

Guía de estudio para el tercer parcial

Unidad 4: modelación y simulación dinámica de sistemas y toma de decisiones sistémicas, con el repaso de los parciales 1 y 2 que la unidad necesita.

Elaborada con el programa, las presentaciones 4a y 4b, las lecturas de la unidad y las grabaciones de las clases 18 a 24. Actualizada al martes 20 de octubre de 2026.

Lo que está confirmado para el parcial

Fecha	Qué se evalúa y cómo
Jueves 22 de octubre 7:10 a 8:50 Salón 110 del T-3	Parcial presencial, en papel (aproximadamente 75–80 % del parcial). Cubre toda la Unidad 4, temas 4.1 a 4.7 : arquetipos, hábitos, modelación, simulación y diagramas. Pueden pedirte interpretar, reconocer o dibujar diagramas de ciclos causales y de flujos y niveles. No necesitas computadora: lo único que se traslada al sábado es ejecutar Vensim.
Sábado 24 de octubre Horario de clase (7:10 a 8:50) Ambiente virtual	Práctica de simulación en Vensim (aproximadamente 20–25 %). Tu presencia en el ambiente virtual es necesaria. Entregas un informe PDF con procedimiento, pantallas, gráficas o tablas e interpretación: se califica cómo llegaste a la respuesta, no solo la respuesta.
Jueves 29 de octubre Reposición	Solo con solicitud previa y para un único parcial del semestre. Si faltas el 22, solicítala cuanto antes (el profesor mencionó el mismo 24 y, a más tardar, «26 o 27») y haz igualmente la práctica del 24. Salón, alcance y uso de computadora siguen pendientes.

Fuente: clase 24 (17 de octubre), 00:12:16–00:13:21, 00:29:05–00:31:28, 00:55:15–01:00:43, 01:14:49–01:15:55 y 01:31:50–01:33:00; programa del curso (calendario y ponderación: el tercer parcial vale 16 de los 50 puntos de parciales). Después de la clase 24 no hubo más clases: revisa UEDI por si aparece un aviso nuevo.

Cómo usar esta guía

1. Lee el alcance y el repaso de prioridad alta de la **Parte A** (las páginas tienen enlaces en el índice).
2. Estudia los temas **4.1 a 4.7**: cada uno trae definiciones, ecuaciones con unidades, diagramas, procedimientos, errores frecuentes y la página o el minuto de clase de donde sale.
3. Revisa la **Parte C** (errores y erratas): algunas láminas traen fórmulas o signos que cambian el resultado.
4. Resuelve los **12 ejercicios** de la Parte D en 100 minutos y en papel; corrige con la Parte E.
5. Sigue el **plan de estudio** de la Parte F y usa la hoja de repaso final el jueves antes del examen.

Convenciones

ALCANCE OFICIAL	Temas del programa para el tercer parcial: Unidad 4, temas 4.1 a 4.7.
REPASO RECOMENDADO	Temas de los parciales 1 y 2 que la Unidad 4 da por sabidos. No son el contenido evaluado, pero sin ellos no se resuelven las preguntas.
ALTA · MEDIA · BAJA	Prioridad de estudio según su peso en la Unidad 4 y en la evaluación corta 3.
4a, p. 18 · 4b, p. 29	Página del PDF de la presentación «Unidad 4a» (simulación) o «Unidad 4b» (hábitos y decisiones).
C21 01:20:57	Clase 21, minuto de la grabación. L-17 a L-20: lecturas de la Unidad 4. La lista completa de fuentes está al final.

Las figuras son elaboración propia a partir de las fuentes indicadas en cada pie. Los cálculos se hicieron con Euler y, cuando existe, con la solución exacta.

Contenido

Parte A. Alcance del parcial y repaso seleccionado.....	3
A1. Qué entra en el examen.....	3
A2. Repaso de los parciales 1 y 2: conceptos, conexión y prioridad.....	3
Parte B. Unidad 4 (alcance oficial).....	6
4.1 Arquetipos sistémicos.....	6
4.2 Acumulaciones, tasas de cambio, flujos y niveles.....	11
4.3 De los diagramas de ciclos causales a los de flujos y niveles.....	12
4.4 Modelación y simulación con Vensim.....	14
4.5 Ejemplos de simulación del curso.....	16
· Patrones de comportamiento de la presentación 4a.....	17
· Epidemia.....	18
· Francisco y sus libros pendientes.....	19
· Préstamos bancarios.....	20
· Instalación de teléfonos.....	21
4.6 Toma de decisiones sistémicas.....	23
4.7 Hábitos, resolución de problemas y resiliencia.....	24
Parte C. Errores frecuentes y erratas que cambian resultados.....	27
Parte D. Autoevaluación: doce ejercicios.....	29
Parte E. Soluciones explicadas.....	32
Parte F. Plan de estudio y hoja de repaso final.....	35
Hoja de repaso final (una página).....	36
Fuentes y momentos de clase utilizados.....	37

Ruta corta. Prioriza en este orden si tienes poco tiempo: **(1)** niveles, flujos y conversión (4.2–4.3); **(2)** los cuatro casos de simulación (4.5); **(3)** arquetipos (4.1); **(4)** hábitos, etapas y decisiones (4.6–4.7); **(5)** fases, usos y validación del modelado (4.4).

Antes del jueves resuelve al menos los ejercicios 2, 4, 7, 8, 10 y 11; el sábado necesitarás sobre todo 4.4 y 4.5.

Parte A. Alcance del parcial y repaso seleccionado

ALCANCE OFICIAL · UNIDAD 4

A1. Qué entra en el examen

El programa ubica la tercera evaluación el jueves 22 de octubre y la limita a la **Unidad 4, temas 4.1 a 4.7**. En la clase 24 el profesor confirmó que el escrito cubre toda la unidad y que solo la ejecución de Vensim pasa a la práctica del sábado 24 (C24 00:28:42–00:31:30).

Tema	Qué pueden pedirte en papel (22 de octubre)	Qué harás en Vensim (24 de octubre)
4.1 Arquetipos	Reconocer el arquetipo por su historia o su diagrama; asignar signos, contar y clasificar sus ciclos; proponer la intervención.	—
4.2 Acumulaciones	Distinguir nivel, flujo, auxiliar, constante y nube; calcular el balance de un nivel; reconocer su patrón.	Definir unidades y valores iniciales.
4.3 Conversión	Convertir un diagrama causal en uno de Forrester y justificar cada elemento; escribir ecuaciones.	Dibujar el modelo.
4.4 Vensim y modelado	Fases, componentes, usos y tipos de modelado; configuración temporal; validación.	Configurar, simular, comparar corridas y documentar.
4.5 Ejemplos	Plantear ecuaciones y calcular a mano algunos pasos de Euler; interpretar gráficas de los casos del curso.	Correr escenarios y responder con tablas y gráficas.
4.6 Decisiones	Consecuencias, apalancamiento (Meadows), aproximación sucesiva; evaluar alternativas.	Usar escenarios para decidir.
4.7 Hábitos	Los cinco hábitos de la unidad con su número del póster; grupos de hábitos; cuatro etapas; resiliencia.	—

En el examen. El formato esperado es el del segundo parcial: preguntas cerradas (selección única o múltiple, verdadero o falso), abiertas, numéricas y de diagramas.

