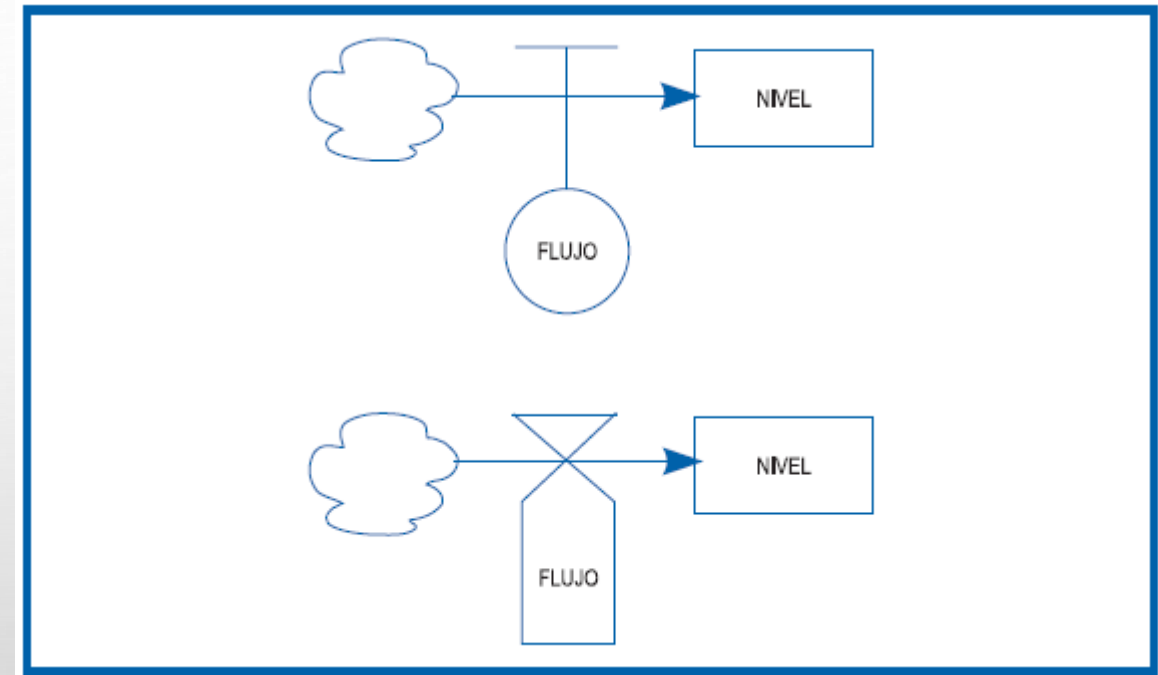
Investiguemos más a fondo la confianza como un nivel (stock) clave en un sistema. Identificar los factores que contribuyen a generar confianza y aquellos que disminuyen la confianza pueden explicar el panorama más amplio de la cultura organizacional o la dinámica familiar. La relación entre las influencias que se acumulan y las que le quitan a una acumulación como la confianza ayuda a identificar por qué una tendencia está aumentando o disminuyendo. Si los factores que contribuyen a la confianza son más dominantes que aquellos que disminuyen la confianza, la confianza crecerá con el tiempo. Sin embargo, lo contrario también es cierto.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE VARIABLES DE FLUJO Y DE NIVEL – DIAGRAMA DE FORRESTER

A las variables de nivel y de flujo se asocian unos iconos (gráficos) como los que se indican en la siguiente figura, en la que a una variable de nivel se asocia un rectángulo y a una de flujo un icono que recuerda una válvula, cuya apertura se regula precisamente mediante el flujo que representa esta variable. En la literatura se encuentran las dos formas de representar las variables de flujo que se indican en la figura.

Las variables auxiliares se representan mediante círculos. El diagrama que se obtiene a partir de un diagrama de influencias, clasificando sus nodos en variables de nivel, flujo o auxiliares y asociando a esos nodos los iconos correspondientes recibe la denominación de diagrama de Forrester o diagrama de flujos-niveles.



OTROS HÁBITOS DE UN PENSADOR SISTÉMICO (SIMULACIÓN / TOMA DE DECISIONES)

Presta atención a las acumulaciones y sus tasas de cambio



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Considera las consecuencias a corto plazo, a largo plazo, e inesperadas de las acciones.



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Considera un tema completamente y resiste al impulso de llegar a una conclusión rápida



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Usa la comprensión de la estructura de un sistema para identificar posibles acciones de apalancamiento



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

Examina los resultados y cambia las acciones si es necesario: "aproximación sucesiva"



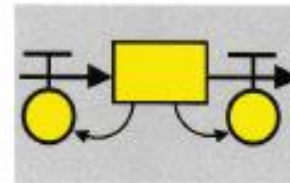
©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

**Presta atención a las
acumulaciones y
sus tasas de cambio**



©2014 Waters Foundation, Systems Thinking in Education
www.watersfoundation.org

**Presta atención a las
acumulaciones y
sus tasas de cambio**



*Un Pensador Sistémico
ve cantidades de
material o información
que se han acumulado
o disminuido a través
del tiempo.*

Preguntas que hacer...

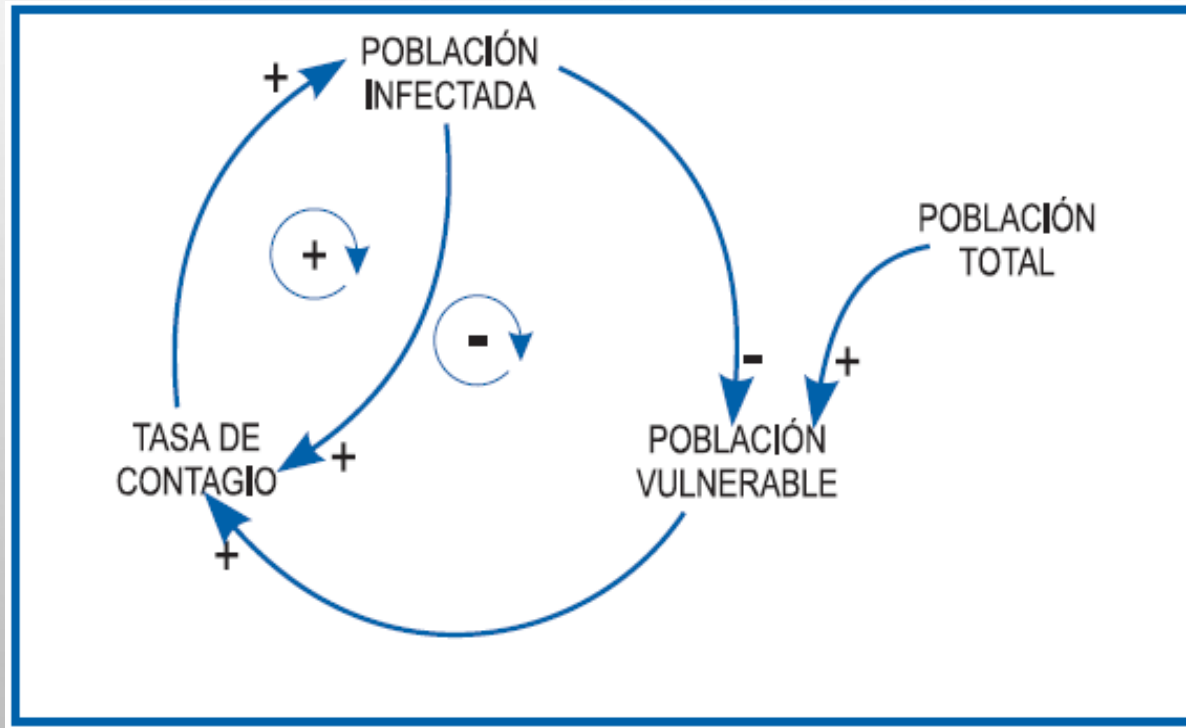
“¿Qué elementos en un sistema puedo ver, sentir, contar o medir como cantidades que cambian a través del tiempo, p.ej. el nivel de felicidad?”

“¿Qué tan rápido (o lento) aumentan o disminuyen estas acumulaciones?”

“¿Cómo impacta una acumulación a otros elementos en un sistema?”

“¿Qué pasaría si una acumulación alcanza un punto de inflexión?”

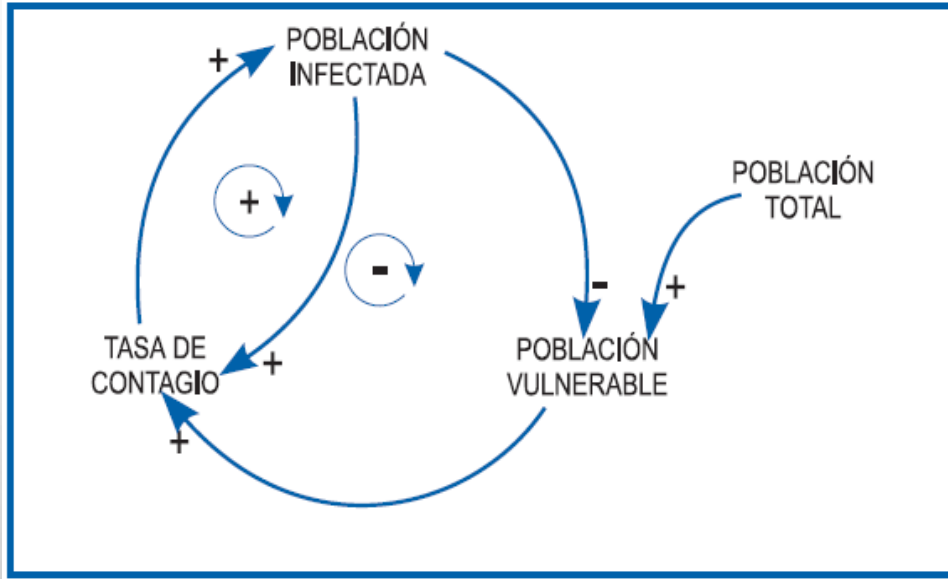
HASTA AHORA HEMOS MODELADO DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO O DIAGRAMAS DE INFLUENCIAS COMO EL SIGUIENTE: PROCESO DE PROPAGACIÓN DE UNA EPIDEMIA



- R_1 : cuanto más grande es la tasa de contagio, mayor es la población infectada;
- R_2 : a su vez, cuanto mayor es la población infectada más grande será la tasa de contagio (la infección se difundirá a mayor velocidad);
- R_3 : por otra parte, cuanto mayor es la población infectada menor será la población aún vulnerable; y,
- R_4 : cuanto mayor sea la población vulnerable a la epidemia, mayor será la tasa de contagio.