La **evaluación corta 3** del 17 de octubre se presentó como práctica introductoria del parcial (C24 01:16:09). Sus diez preguntas trataron: la definición de resiliencia; el grupo de hábitos al que pertenece la tarjeta 6; qué caracteriza a un flujo; el hábito necesario para modelar en Vensim (12); el símbolo de la nube; las fases en que se usa Vensim (comportamiento y explotación); el «efecto dominó»; qué dificulta encontrar el apalancamiento; cómo cambia un pensador sistémico el comportamiento de un sistema, y el patrón de una cuenta con depósitos y gastos constantes. Todas aparecen explicadas en esta guía.

REPASO RECOMENDADO · UNIDADES 1 A 3

A2. Repaso de los parciales 1 y 2: conceptos, conexión y prioridad

Estos temas **no son el alcance oficial** del tercer parcial. Se seleccionaron porque las preguntas de la Unidad 4 los usan: sin la polaridad no hay arquetipos, sin los patrones no se lee una simulación y sin los hábitos de las unidades 1 y 3 no se arman las cuatro etapas de resolución de problemas.

Concepto (qué recordar)	Conexión con la Unidad 4	Prioridad	Dónde repasar
Polaridad de una relación (3.3). «+»: causa y efecto cambian en el mismo sentido; «-»: en sentido opuesto, con lo demás constante. La flecha va de la causa al efecto; el signo no significa «bueno» o «malo».	Todo arquetipo y toda conversión empiezan por los signos. El signo de la flecha que llega a un nivel indica si es flujo de entrada (+) o de salida (-) (4a, p. 18).	ALTA	C14 00:35:28–00:38:20; C15 00:18:54–00:19:30

Concepto (qué recordar)	Conexión con la Unidad 4	Prioridad	Dónde repasar
Ciclos de refuerzo y compensación (3.5). Un ciclo es una cadena que vuelve a la variable inicial. Número impar de relaciones negativas: compensación o balance (B, C, «-»). Número par o ninguna: refuerzo (R, «+»). La polaridad se anota al centro.	Los arquetipos se reconocen por su combinación de R y B; la simulación muestra qué ciclo domina en cada momento.	ALTA	C15 01:10:31-01:16:21; C16 00:43:30-00:48:23; Kim, lineamiento 10
Demoras (3.7). El efecto tarda; se marcan con dos rayas sobre la flecha. Quien no ve la demora corrige de más o abandona una acción que sí funcionaba.	Aparecen en erosión de metas, desplazamiento de la carga, crecimiento y subinversión y proceso con demora; son el hábito 13 (etapa 3) y la razón de esperar en la aproximación sucesiva.	ALTA	C15 01:33:58-01:38:33; C16 01:08:43-01:13:40
Patrones y tendencias (3.8). El comportamiento de una variable en el tiempo (tiempo en el eje X). R: crecimiento o decrecimiento exponencial sin límite; B: aproximación a un objetivo; combinados: curva en S, oscilación, sobrepaso.	Es la salida de toda simulación (4.4-4.5): del patrón se infiere la estructura y viceversa.	ALTA	C12 00:41:28-00:41:54; C14 01:21:08-01:26:31
La estructura genera el comportamiento (3.6, hábito 3). El comportamiento emerge de las relaciones, no de un culpable; para cambiarlo hay que cambiar la estructura.	Base del modelado: «asociar al comportamiento una estructura que lo genere» (4a, p. 24); también del apalancamiento (evaluación corta 3, pregunta 9).	ALTA	C15 00:29:49-00:57:56; 4a, pp. 24-25
Hábitos de la Unidad 3: 2, 3, 4, 5 y 13. Patrones en el tiempo; la estructura genera el comportamiento; naturaleza circular; conexiones significativas; impacto de las demoras.	El 2, el 3 y el 4 entran, con el 1, en la etapa 1 de resolución de problemas; el 13, en la etapa 3. El 5 no aparece en las láminas de las etapas.	ALTA	C11 00:52:11-00:52:58; lámina c11-19
Hábitos básicos de la Unidad 1: 1, 6, 7 y 9. Película completa; cambiar perspectivas; reconocer y probar suposiciones; cómo los modelos mentales afectan la realidad.	Forman parte de las etapas 1 y 2. La evaluación corta 3 preguntó a qué grupo pertenece el hábito 6: al de «construir modelos mentales sistémicos».	ALTA	C4 00:01:09-00:03:15; lámina c4-01; 4a, p. 3
Modelo del iceberg (1.7). Eventos, patrones, estructura y modelos mentales; las decisiones efectivas no se toman al nivel de los eventos.	Ordena las herramientas: gráficas (patrones); DCC, Forrester y arquetipos (estructura); supuestos y paradigmas (lugares 2 y 1 de Meadows). Ver figura 2.	MEDIA	C4 00:07:50-00:25:35; lámina c4-04
Modelos mentales y escalera de inferencias (1.1, 1.2, 1.4). El modelo mental filtra lo que vemos; la escalera sube de datos a creencias en milisegundos. Un modelo sistémico es consciente, realista y útil.	Modelar para aprender convierte el modelo mental en modelo formal (4a, p. 38). Validar exige contrastar supuestos con datos (hábito 7).	MEDIA	C2 00:23:27-00:33:49; C3 00:19:45-00:42:24
Perspectivas (1.5). Cada modelo mental produce un punto de vista que elimina información; cambiar de perspectiva aumenta la comprensión.	Hábito 6 en la etapa 2. En el desplazamiento de la carga, si una solución es sintomática o fundamental «depende de la propia perspectiva» (L-17).	MEDIA	C2 00:48:54-00:51:36; C5 00:03:14-00:16:28
Sistema, frontera, medio y estructura (2.2, 2.3). Delimitar un sistema separa lo de dentro del medio; la estructura (partes y relaciones) transforma entradas en salidas.	La nube de Forrester es lo que queda fuera de la frontera (fuente o sumidero). Los flujos son las entradas y salidas de un nivel.	MEDIA	C6 00:44:34-01:00:39; C7 00:05:57-00:37:47
Retroacción y homeostasis (2.8). La homeostasis es el equilibrio dinámico que sostienen los ciclos de compensación.	Explica por qué Francisco se estabiliza en 9 libros y por qué un nivel con flujos iguales no cambia aunque haya movimiento.	MEDIA	C7 01:35:43-01:37:18; C9 00:32:11-00:39:48
Complejidad (2.6). Muchas relaciones, estados y perspectivas; los sistemas adaptativos aprenden y se autoorganizan.	Los puntos de apalancamiento son contraintuitivos (4b, p. 29); el lugar 4 de Meadows es la autoorganización.	BAJA	C8 00:53:03-01:15:02

Concepto (qué recordar)	Conexión con la Unidad 4	Prioridad	Dónde repasar
DSRP (1.6, 3.2). Distinciones, sistemas, relaciones y perspectivas.	El modelo formal puede expresarse con DSRP, ciclos causales o flujos y niveles (C24 00:31:30–00:37:46).	BAJA	C7 00:30:45–01:01:28; C10 00:40:56–01:00:04
Sinergia, emergencia y universo de sistemas (2.5, 2.7).	Un patrón es una propiedad emergente de la estructura; los casos del curso son sistemas de actividad humana o naturales.	BAJA	Clase 8

Leer un diagrama causal en cinco pasos

1. Si el ciclo controla algo, haz explícito el objetivo y la brecha (Kim, lineamiento 5).
2. Asigna el signo de cada flecha con la historia: mismo sentido «+», sentido opuesto «-».
3. Recorre cada ciclo una sola vez y cuenta sus relaciones negativas.
4. Impar: B (balance o compensación); par o ninguna: R (refuerzo). Anota la polaridad al centro.
5. Lee de nuevo la historia con los signos: si no cuenta lo que pasa, algo está mal.

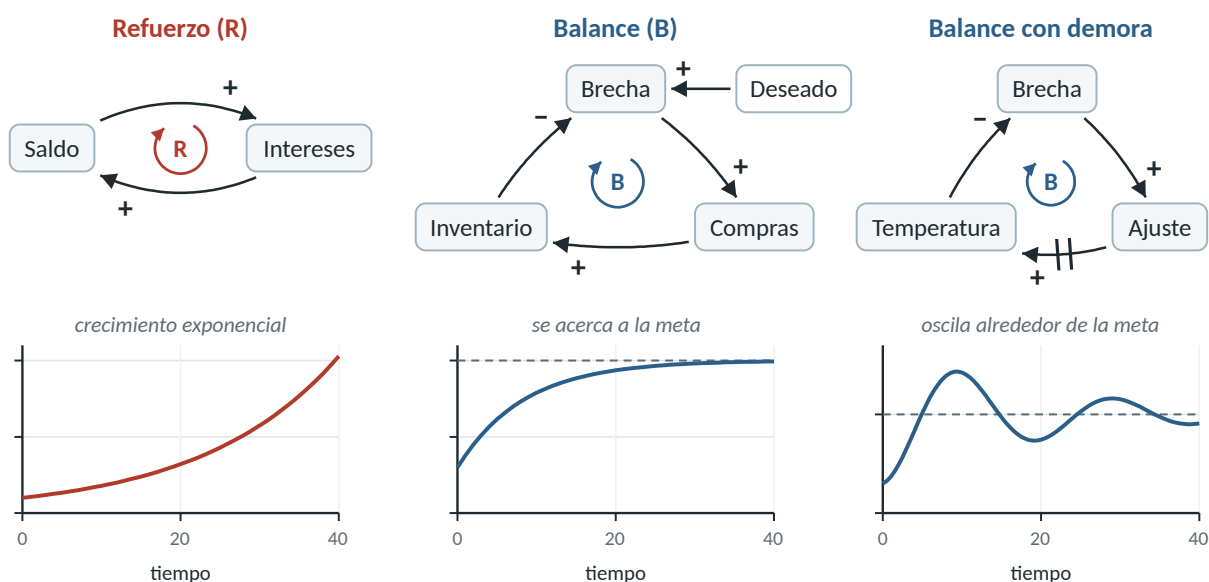


Figura 1. Los dos ciclos básicos y el efecto de una demora. Los patrones son esquemáticos.

Fuente: repaso del segundo parcial (temas 3.5, 3.7 y 3.8); 4a, p. 42.

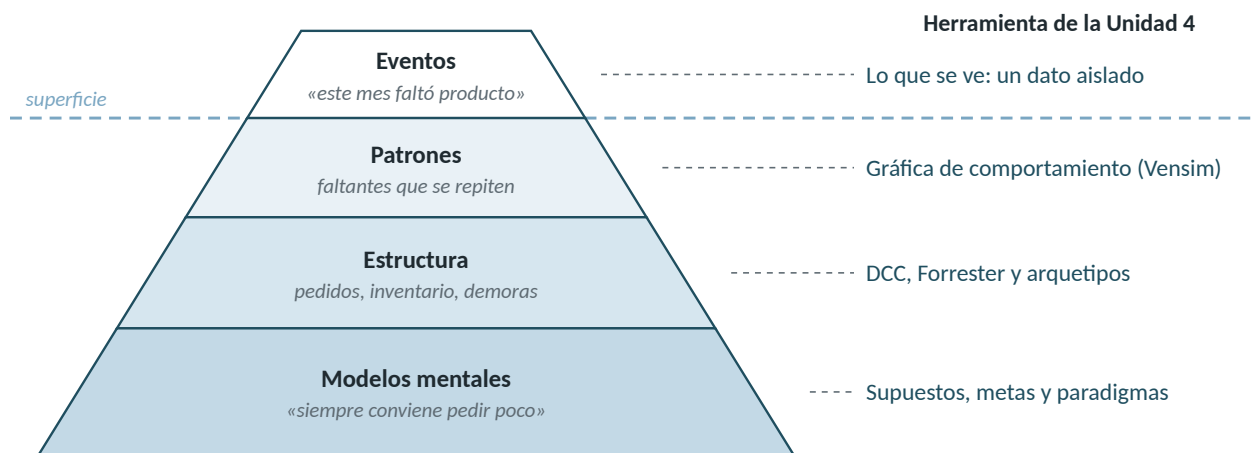


Figura 2. Iceberg del pensador sistémico y la herramienta de la Unidad 4 que trabaja en cada nivel.

Fuente: clase 4 (iceberg); 4a y 4b; ejemplo del inventario elaborado para esta guía.

4.1 Arquetipos sistémicos

ALCANCE OFICIAL • PRIORIDAD ALTA

Un **arquetipo sistémico** es una estructura causal genérica que se repite en sistemas muy distintos; la palabra significa «modelo primitivo u original» (Valentini, L-19, p. 1). Reconocerlo permite pasar del síntoma a la estructura, anticipar el comportamiento y buscar dónde intervenir. La hoja de Pegasus (L-17) y la guía de Kim y Lannon-Kim (L-18) presentan **ocho**; Valentini añade **dos**: la compensación entre proceso y demora y el desplazamiento de la carga hacia la intervención. La lámina 20 de la presentación 4b reúne los diez.