R_1	:	TC	$\xrightarrow{+}$	PI
R_2	:	PI	$\xrightarrow{+}$	TC
R_3	:	PI	$\xrightarrow{-}$	PV
R_4	:	PV	$\xrightarrow{+}$	TC

CONVIRTIENDO EL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO EN UN DIAGRAMA DE FLUJOS Y NIVELES



FLUJO → NIVEL

Esta influencia es un caso particular de otra más general que podemos expresar de la forma:

$$\frac{dX}{dt} \rightarrow X \quad (3.1)$$

Interesa ahora clasificar los distintos elementos que aparecen en el diagrama de ciclos causales en tres tipos de variables posibles:

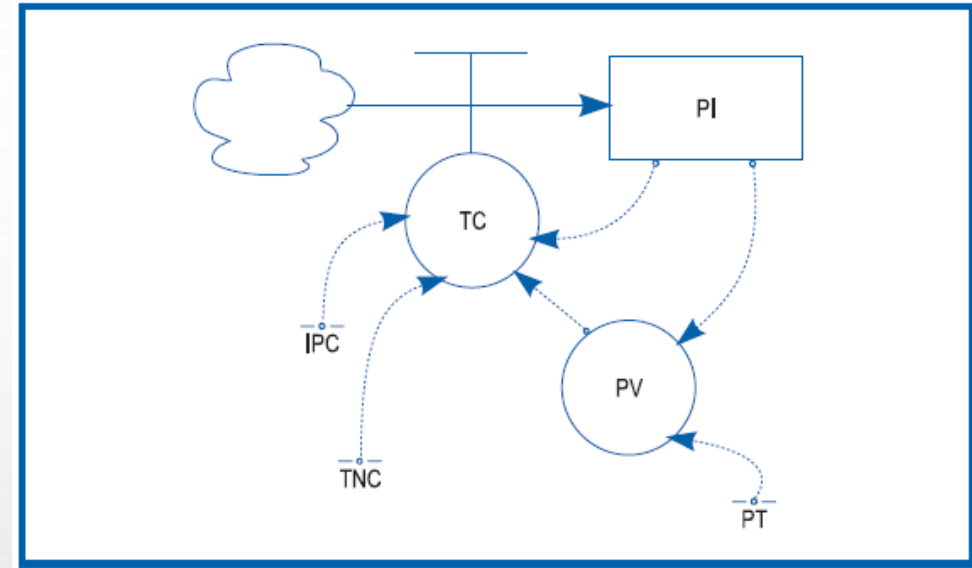
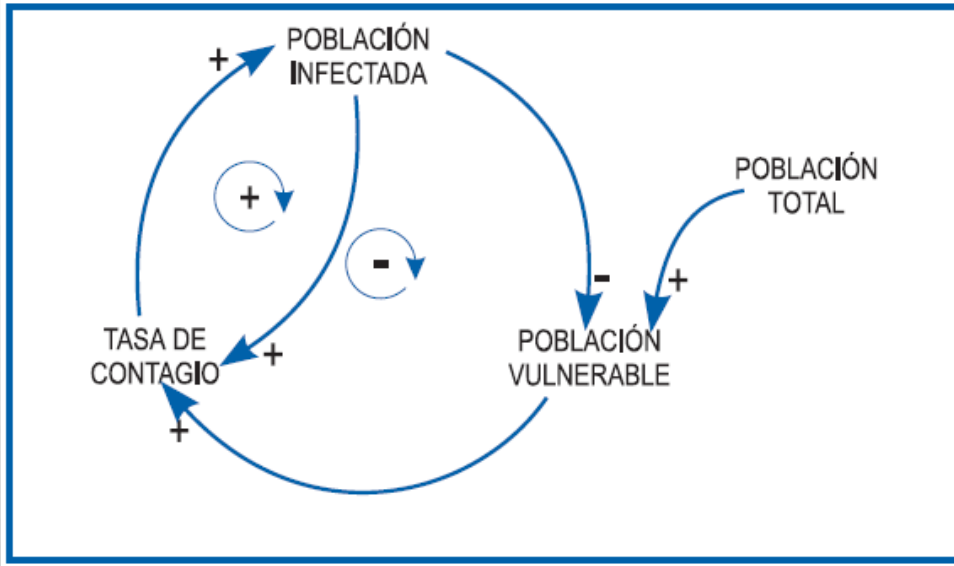
- Variables de nivel (acumuladores)
- Variables de flujo (de entrada o de salida de los acumuladores)
- Variables auxiliares

En este caso es fácil ver que existe una única variable de nivel que corresponde a la población infectada **PI**. La tasa de contagio es una variable de flujo, ya que su significado es precisamente el de la variación de la población infectada con respecto al tiempo. Es decir la influencia

TASA DE CONTAGIO $\xrightarrow{+}$ POBLACION INFECTADA

es de la forma (3.1) y por tanto a la población infectada **PI** le corresponde el carácter de variable de nivel **X** y a la tasa de contagio **TC** el de flujo dX/dt . Algunos autores proponen realizar un análisis dimensional para llevar a cabo la identificación de las variables de nivel y de flujo. En efecto, en la expresión (3.1) tenemos una relación de influencia en la que el consecuente viene medido en unas ciertas unidades y el antecedente en esas mismas unidades partidas por tiempo.

DIAGRAMA DE FLUJO Y NIVEL PARA LA PROPAGACIÓN DE UNA EPIDEMIA



Ya hemos identificado la variable **PI** como de nivel y la **TC** como de flujo. La restante **PV** es una variable auxiliar, ya que representa un paso intermedio en la determinación de **TC** a partir de **PI**. Además, en la Figura se indican mediante los símbolos **IPC**, **TNC** y **PT** las constantes que representan a las infecciones por contagio, la tasa normal de contagio y la población total, respectivamente. Por último, en la misma Figura, aparece, en el extremo superior izquierdo, una nube que representa una fuente, o un sumidero, que no es relevante para la descripción del sistema. Se podría prescindir de él pero se incluye para dar mayor coherencia al diagrama.

MODELO CON PARÁMETROS PARA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS

En la Tabla 1 se reúne el conjunto de las expresiones (3.2), (3.4) y (3.5) que constituyen una descripción matemática del proceso de difusión de una enfermedad. Cada ecuación se asocia a la relación R_i de la descripción verbal del proceso.

R_1	$PI(t + \Delta t) = PI(t) + \Delta t * TC$
R_2 y R_4	$TC = IPC * TNC * PI * PV$
R_3	$PV = PT - PI$

TABLA 1 - RELACIONES QUE FORMAN LA DESCRIPCIÓN VERBAL Y ECUACIONES DEL MODELO -

Conviene observar que en el modelo además de la variable de estado **PI**, el flujo **TC** y la variable auxiliar **PT** también han aparecido unos parámetros **IPC** y **TNC** y una variable exógena **PV**. A los parámetros hay que darles un valor numérico para que el modelo se refiera a una situación concreta. Ello se hace habitualmente de una de las dos formas siguientes:

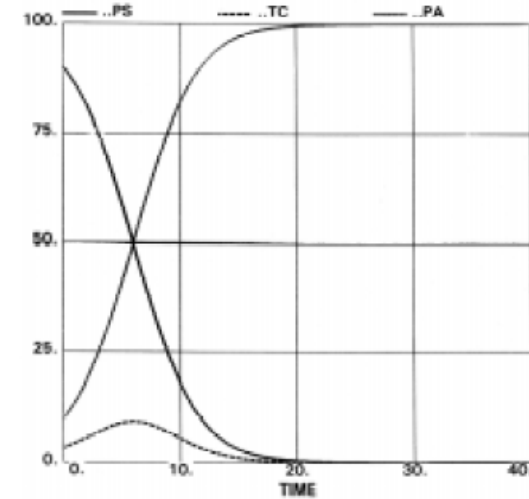
1. Bien se atiende al significado concreto de esos parámetros, y se dispone de información numérica suficiente para conocer sus valores. En este caso, se requeriría el conocimiento del número de infecciones por contagio, que nos daría el parámetro **IPC**, y de la tasa normal de contagio **TNC**. Esta información será suministrada por los correspondientes especialistas.
2. O bien, en los casos en los que no se disponga de información sobre los valores de los parámetros, pero sin embargo se disponga de datos con relación a la evolución de las magnitudes significativas del sistema en un período de tiempo determinado, se puede emplear técnicas de ajuste de los parámetros. Estas técnicas consisten, esencialmente, en determinar los valores numéricos de los parámetros que minimizan algún índice que mida la discrepancia entre los datos históricos de evolución del proceso y los generados por el sistema dinámico.

MODELO MATEMATICO DE UN DIAGRAMA DE FLUJO- NIVELES – MODELO PROGRAMADO EN DYNAMO Y PATRÓN DE COMPORTAMIENTO GENERADO

```

* * Difusión de una epidemia * *
l      pi.k = pi.j+dt * tc.jk
n      pi = 10
r      tc.kl = ipc * tcn * pi.k * pv.k
c      ipc = 0.15
c      tcn = 0.025
a      pv.k = pt - pi.k
c      pt = 100
save  pi, pv, tc
spec  dt = 0.25/length = 40/savper = 1