Todos se construyen con los dos ciclos básicos —refuerzo y balance— y con demoras. Refuerzo y balance no son dos arquetipos más: son las piezas con las que se arman.

Cómo diagnosticar un arquetipo

1. Describe el síntoma como patrón en el tiempo: ¿qué variable sube, baja, se estanca u oscila?
2. Identifica la acción que se toma para corregirlo y su efecto inmediato.
3. Busca efectos posteriores, laterales o de otros actores y marca las demoras.
4. Asigna signos, cuenta las negativas de cada ciclo y etiqueta R o B.
5. Compara la combinación de ciclos con la tabla y justifícala con la historia, no solo con el nombre.
6. Propón la intervención que indica el arquetipo y anticipa sus efectos laterales (hábito 11).

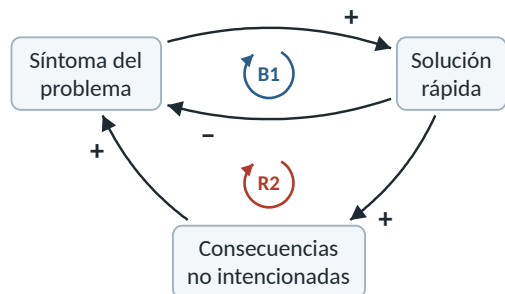
Síntesis de los siete pasos por arquetipo de Kim y Lannon-Kim (L-18) y de la clase 22 (01:25:45–01:34:49).

Los diez arquetipos de un vistazo

Arquetipo	Ciclos en el diagrama de la fuente	Síntoma típico	Intervención clave
Soluciones rápidas que fallan	B1 + R2	«Siempre funcionó antes; ¿por qué no ahora?». El problema vuelve, a veces peor.	Reconocer que la solución solo alivia el síntoma y atacar el problema fundamental.
Desplazamiento de la carga	B1 + B2 (con demora) + R1	Dependencia creciente de un parche; la capacidad de fondo se atrofia.	Concentrarse en la solución fundamental; el parche, solo para ganar tiempo.
Desplazamiento hacia la intervención (Valentini)	B1 + B2 + R1	La ayuda externa resuelve tan bien que los de adentro no aprenden.	«Enseñar a pescar»: intervención única y desarrollo de capacidades propias.
Límites del crecimiento	R1 + B2	El crecimiento se frena aunque se aumente el esfuerzo.	No presionar el refuerzo: debilitar o quitar la restricción.
Crecimiento y subinversión	R1 + B2 + B3 (con demora)	El desempeño cae y se usa la caída de la demanda para no invertir.	Invertir en capacidad anticipada y sostener los estándares.
Erosión de metas	B1 (con demora) + B2	La meta baja escalón por escalón.	Sostener la visión y anclar la meta a una referencia externa.
Escalada	B1 + B2: juntos forman una figura de 8 que refuerza	Cada respuesta «defensiva» provoca la siguiente.	Buscar que ambos ganen; un gesto unilateral que reduzca la amenaza.
Éxito para quien tiene éxito	R1 + R2	Uno prospera y el otro se estanca, con igual capacidad.	Metas que abarquen a ambos; separar los recursos; colaborar.
Tragedia de los comunes	R1 + R2 + B3 + B4 (con demora)	«Había para todos; ahora hay que trabajar más por menos».	Gestionar el recurso común: educar, autorregulación y reglas acordadas.
Compensación entre proceso y demora (Valentini)	B (con demora)	Se corrige de más y se oscila alrededor de la meta.	Paciencia o acelerar la respuesta del sistema.

En el examen. Cuenta los ciclos sobre el diagrama que te den: el número depende de cómo esté dibujado. En la escalada, el refuerzo es la figura de 8 que forman los dos balances; no lo agregues como tercer ciclo independiente (L-17).

1. Soluciones rápidas que fallan



Síntoma. Un problema exige solución inmediata; la solución alivia, pero con el tiempo el síntoma vuelve a su nivel anterior o peor (L-17).

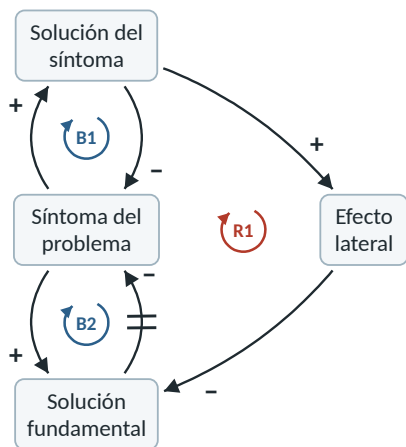
Ciclos. B1: síntoma → solución (+) → síntoma (-), una negativa. R2: síntoma → solución (+) → consecuencias no intencionadas (+) → síntoma (+), ninguna negativa; a menudo con demora (C22 00:10:32).

Intervención. Reconocer que la solución solo alivia y comprometerse con el problema real; atacar a dos fuegos, síntoma y causa (L-17). Principio: «no descuides el largo plazo» (L-19).

Ejemplos del curso. Labios agrietados que se lamen (4b, p. 6); promociones que suben las ventas pero acostumbran a comprar con descuento (4b, p. 5; C22 00:18:11-00:35:26).

Fuente: L-17; L-19, pp. 6-7; L-18 (soluciones para caída en ventas); 4b, pp. 5-7; C22 00:10:32-00:35:26.

2. Desplazamiento de la carga (adicción)



Síntoma. El problema se «resuelve» con una solución sintomática que desvía la atención de la fundamental; con el tiempo se depende cada vez más del parche (L-17).

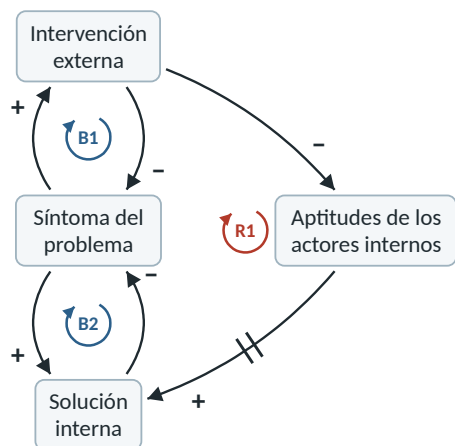
Ciclos. B1: síntoma ↔ solución del síntoma. B2: síntoma ↔ solución fundamental, con demora. R1: síntoma → solución del síntoma (+) → efecto lateral (+) → solución fundamental (-) → síntoma (-): dos negativas.

Intervención. Concentrarse en la solución fundamental; usar la sintomática solo para ganar tiempo (L-19). Si el efecto lateral ya es el problema, es una estructura de adicción.

Ejemplo del curso. El soporte técnico resuelve cada falla del usuario, que nunca aprende las opciones del programa (4b, pp. 16 y 19; C22 01:21:08-01:25:45).