```



DIAGRAMAS DE FLUJOS Y NIVELES COMO BASE PARA LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA

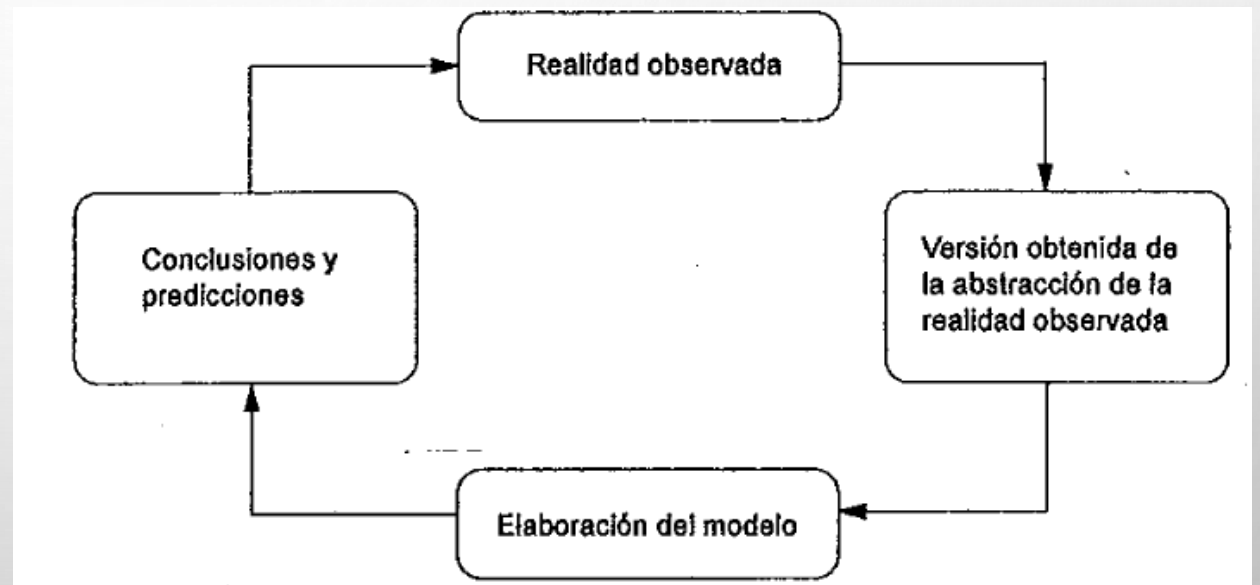
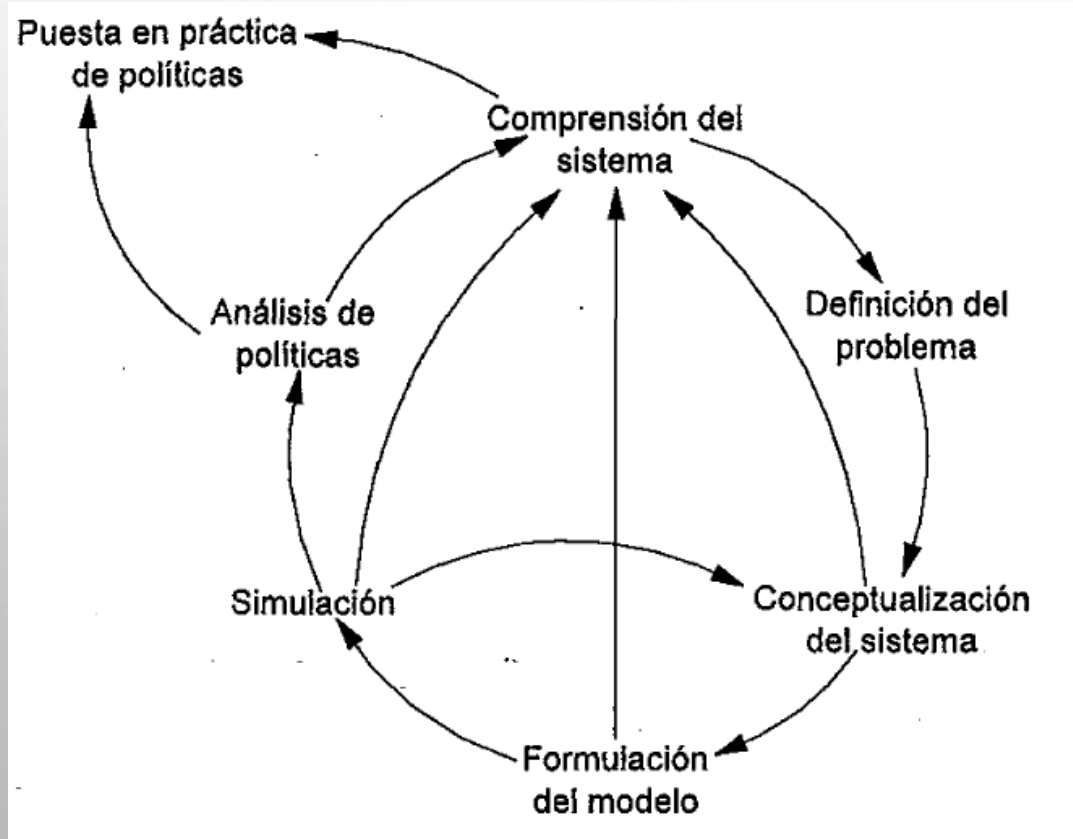
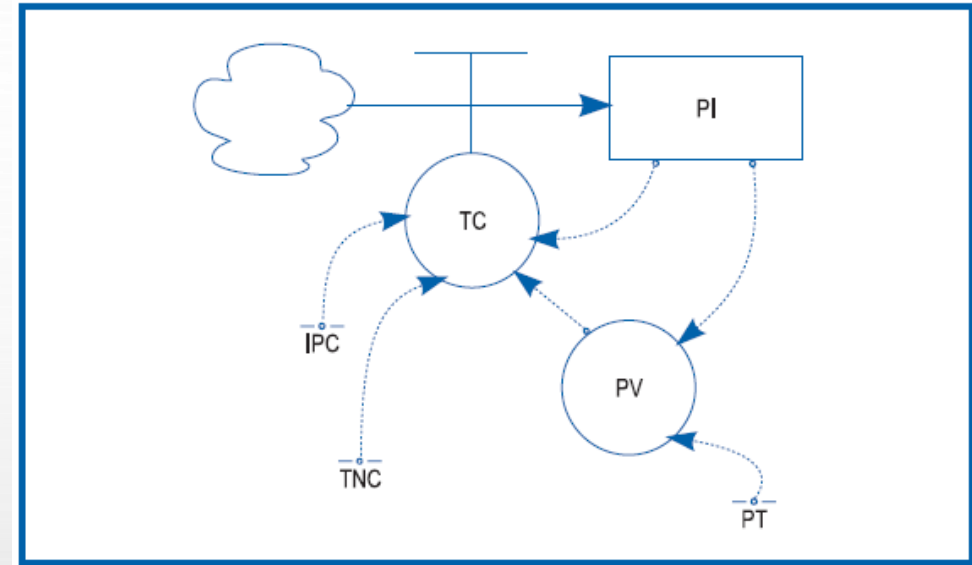
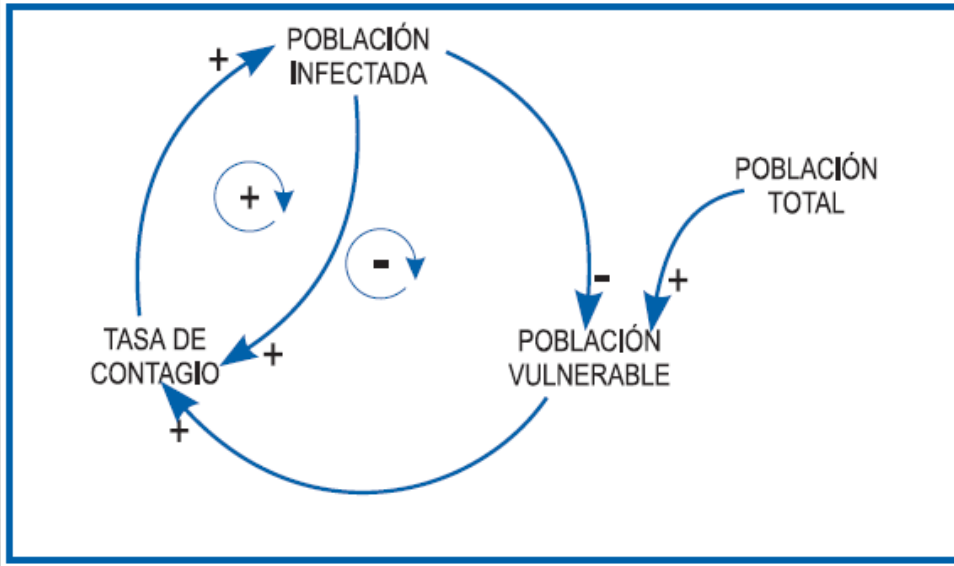


DIAGRAMA DE FLUJO Y NIVEL PARA LA PROPAGACIÓN DE UNA EPIDEMIA



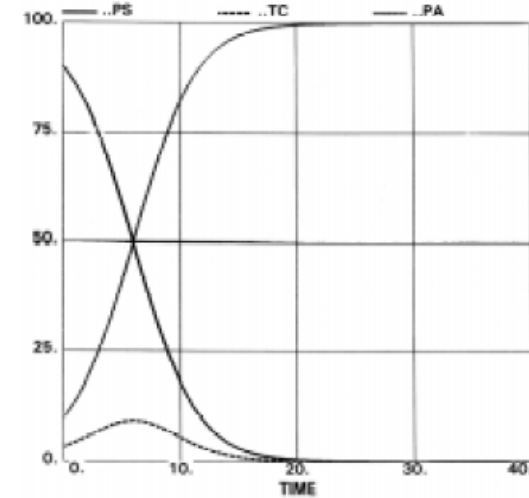
Ya hemos identificado la variable **PI** como de nivel y la **TC** como de flujo. La restante **PV** es una variable auxiliar, ya que representa un paso intermedio en la determinación de **TC** a partir de **PI**. Además, en la Figura se indican mediante los símbolos **IPC**, **TNC** y **PT** las constantes que representan a las infecciones por contagio, la tasa normal de contagio y la población total, respectivamente. Por último, en la misma Figura, aparece, en el extremo superior izquierdo, una nube que representa una fuente, o un sumidero, que no es relevante para la descripción del sistema. Se podría prescindir de él pero se incluye para dar mayor coherencia al diagrama.

MODELO MATEMATICO DE UN DIAGRAMA DE FLUJO- NIVELES – MODELO PROGRAMADO EN DYNAMO Y PATRÓN DE COMPORTAMIENTO GENERADO

```

* * Difusión de una epidemia * *
l      pi.k = pi.j+dt * tc.jk
n      pi = 10
r      tc.kl = ipc * tcn * pi.k * pv.k
c      ipc = 0.15
c      tcn = 0.025
a      pv.k = pt - pi.k
c      pt = 100
save  pi, pv, tc
spec  dt = 0.25/length = 40/savper = 1

```



MODELANDO UN SISTEMA PARA SIMULACIÓN – EJERCICIO # 1

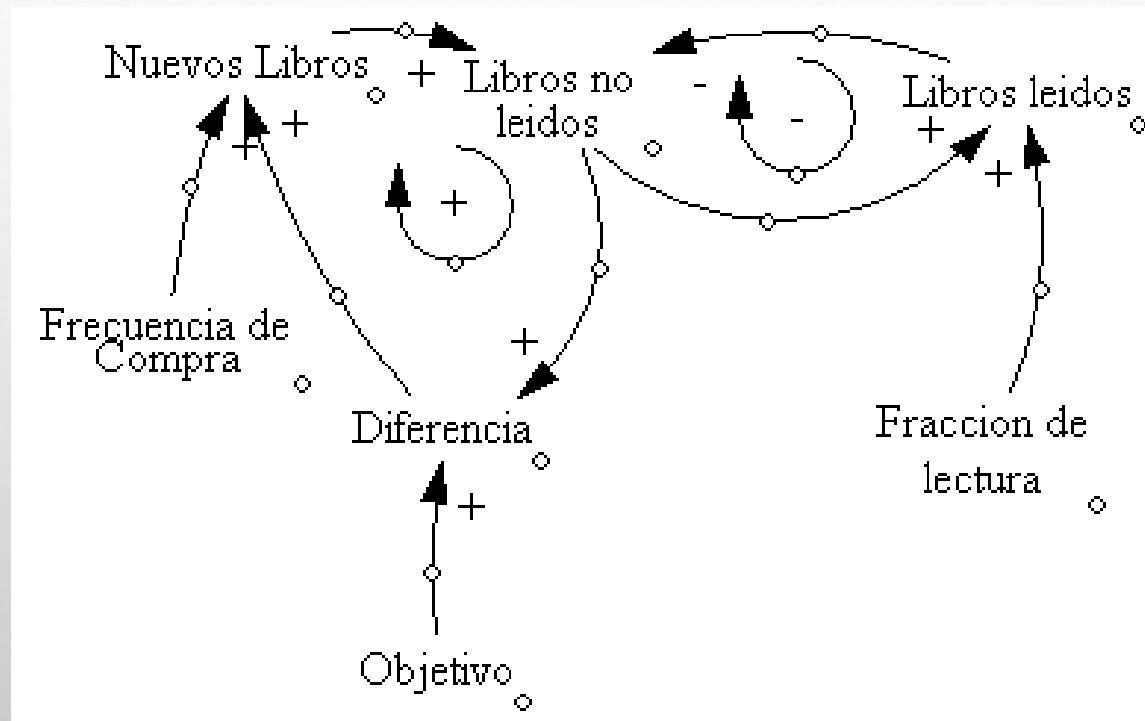
FRANCISCO ES UN FILÓSOFO QUE AMA LA LECTURA. SU OPULENTO TÍO MIDAS INTENTA DARLE BASTANTES LIBROS PARA MANTENERLO OCUPADO TODOS LOS MESES. AL TÍO MIDAS LE GUSTARÍA QUE FRANCISCO TUVIERA 15 LIBROS NO LEÍDOS EN TODO MOMENTO. AL COMPRAR LOS LIBROS, EL TÍO MIDAS HACE UNA LISTA DE NUEVOS LIBROS PARA FRANCISCO Y COMPRA LOS LIBROS DE SU LISTA QUE SE ESTÁN VENDIENDO EN LA LIBRERÍA LOCAL. ALGUNOS DE LOS LIBROS QUE EL TÍO MIDAS SELECCIONA SON RAROS Y EL A MENUDO SÓLO ENCUENTRA EL 75% DE ELLOS. AUN ASÍ, ÉL PLANEA MANTENER UN BUEN FLUJO DE LIBROS PARA SU SOBRINO. FRANCISCO, DETERMINADO A DISMINUIR EL EGO DE SU TÍO POR LAS CONTRIBUCIONES, HA DECIDIDO QUE ÉL LEERÁ LA MITAD DE LOS LIBROS CADA MES, NO IMPORTA CUÁNTOS SEAN.

REALICE LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE CICLOS CAUSALES DEL NÚMERO DE LIBROS NO LEÍDOS POR FRANCISCO Y RESPONDA LAS SIGUIENTE PREGUNTAS:

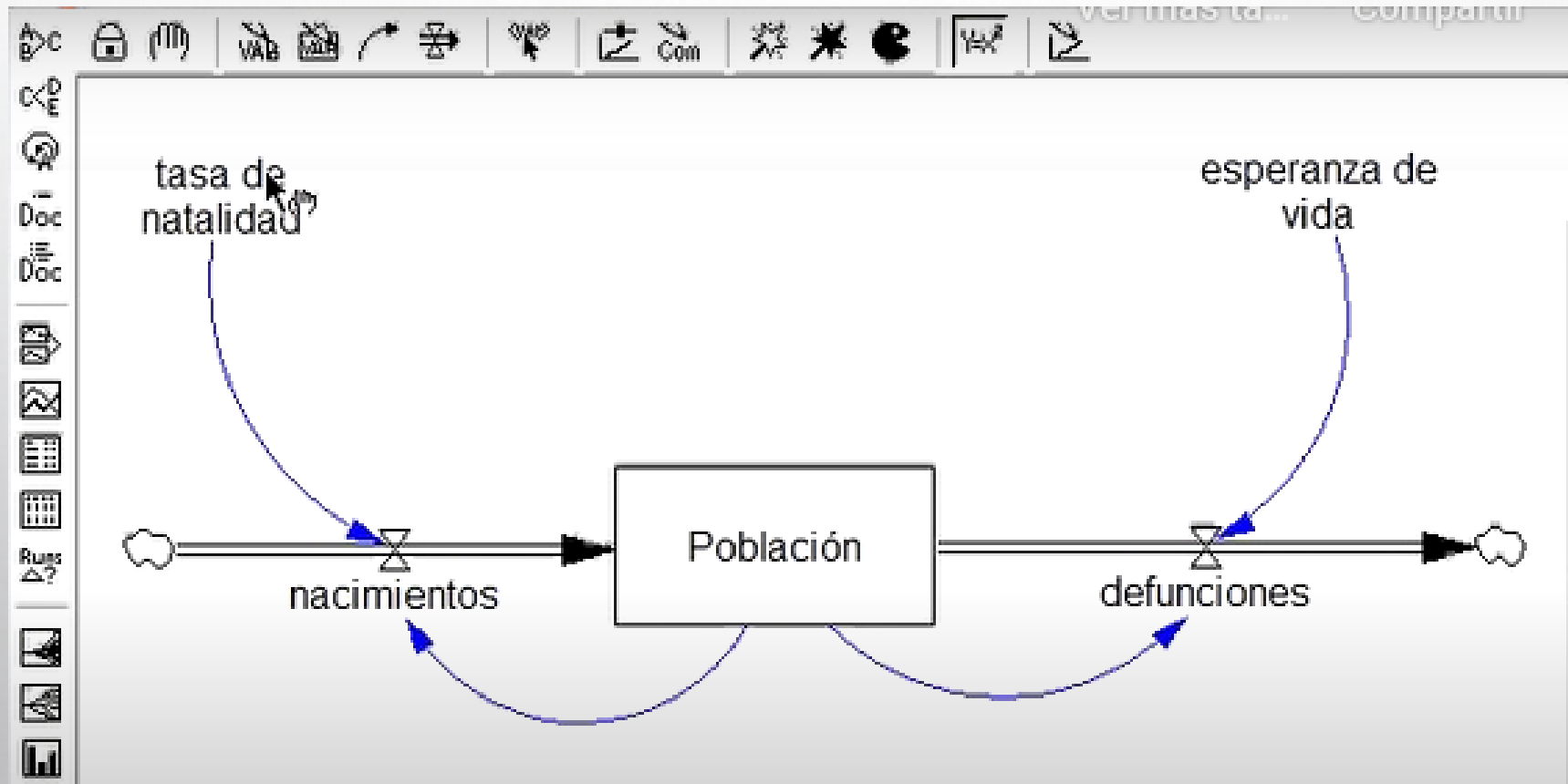
- 1) SUPONIENDO QUE INICIALMENTE FRANCISCO TIENE 20 LIBROS NO LEÍDOS ¿CON CUÁNTOS LIBROS NO LEÍDOS SE QUEDA FRANCISCO DESPUÉS DEL TERCER MES, CADA MES? -
- 2) ¿CUÁNTOS LIBROS LEÍDOS LOGRA FRANCISCO CADA MES DESPUÉS DEL TERCER MES? –

DE LOS CICLOS CAUSALES A LOS FLUJOS Y NIVELES

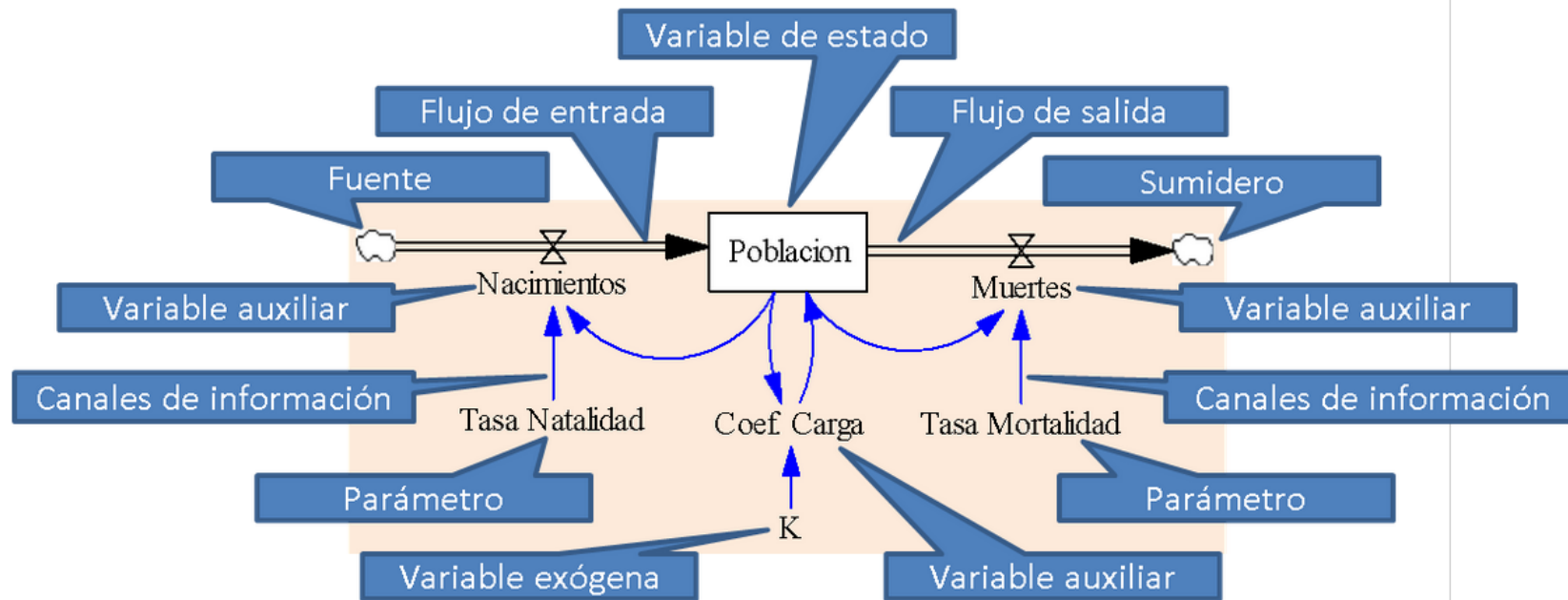
CASO: FRANCISCO Y SUS LIBROS NO LEÍDOS



MODELOS DE “DINÁMICA DE SISTEMAS” PARA SIMULAR SISTEMAS Y EVALUAR ESCENARIOS “QUE PASARÍA SÍ...”