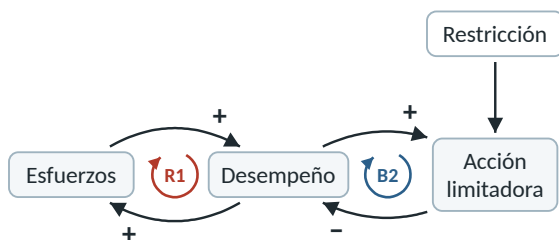
Fuente: L-17; L-19, pp. 2-3; 4b, pp. 15-19; C22 01:07:22-01:25:45.

3. Desplazamiento de la carga hacia la intervención



Fuente: L-19, p. 3; 4b, p. 20.

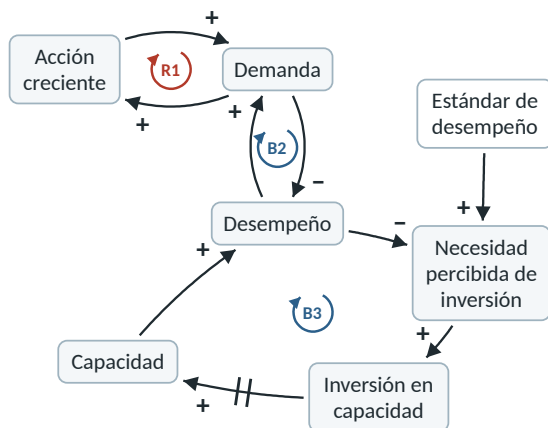
4. Límites del crecimiento



La flecha de la restricción no lleva signo en la hoja de Pegasus.

Fuente: L-17; L-19, p. 2; L-18 (límites de la capacidad de soporte técnico).

5. Crecimiento y subinversión



Fuente: L-17; L-19, p. 7; L-18 (subinversión en capacidad de servicio).

Síntoma. Una intervención externa alivia los síntomas tan bien que los integrantes del sistema nunca aprenden a resolver sus problemas (Valentini, caso especial).

Ciclos. B1: síntoma ↔ intervención externa. B2: síntoma ↔ solución interna. R1: la intervención reduce las aptitudes de los actores internos, que con demora debilitan la solución interna. Valentini lo dibuja con íconos y sin signos; los signos de la figura reproducen esos íconos.

Intervención. «Enseñar a pescar en vez de dar pescado»: intervención única y anunciada, o ayuda para desarrollar capacidad propia (L-19).

Ejemplo. Una aseguradora cuyas oficinas locales dejan de saber tasar porque siempre llaman a los gerentes centrales (L-19).

Síntoma. Los esfuerzos mejoran el desempeño (R1), pero el sistema encuentra un límite que frena o revierte el crecimiento (B2), aunque el esfuerzo siga aumentando (L-17).

Ciclos. R1: esfuerzos ↔ desempeño, sin negativas. B2: desempeño → acción limitadora (+) → desempeño (-), una negativa; la restricción alimenta la acción limitadora.

Intervención. «No presiones el proceso reforzador; elimina o debilita el factor limitativo» (L-19). Pregunta qué presiones genera el crecimiento antes de que exploten.

Ejemplos. Aprender tenis hasta topar con la aptitud natural; una ciudad que crece hasta agotar sus tierras (L-19).

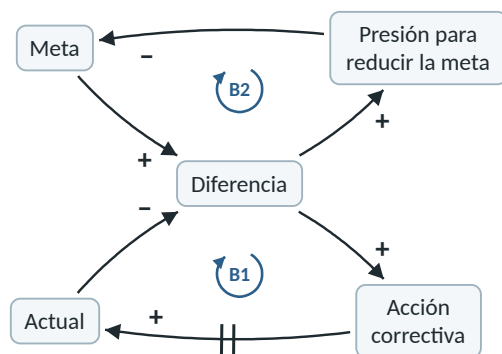
Síntoma. El crecimiento se acerca a un límite que podría superarse invirtiendo en capacidad; en cambio, se bajan los estándares y el menor desempeño «justifica» no invertir (L-17).

Ciclos. R1: acción creciente ↔ demanda. B2: demanda → desempeño (-) → demanda (+). B3: desempeño → necesidad percibida de inversión (-) → inversión (+) → capacidad (+, con demora) → desempeño (+).

Intervención. Si hay potencial real, construir capacidad anticipándose a la demanda; decidir con señales externas, no con el desempeño pasado (L-17, L-18).

Ejemplo. People Express no amplió su capacidad de servicio al ritmo de su demanda (L-19).

6. Erosión de metas



Síntoma. La diferencia entre la meta y la realidad se cierra con acciones correctivas (B1, lentas) o bajando la meta (B2, inmediato). Los indicadores caen sin que nadie lo decida (L-17).

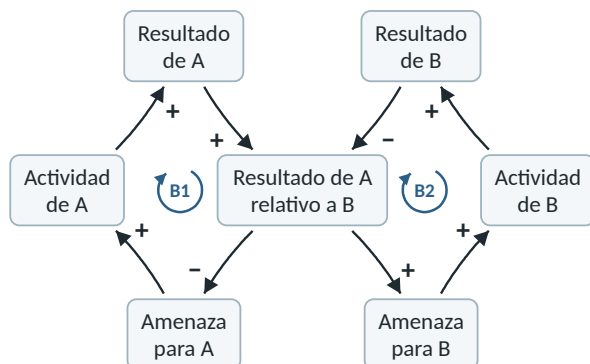
Ciclos. B1: diferencia → acción correctiva (+) → actual (+, demora) → diferencia (-). B2: meta → diferencia (+) → presión para reducir la meta (+) → meta (-). Ninguno es R, aunque el resultado empeore.

Intervención. «Sostén la visión» (L-19); anclar la meta a una referencia externa y revisar cómo se fijan las metas (L-17).

Ejemplo. Una fábrica que alarga el plazo prometido cada vez que se atrasa y pierde clientes (L-19).

Fuente: L-17; L-19, p. 4; L-18 (erosión de los estándares de calidad).

7. Escalada



Síntoma. Una parte percibe como amenaza las acciones de la otra y responde de forma similar; la amenaza crece para ambas (L-17).

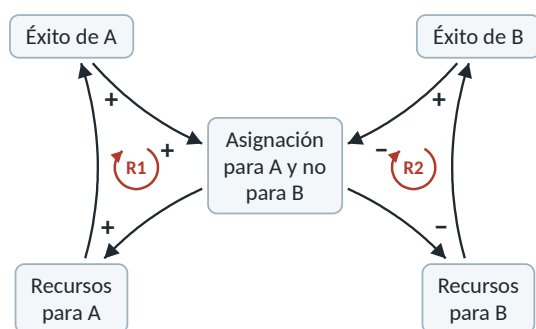
Ciclos. B1 y B2: cada parte busca recuperar su ventaja respecto del resultado relativo. Recorridos juntos forman una figura de 8 que se refuerza.

Intervención. Buscar que ambas partes ganen; un acto «agresivamente pacífico» puede revertir la espiral; cambiar la medida relativa que las enfrenta y revisar las demoras que distorsionan la amenaza (L-17, L-19).

Ejemplos. Guerra de precios entre dos fabricantes de cochecitos (L-19); descuentos cada vez mayores entre dos empresas.

Fuente: L-17; L-19, pp. 4-5; L-18 (escalada de promoción de viajeros frecuentes).

8. Éxito para quien tiene éxito



Síntoma. Si A recibe más recursos que B, aun siendo igual de capaces, A tiene más éxito, lo que justifica darle más (R1); B, con menos, rinde menos (R2) (L-17).

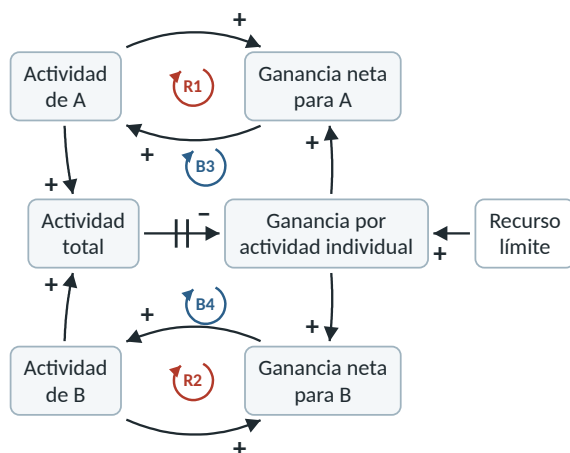
Ciclos. R1: asignación → recursos para A (+) → éxito de A (+) → asignación (+). R2: asignación → recursos para B (-) → éxito de B (+) → asignación (-): dos negativas.

Intervención. Metas que definan el éxito por encima de A y B; romper el vínculo que los hace competir por el mismo recurso; colaboración (L-17, L-19).

Ejemplos. El protegido favorecido de un gerente; el trabajo que le gana horas a la familia (L-19).

Fuente: L-17; L-19, p. 5; L-18 (éxito del teclado QWERTY).

9. Tragedia de los comunes



Síntoma. Cada actor aumenta una actividad que le beneficia (R1 y R2); cuando la actividad total supera lo que soporta el recurso, todos reciben menos (B3 y B4) (L-17).

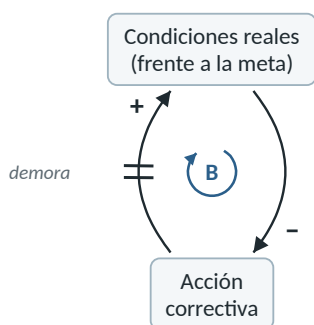
Ciclos. R1 y R2: actividad $\leftrightarrow$ ganancia de cada actor. B3 y B4: actividad $\rightarrow$ actividad total (+) $\rightarrow$ ganancia por actividad individual (-, demora) $\rightarrow$ ganancia del actor (+) $\rightarrow$ actividad (+).

Intervención. Las soluciones nunca están en el nivel individual: educar, autorregulación, reglas acordadas por los participantes, hacer visible la pérdida colectiva (L-17, L-19).

Ejemplos. Un recurso natural sobreexplotado; una fuerza de ventas compartida por varias divisiones (L-19); video de TED-Ed recomendado en C22.

Fuente: L-17; L-19, p. 6; L-18 (sobrecargando el alternador); C22 01:25:45–01:34:49.

10. Compensación entre proceso y demora



Síntoma. Se actúa hacia una meta con información demorada; si no se reconoce la demora, se toman más acciones de las necesarias o se abandona por no ver progreso (L-19, p. 1).

Ciclo. Un solo B con demora: las condiciones reales frente a la meta determinan la acción correctiva, que mejora las condiciones tarde.

Intervención. «En un sistema lento, la agresividad produce inestabilidad»: paciencia o lograr que el sistema responda más rápido (L-19).

Ejemplos. La ducha que tarda en calentarse; constructoras que siguen edificando cuando el mercado ya está saturado (L-19).

Fuente: L-19, p. 1; 4b, p. 20.

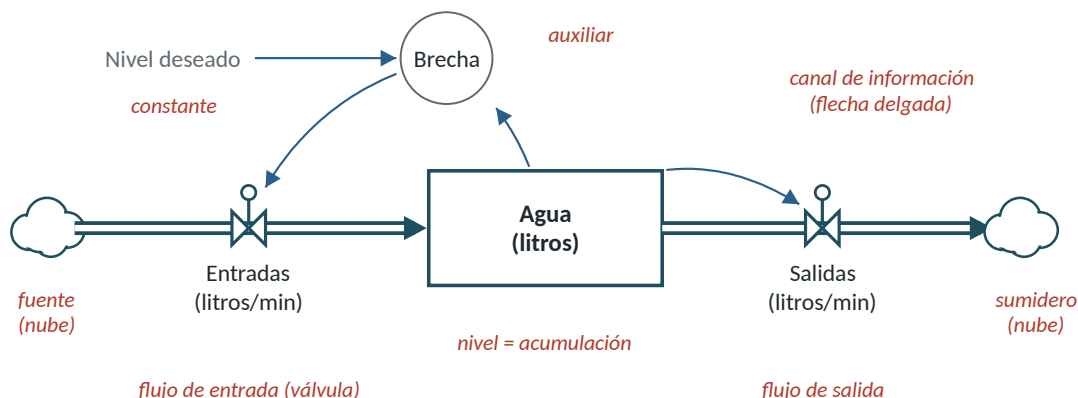
Pares que se confunden

Si dudas entre...	Pregúntate
Soluciones rápidas que fallan y desplazamiento de la carga	¿La propia solución produce consecuencias que agravan el síntoma (R2)? Soluciones rápidas. ¿Existe una solución fundamental que se debilita por usar el parche (R1 pasa por ella)? Desplazamiento.
Límites del crecimiento y crecimiento y subinversión	¿El límite es capacidad que se podría ampliar invirtiendo, con una demora y un estándar que se baja? Subinversión. Si el límite es una restricción dada, límites del crecimiento.
Erosión de metas y desplazamiento de la carga	La erosión es un desplazamiento cuyo «parche» es bajar la meta (L-19, p. 4).
Éxito para quien tiene éxito y tragedia de los comunes	¿Lo que gana uno lo pierde el otro (asignación excluyente)? Éxito. ¿Todos usan un mismo recurso que se satura? Tragedia.