COMPONENTES DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA DE UN SISTEMA



Modelo de crecimiento de una población con recursos limitados.

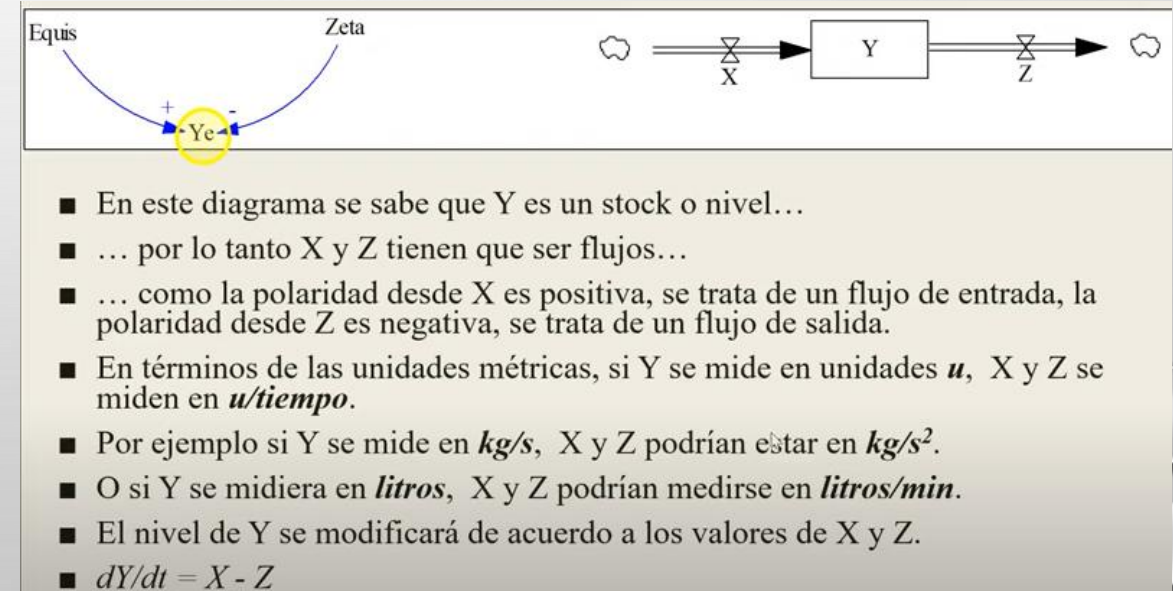
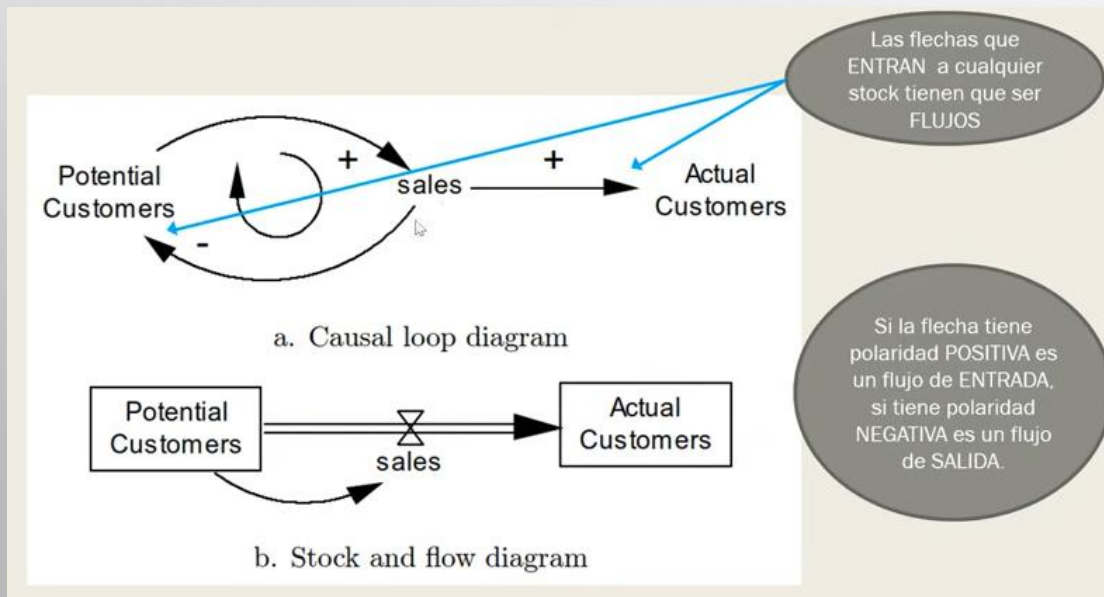
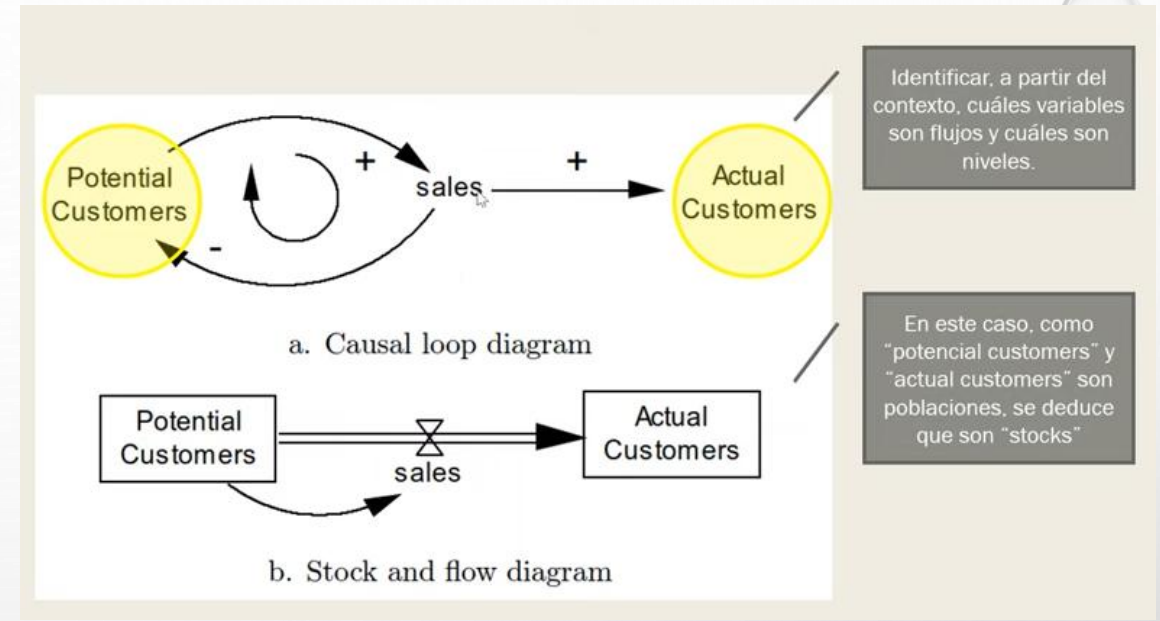
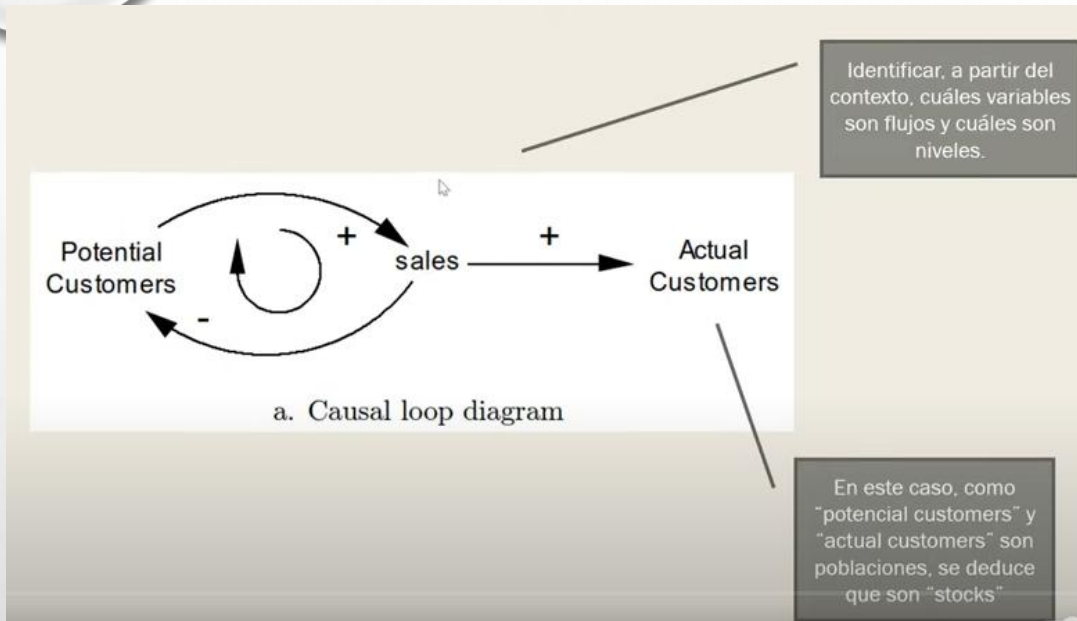
Ecuaciones

Nacimientos: Tasa Natalidad * Población
Muertes: Tasa Mortalidad * Población
Coef. Carga: $(K - \text{Población}) / K$
Población: $(\text{Nacimientos} - \text{Muertes}) * \text{Coef. Carga}$

Escenario

Población inicial = 60 Individuos
Tasa Natalidad: 0.085
Tasa Mortalidad: 0.035
K = 6000 individuos

CONVERSIÓN DE DCC A DIAGRAMAS DE FLUJO Y NIVELES



ELEMENTOS BÁSICOS DE MODELO

DINÁMICA DE SISTEMAS COMPLEJOS TEMA 2. ELEMENTOS BÁSICOS EN MODELADO CON CON DS

- Diagramas de influencia causa-efecto. Realimentación.
- Variable de estado, stock, memoria o almacén.
- Flujo o variación de la variable de estado. Fuentes y sumideros.
- Variables auxiliares.
- Retrasos (de material y de información).
- **Arquetipos o patrones de comportamiento dinámico.**

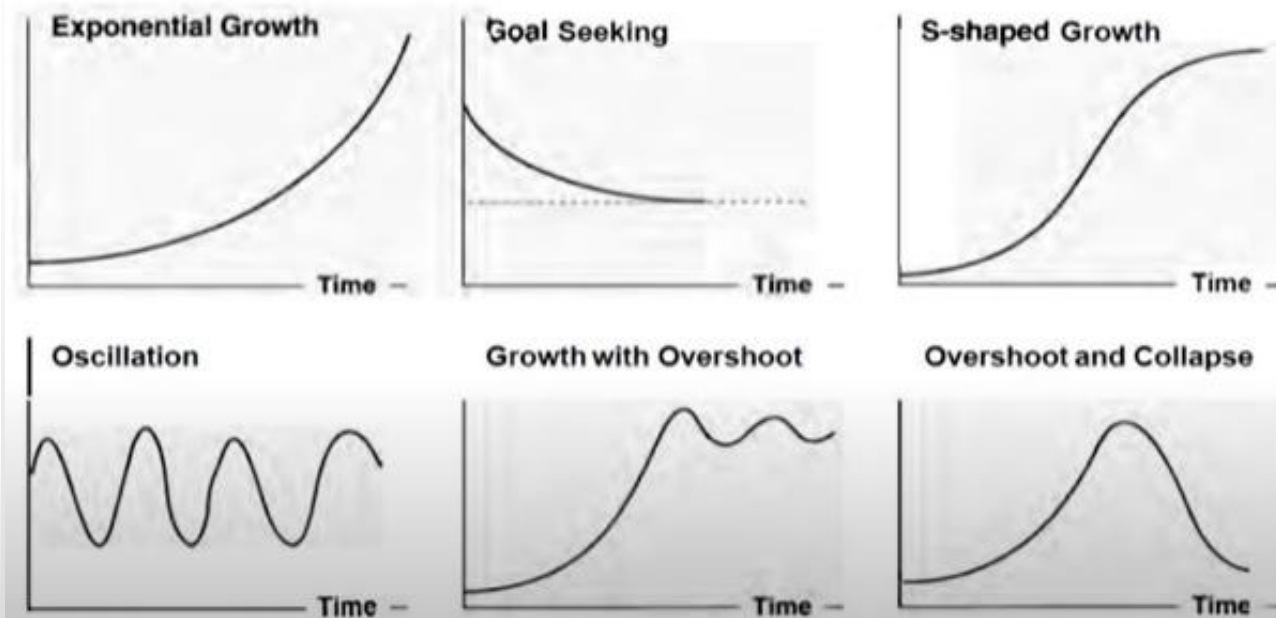


RESULTADOS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

- Existen un conjunto de comportamientos o “patrones” que se repiten en todos los sistemas, aunque cambien la escala temporal, los parámetros o las unidades.
- Estos “patrones” de comportamientos son:
 - Crecimiento exponencial
 - Decrecimiento exponencial
 - Convergente a un valor.
 - Crecimiento en forma “Curva-S”
 - Oscilante
 - Sobrepaso y colapso
 - Crecimiento con sobrepaso

COMPORTAMIENTOS HABITUALES

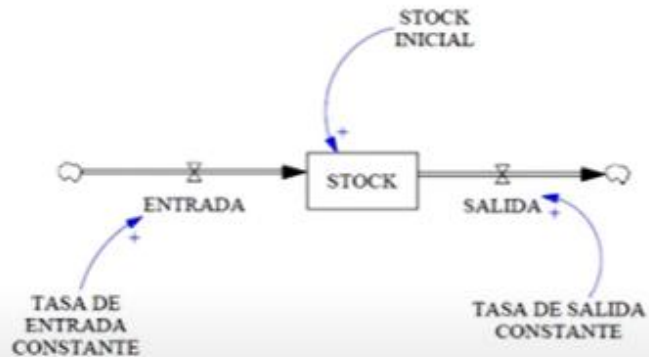


• Figura tomada de Business Dynamics, de J.D.Sterman

CRECIMIENTO SIMPLE

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO SIMPLE.

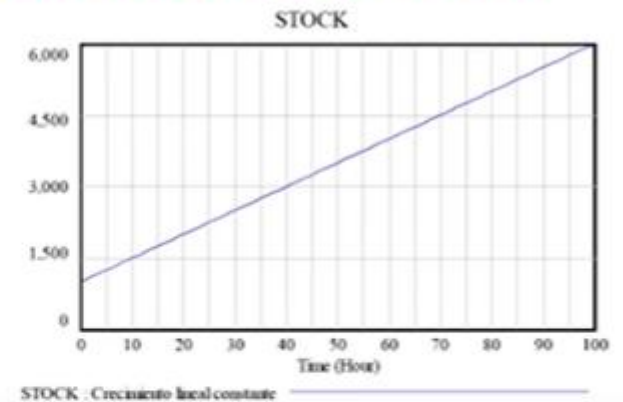


- STOCK INICIAL = 1000
- TASA DE ENTRADA CTE. = 100 unidades por unidad de tiempo
- TASA DE SALIDA CTE. = 50 unidades por unidad de tiempo

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO SIMPLE.

- STOCK INICIAL = 1000
- TASA DE ENTRADA CTE. = 100
- TASA DE SALIDA CTE. = 50



$$\text{STOCK}(t) = \int_0^t [\text{ENTRADA} - \text{SALIDA}] dt + \text{STOCK}(t_0) =$$

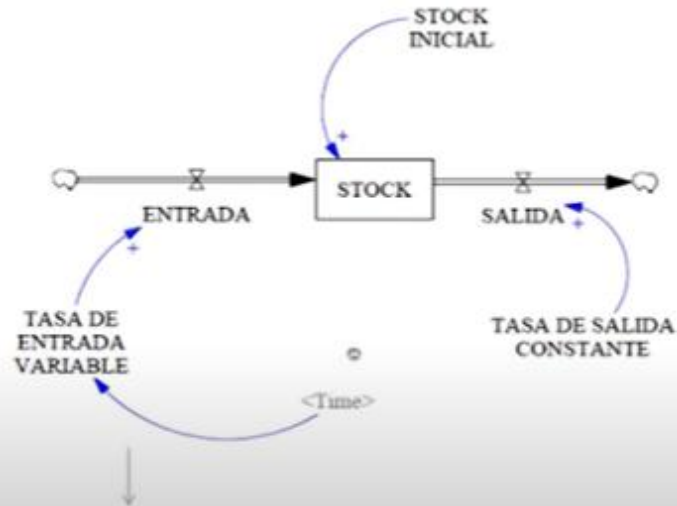
$$\text{STOCK}(t) = \int_0^t [100 - 50] dt + 1000 = 50t + 1000$$

- Da lugar a un crecimiento lineal de pendiente constante

CRECIMIENTO CUADRÁTICO

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

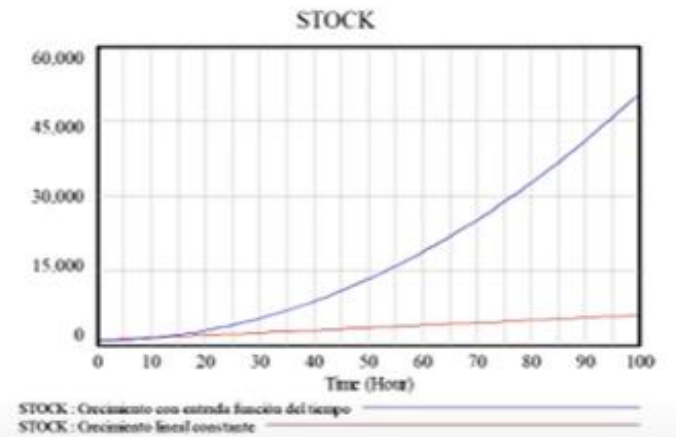


- STOCK INICIAL = 1000
- ENTRADA = $50t + 50$
- SALIDA (CTE.) = 50

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- ENTRADA $(t) = 50 \cdot t + 50$
- SALIDA (CTE.) = 50



$$\text{STOCK}(t) = \int_0^t [\text{ENTRADA} - \text{SALIDA}] dt + \text{STOCK}(t_0) =$$

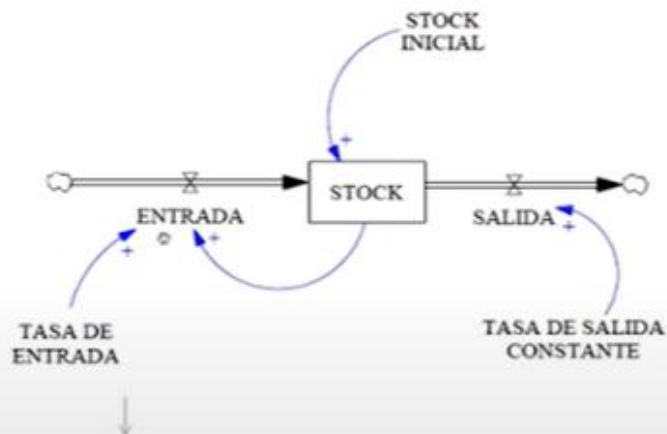
$$\text{STOCK}(t) = \int_0^t [50t + 50 - 50] dt + 1000 = 25t^2 + 1000$$

- Da lugar a un crecimiento cuadrático

CRECIMIENTO CON RETROALIMENTACIÓN – COMPORTAMIENTO A CORTO PLAZO

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO CON REALIMENTACIÓN

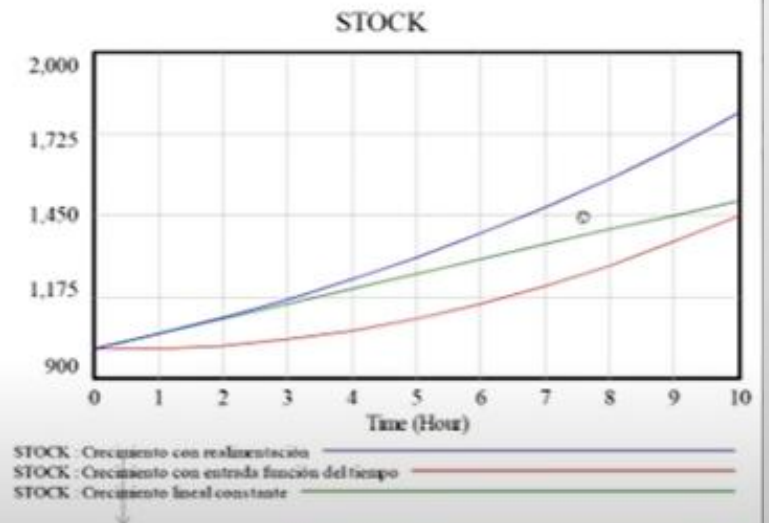


- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$ ←
- SALIDA (CTE.) = 50

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$
- SALIDA (CTE.) = 50



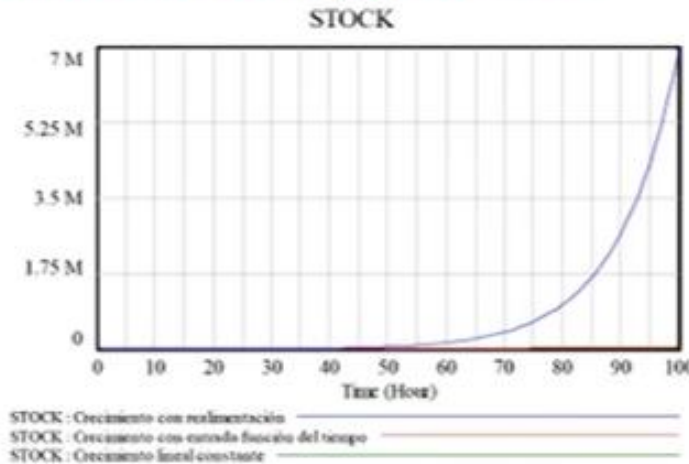
• ¡PRIMERAS 10 HORAS!