4.2 Acumulaciones, tasas de cambio, flujos y niveles

ALCANCE OFICIAL • PRIORIDAD ALTA

El hábito 12 del póster, «**presta atención a las acumulaciones y sus tasas de cambio**», abre la presentación 4a. Una **acumulación** (nivel, *stock* o variable de estado) es lo que se acumula y puede medirse en un instante: agua en una bañera, dinero en el banco, estudiantes matriculados, libros pendientes, incluso confianza. Las acumulaciones «son los sustantivos de los sistemas» (4a, p. 7). La **tasa de cambio** que las modifica se llama **flujo**: la entrada aumenta el nivel y la salida lo disminuye (4a, p. 6).



Las tuberías transportan lo que se acumula; las flechas delgadas solo llevan información.

Figura 3. Notación de Forrester con el ejemplo del agua almacenada.

Fuente: 4a, pp. 6, 9 y 28; ejemplo elaborado para esta guía.

Elemento	Símbolo	Pregunta para reconocerlo	Unidades (ejemplo)
Nivel (acumulación, variable de estado)	Rectángulo	¿Qué cantidad existe en este instante? Si el tiempo se detiene, sigue ahí.	litros, personas, libros, \$
Flujo (tasa de cambio)	Tubería con válvula	¿Qué aumenta o disminuye esa cantidad por unidad de tiempo?	litros/min, personas/semana, \$/mes
Auxiliar	Nombre (círculo opcional)	¿Qué se calcula a partir de otras variables para obtener un flujo?	las que resulten (brecha en libros)
Constante o parámetro	Nombre	¿Qué valor se fija para una corrida?	1/mes, personas, adimensional
Nube (fuente o sumidero)	Nube	¿De dónde viene o adónde va lo que cruza la frontera del modelo?	—
Canal de información	Flecha delgada	¿Qué dato necesita una ecuación? No transporta material.	—

Dos definiciones de la evaluación corta 3: los flujos «**son los responsables de la acumulación**» y «**son determinados por los niveles**»; la nube es «una fuente o un sumidero de material que puede interpretarse como un nivel que no es importante para el modelador y es prácticamente inagotable». En cambio, «caracterizan el estado de un sistema» y «tienen un nivel que los define en cada instante» describen a los niveles, no a los flujos.

Ecuaciones del nivel

$$\frac{dN}{dt} = Entradas(t) - Salidas(t) \quad [\text{unidades del nivel} / \text{tiempo}]$$

$$N(t) = N(t_0) + \int [Entradas(\tau) - Salidas(\tau)] d\tau \quad [\text{unidades del nivel}]$$

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta t \cdot [Entradas(t) - Salidas(t)] \quad [\text{Euler: lo que calcula Vensim en cada paso}]$$

La primera dice que el nivel cambia según el **flujo neto**; la segunda, que el nivel es la acumulación de ese flujo desde el valor inicial (4a, p. 26); la tercera es el cálculo por pasos de Euler, con paso Δt (en Vensim, TIME STEP). Las unidades deben ser coherentes: si el nivel está en u , los flujos van en u/tiempo y Δt en la misma unidad de tiempo (4a, p. 18: kg y kg/s; litros y litros/min). En Vensim el nivel se escribe con INTEG:

```

Agua = INTEG(Entradas - Salidas, 100)    ~ litros
Entradas = 12                            ~ litros/min
Salidas = 15                             ~ litros/min

```

Ejemplos resueltos

Agua. Con 100 litros, entrada de 12 y salida de 15 litros/min constantes: $N(4) = 100 + 4 \times (12 - 15) = 88$ litros; el nivel baja en línea recta porque el flujo neto es constante (-3 litros/min).

Cuenta de ahorro (evaluación corta 3, pregunta 10). Saldo inicial Q100, depósitos de Q100/mes y gastos de Q50/mes: $d\text{Saldo}/dt = 100 - 50 = 50$ Q/mes, así que $\text{Saldo}(t) = 100 + 50t$: patrón **lineal creciente**.

Matrícula escolar (4a, p. 8). La escuela atrae inscripciones, pero no retiene a sus estudiantes: si se presta atención solo al flujo de entrada y no al de salida, el nivel de matrícula decrece. El mismo análisis sirve para acumulaciones intangibles como la confianza.

Clave. Un nivel con entradas y salidas **iguales y distintas de cero** se mantiene constante: hay movimiento aunque el nivel no cambie (equilibrio dinámico; C21 00:22:42). Cerrar una entrada no garantiza que el nivel baje si no hay salida (bebedero de aves, C18 01:28:31).

Error frecuente. Confundir cuánto hay (nivel) con qué tan rápido cambia (flujo); sumar un nivel con un flujo; escribir un flujo sin «por unidad de tiempo»; tratar la nube como una variable del modelo.

Fuente: 4a, pp. 3–9, 18 y 26; C18 01:12:57–01:42:06; evaluación corta 3, preguntas 3, 5 y 10.

4.3 De los diagramas de ciclos causales a los de flujos y niveles

ALCANCE OFICIAL · PRIORIDAD ALTA

El diagrama causal muestra influencias y ciclos; el de Forrester (de flujos y niveles) añade **qué se acumula, qué lo cambia y con qué ecuación**. Una **flecha causal no se convierte automáticamente en una tubería**: primero se clasifica cada variable como nivel, flujo, auxiliar o constante (4a, p. 11).

Reglas de la presentación (4a, p. 18)

- Las variables que llegan con una flecha a un nivel son **flujos**.
- Si esa relación es **positiva**, es un flujo de **entrada**; si es **negativa**, de **salida**.
- Si el nivel Y se mide en u , los flujos X y Z se miden en u/tiempo , y $dY/dt = X - Z$.

Procedimiento paso a paso

1. Define propósito, frontera, horizonte y unidad de tiempo: ¿qué pregunta debe responder el modelo?
2. Marca los **niveles**: lo que podrías medir si «congelas» el tiempo (infectados, libros pendientes, saldo, casas con teléfono).
3. Marca los **flujos**: lo que cambia esos niveles por unidad de tiempo (contagios por semana, compras por mes).
4. Clasifica el resto como **auxiliares** (cálculos: brecha, vulnerables) o **constantes** (tasas, metas, totales).

5. Dibuja tuberías solo donde se mueve lo que se acumula; si algo pasa de un nivel a otro, un mismo flujo sale de uno y entra al otro.
6. Dibuja una flecha de información por cada variable que use una ecuación. En la clase 19 faltaba conectar PI con el contagio y hubo que corregirlo (C19 00:51:48).
7. Pon nubes donde el material viene de fuera o sale de la frontera.
8. Escribe ecuaciones, valores iniciales y unidades; comprueba que los ciclos y signos del diagrama causal sigan presentes.