CRECIMIENTO CON RETROALIMENTACIÓN – COMPORTAMIENTO EXPONENCIAL A MÁS LARGO PLAZO

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- ENTRADA (t) = $0,1 \cdot \text{STOCK}(t)$
- SALIDA (CTE.) = 50



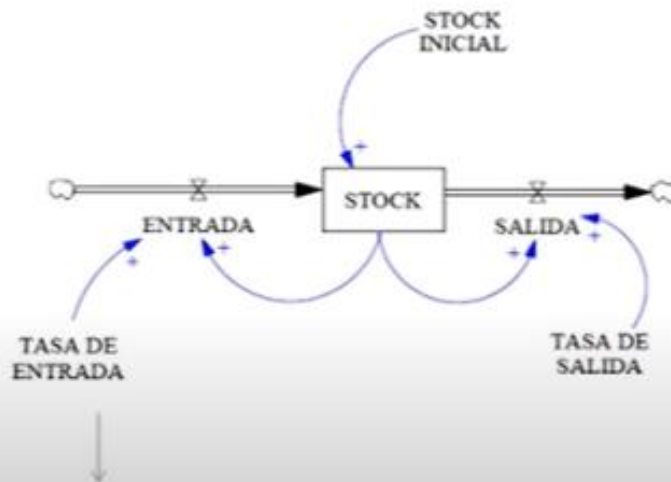
- $dS/dt = 0,1 \cdot S - 50$ [con $S(t_0) = 1000$ y $t_0 = 0$]
- $S(t) = 1000 \cdot e^{0,1 \cdot t} - 50 \cdot t + 1000$

- ¡Da lugar a un crecimiento exponencial!

CRECIMIENTO CON DOBLE RETROALIMENTACIÓN – COMPORTAMIENTO EXPONENCIAL A CORTO PLAZO

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO CON REALIMENTACIONES.

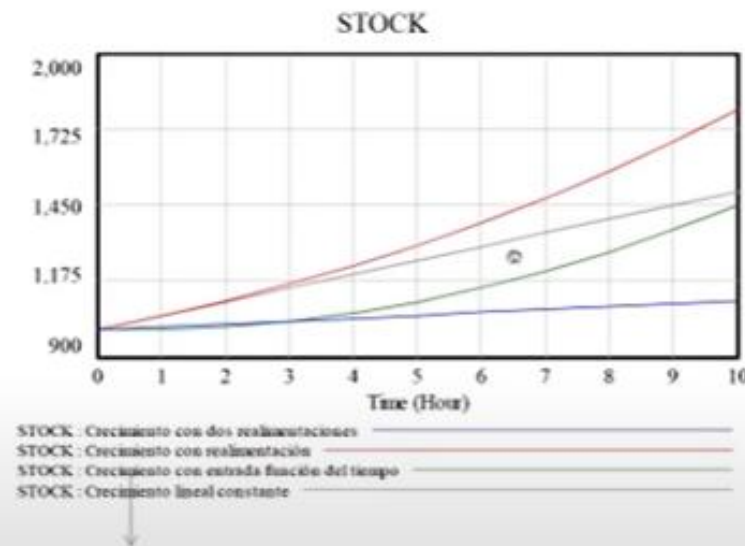


- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,11 \cdot STOCK(t)$
- $SALIDA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,11 \cdot STOCK(t)$
- $SALIDA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$



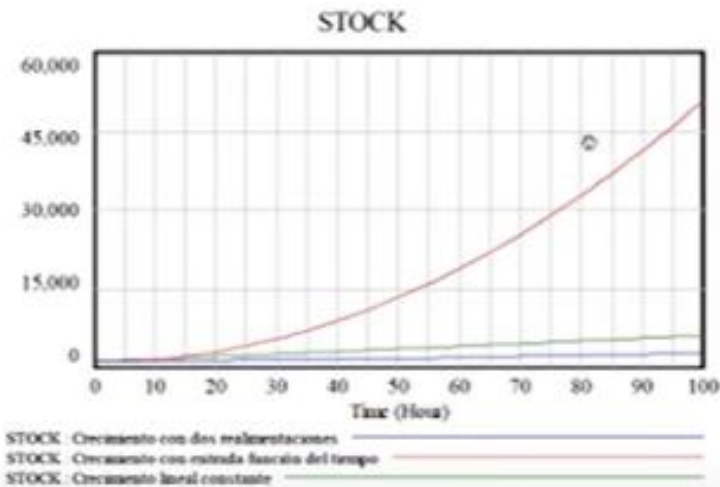
• ¡PRIMERAS 10 HORAS!

CRECIMIENTO CON DOBLE RETROALIMENTACIÓN – COMPORTAMIENTO EXPONENCIAL A MÁS LARGO PLAZO

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- ENTRADA (t) = 0,11 · STOCK(t)
- SALIDA (t) = 0,1 · STOCK(t)



- $dS/dt = 0,11 \cdot S - 0,1 \cdot S = 0,01S$
- $S(t) = 1000 \cdot e^{0,01 \cdot t} + 1000$

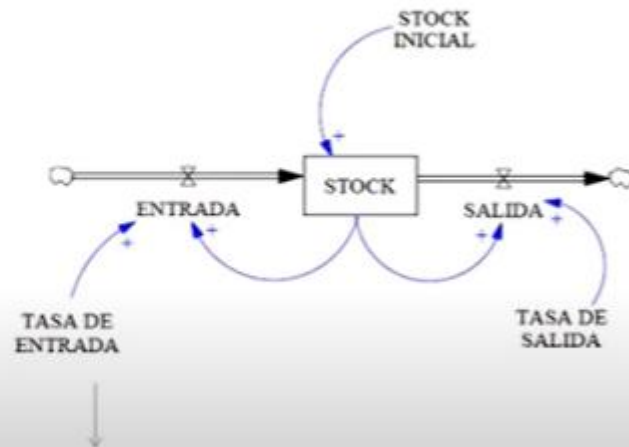
[con $S(t_0) = 1000$ y $t_0 = 0$]

- ¡Da lugar a un crecimiento exponencial!
- Ejercicio: calcular para que tiempo $S(t) = 2 \cdot S(t_0)$ y para que t , $S(t) = 10 \cdot S(t_0)$

DECRECIMIENTO CON RETROALIMENTACIÓN

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• DECRECIMIENTO CON REALIMENTACIONES.

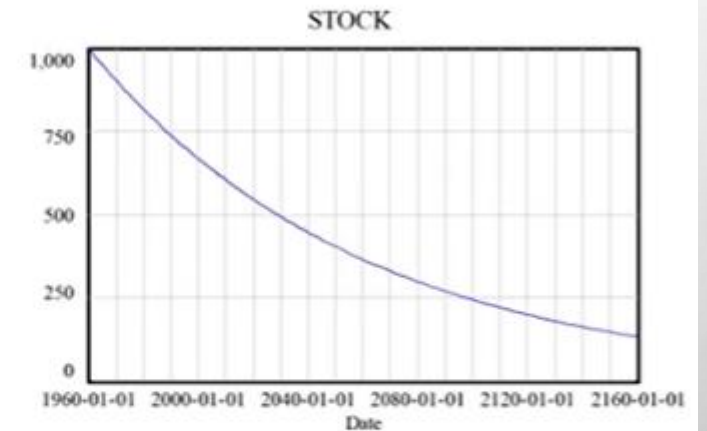


- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$
- $SALIDA(t) = 0,11 \cdot STOCK(t)$

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• DECRECIMIENTO.

- STOCK INICIAL = 1000
- $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$
- $SALIDA(t) = 0,11 \cdot STOCK(t)$



STOCK : Decrecimiento con dos realimentaciones

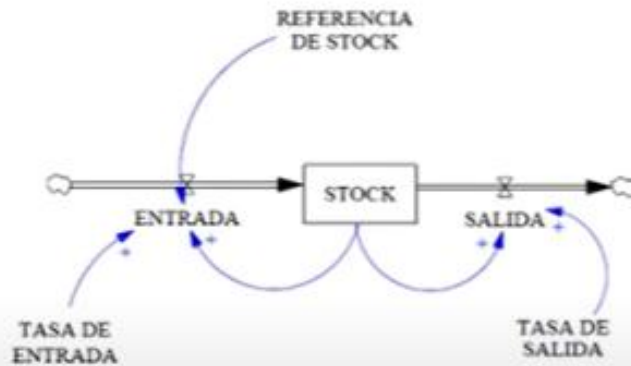
- $dS/dt = 0,1 \cdot S - 0,11 \cdot S = -0,01S$ [con $S(t_0) = 1000$ y $t_0 = 0$]
- $S(t) = 1000 \cdot e^{-0,01 \cdot t}$

- ¡Da lugar a un Decrecimiento exponencial!
- Ejercicio: calcular para que tiempo $S(t) = 0,5 \cdot S(t_0)$ y para que t , $S(t) = 0,1 \cdot S(t_0)$

CONVERGENCIA A UN VALOR CON REFERENCIAS DE ENTRADA

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CONVERGENCIA A VALOR.

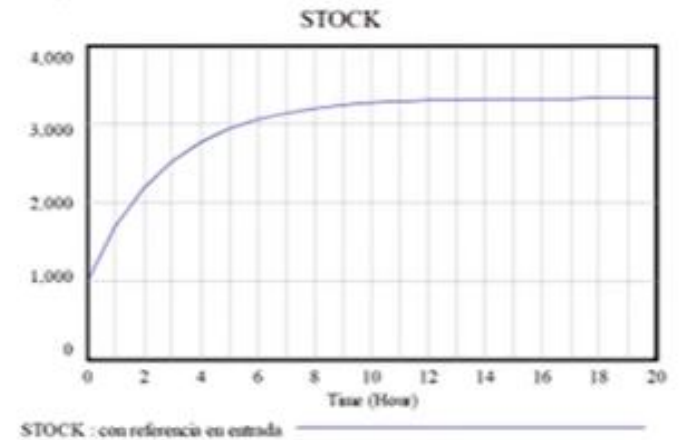


- STOCK INICIAL = 1000
- $ERROR(t) = REFERENCIA - STOCK(t)$
- Si $ERROR(t) < 0$, $ENTRADA(t) = 0,2 \cdot ERROR(t)$
- $SALIDA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CONVERGENCIA A VALOR.

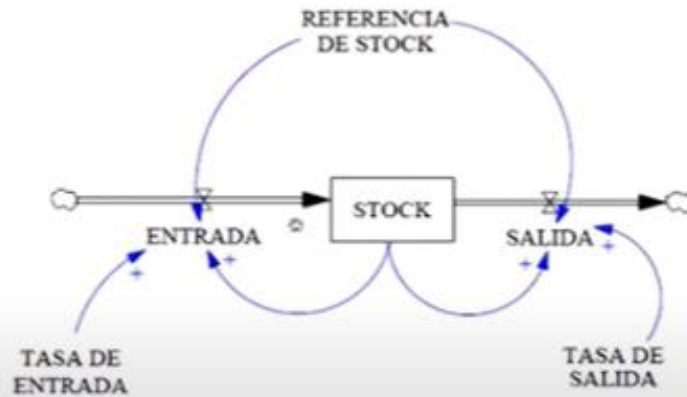
- STOCK INICIAL = 1000
- $ERROR = REFERENCIA - STOCK(t)$
- Si $ERROR(t) > 0$, $ENTRADA(t) = 0,2 \cdot ERROR(t)$
- $SALIDA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$



CONVERGENCIA A UN VALOR CON REFERENCIAS DE ENTRADA Y DE SALIDA

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CONVERGENCIA A UN VALOR.

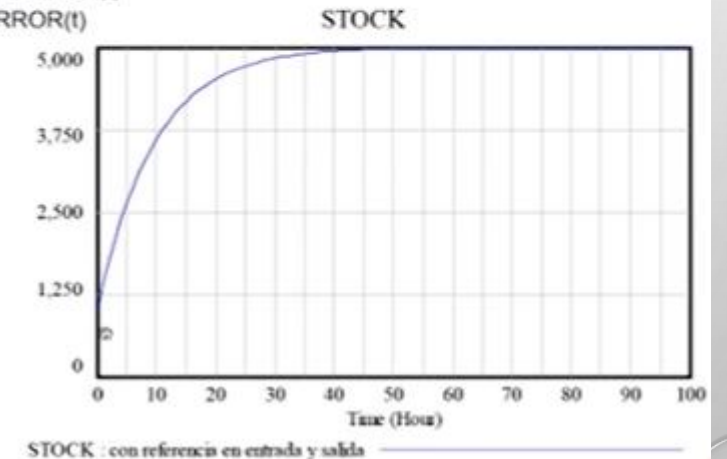


- STOCK INICIAL = 1000
- $ERROR(t) = REFERENCIA - STOCK(t)$
- Si $ERROR(t) < 0$, $ENTRADA(t) = 0,2 \cdot ERROR(t)$
- $SALIDA(t) = 0,1 \cdot STOCK(t)$

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CONVERGENCIA A UN VALOR.

- STOCK INICIAL = 1000
- STOCK DE REFERENCIA = 5000
- $ERROR = REFERENCIA - STOCK(t)$
- Si $ERROR(t) > 0$, $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot ERROR(t)$
- Si $ERROR(t) < 0$, $SALIDA(t) = 0,1 \cdot ERROR(t)$

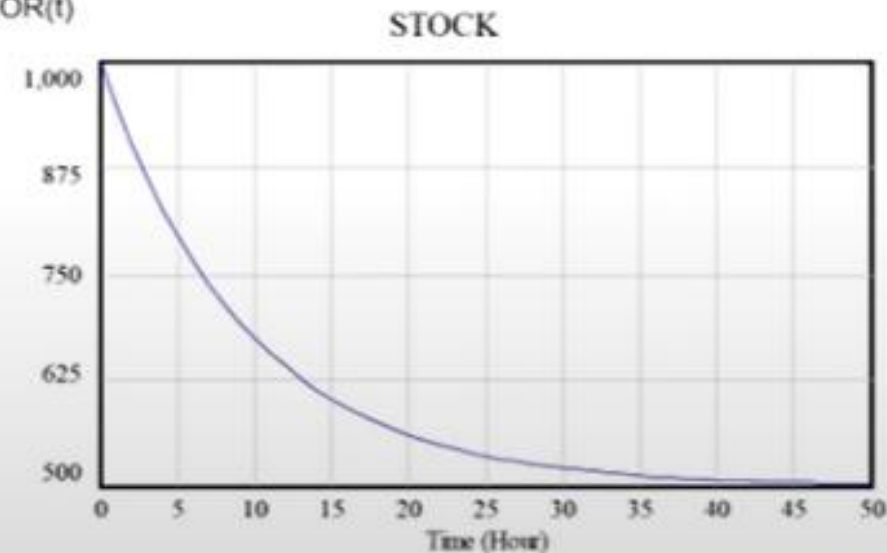


CONVERGENCIA A UN VALOR INFERIOR

COMPORTAMIENTOS DINÁMICOS HABITUALES

• CONVERGENCIA A VALOR.

- STOCK INICIAL = 1000
- STOCK DE REFERENCIA = 500
- $ERROR = REFERENCIA - STOCK(t)$
- Si $ERROR(t) > 0$, $ENTRADA(t) = 0,1 \cdot ERROR(t)$
- Si $ERROR(t) < 0$, $SALIDA(t) = 0,1 \cdot ERROR(t)$



STOCK : con referencia en entrada y salida

EJERCICIO DE MODELACIÓN DE SIMULACIÓN DINÁMICA

Asuma que usted decide iniciar su propio negocio de desarrollo de software y decide realizar un préstamo de dinero a un banco para comprar su primera computadora. Este préstamo o crédito que el banco le da es considerado como un saldo bancario negativo. Para comprar la computadora pide a su banco un préstamo de \$ 2,000.00 y este se lo da una tasa de interés de 5%, es decir, deberá pagar el 5% del monto adeudado cada mes que tenga el préstamo. Usted acepta estas condiciones y realiza el préstamo para un plazo de 12 meses.

Al regresar del banco se encuentra a Brenda, quien le dice que hay otro banco que le perdona \$ 1,000.00 de su crédito si se pasa con ellos. Este banco cobra un interés del 10% mensual.

Realice un modelo de flujo y niveles en VENSIM que le permita prever el comportamiento de su crédito en el banco 1 y en el banco 2 bajo las condiciones descritas. Y responda lo siguiente:

- a) ¿Le conviene cambiarse al banco 2 que le perdona los \$ 1,000?
- b) ¿Le conviene cambiarse al banco 2 si estima que puede requerir 2 años para pagar el total del préstamo?
- c) ¿Cuál sería el saldo en cada uno de los dos bancos después de 14 meses?
- d) ¿Cuál sería su decisión si fuera a negociar con cada banco y obtuviera del Banco 1 una mejor tasa de interés del 2% mensual y del banco 2 una mejor tasa de interés del 4% mensual para un plazo de 24 meses?

SOLUCIÓN A CASO DE PRÉSTAMO BANCARIO – PERSPECTIVA 1

SUPONIENDO QUE NO SE PAGA EL PRÉSTAMO Y EL SALDO BANCARIO SE ACUMULA

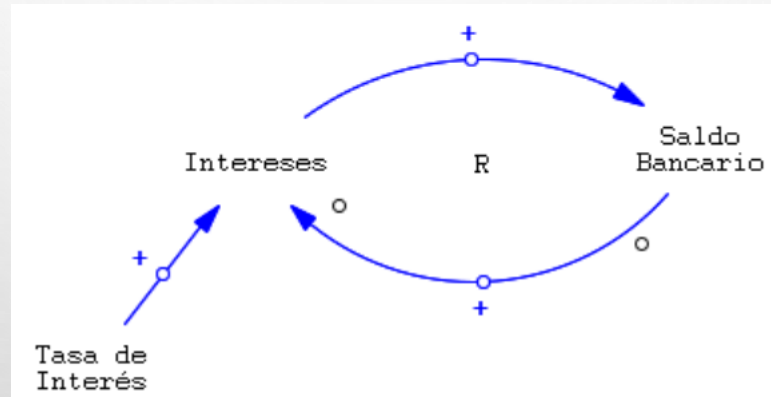


Diagrama de flujo de influencia que muestra las relaciones entre variables financieras:

- Tasa de Interés M.** (Influencia positiva) → **Intereses M.**
- Intereses M.** (Influencia positiva) → **Saldo del Prestamo**
- Saldo del Prestamo** (Influencia positiva) → **Pago M.**
- Saldo del Prestamo** (Influencia negativa) → **Pago Total**
- Pago M.** (Influencia positiva) → **Pago Total**
- Monto Prestamo** (Influencia positiva) → **Pago M.**
- Duración Prestamo** (Influencia positiva) → **Pago M.**
- R** (Influencia positiva) → **Intereses M.**
- R** (Influencia positiva) → **Saldo del Prestamo**

MODELANDO UN SISTEMA CON VENSIM – SIMULACIÓN – EJERCICIO 3

En las casas construidas de un residencial, se desea instalar el servicio de teléfono. La velocidad de instalación de este servicio de teléfono es proporcional a la cantidad de casas que habiendo sido construidas todavía no tienen teléfono. Si la cantidad de casas construidas es de 300 y al inicio ninguna tiene teléfono, mientras más familias tienen instalado su teléfono más familias desean tenerlo ya que las familias son influidas por las familias vecinas para solicitar su instalación, por lo que la tasa de uso influye la velocidad de instalación de teléfonos. Si la tasa de uso influye a que el 9% de las familias sin teléfono adquieran el servicio mensualmente, responda:

- 1) ¿Cuántos meses se requieren para instalar el servicio de teléfono a todas las casas del residencial?
- 2) Si la influencia de la tasa de uso fuera del 4% ¿Cuántos meses se requieren para instalar el servicio de teléfono en todas las casas del residencial?
- 3) Si la influencia de la tasa de uso fuera siempre del 9% pero el residencial tuviera un total de 500 casas ¿Cuánto tiempo llevaría instalar el servicio en todas las casas?

Realice el modelo de simulación en VENSIM de este sistema para mostrar la dinámica de instalación de teléfonos en el residencial y genere los patrones de comportamiento que le permitan responder las preguntas planteadas.