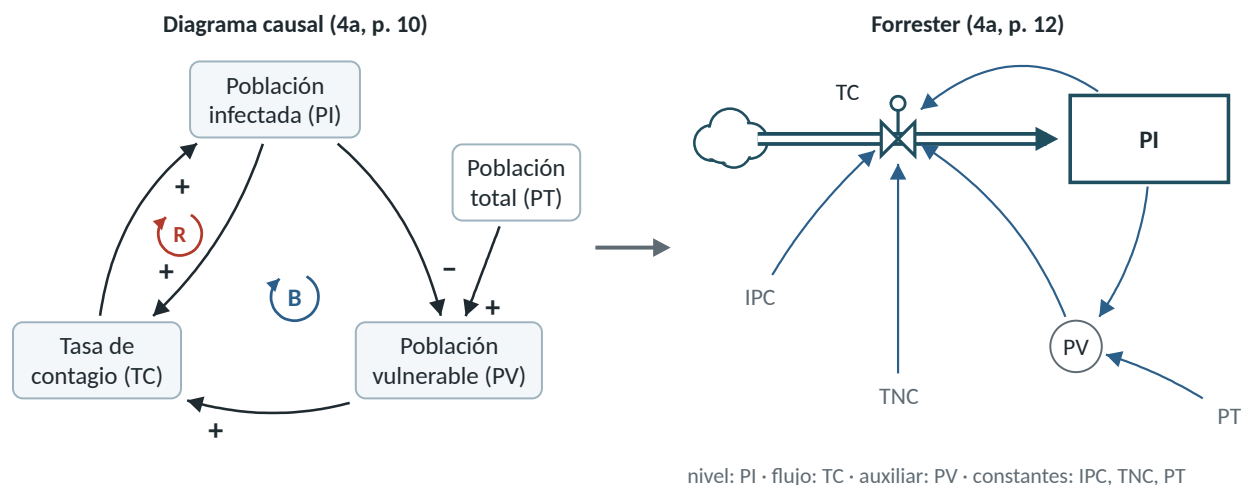


Figura 4. Conversión del modelo de epidemia. R: infectados → contagio → infectados (sin negativas); B: infectados → vulnerables (-) → contagio (+) → infectados (+), una negativa.

Fuente: Aracil (L-15), pp. 36–41 impresas; 4a, pp. 10–12; C19 00:12:36–00:36:25.

Por qué cada clasificación. PI es nivel porque acumula personas; TC es flujo porque su significado es la variación de PI por unidad de tiempo ($\frac{dX}{dt} \rightarrow X$); PV es **auxiliar** porque es un paso intermedio para calcular TC ($PV = PT - PI$); IPC, TNC y PT son constantes; la nube representa una fuente que no interesa describir (4a, p. 12). La clasificación depende del propósito y de las ecuaciones: en otro modelo los vulnerables podrían ser un nivel con su propio flujo (C19 00:19:44–00:32:08).

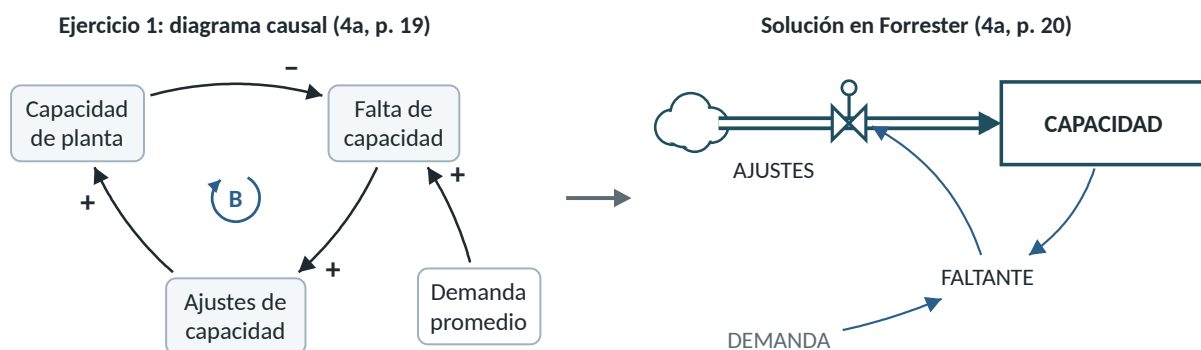


Figura 5. Ejercicio 1 de conversión: la capacidad se acumula y los ajustes la cambian según el faltante.

Fuente: 4a, pp. 19–20.

Clasificación en los casos del curso

Caso	Niveles	Flujos	Auxiliares	Constantes
Epidemia (4a, pp. 10–13)	PI [personas]	TC [personas/semana]	PV	IPC, TNC, PT
Capacidad (4a, pp. 19–20)	Capacidad	Ajustes	Faltante	Demanda
Cientes (4a, p. 18)	Cientes potenciales, clientes actuales	Ventas: sale de un nivel y entra al otro	—	—

Caso	Niveles	Flujos	Auxiliares	Constantes
Huevos y gallinas (4a, pp. 22 y 32)	Huevos, gallinas	Puesta, eclosión, muertes	Cruces de carretera	—
Francisco (C20)	Libros pendientes [libros]	Compras, lectura [libros/mes]	Brecha	Objetivo, fracciones
Préstamo (4a, p. 34)	Saldo [\$]	Intereses [\$ /mes]	—	Tasa de interés [1/mes]
Teléfonos (4a, p. 37)	Casas con teléfono	Instalaciones [casas/mes]	Casas sin teléfono	Tasa, total de casas

Antes de convertir. Lineamientos de Kim para dibujar el diagrama causal antes de convertir: usa sustantivos y cantidades que puedan variar; nombra las variables en sentido positivo; haz explícito el objetivo de cada ciclo de balance; distingue lo percibido de lo real; agrega una variable intermedia si una flecha necesita mucha explicación; dibuja más grandes los ciclos más lentos.

Error frecuente. Convertir cada flecha en tubería; conectar con una tubería niveles de unidades distintas; olvidar las flechas de información que exige una ecuación; olvidar las nubes; dejar un flujo sin unidad de tiempo; perder en el Forrester un ciclo que estaba en el diagrama causal.

Fuente: 4a, pp. 10–22 y 31–32; Kim, «Lineamientos para dibujar diagramas de ciclos causales»; C19 00:12:36–01:03:48; C21 00:22:42–00:42:40; video de Eleazar Puente recomendado para 4.3.

4.4 Modelación y simulación con Vensim

ALCANCE OFICIAL · PRIORIDAD ALTA PARA EL SÁBADO, MEDIA PARA EL JUEVES

Un **modelo de simulación dinámica** es un diagrama de Forrester con ecuaciones, valores iniciales y una configuración temporal. Vensim integra los niveles paso a paso y genera las trayectorias de todas las variables; así se estudia «qué pasaría si...» sin intervenir el sistema real (4a, pp. 24–26 y 36). En el estudio de un comportamiento problemático primero hay que **asociarle una estructura que lo genere** (4a, p. 24).

Fases de la construcción de un modelo

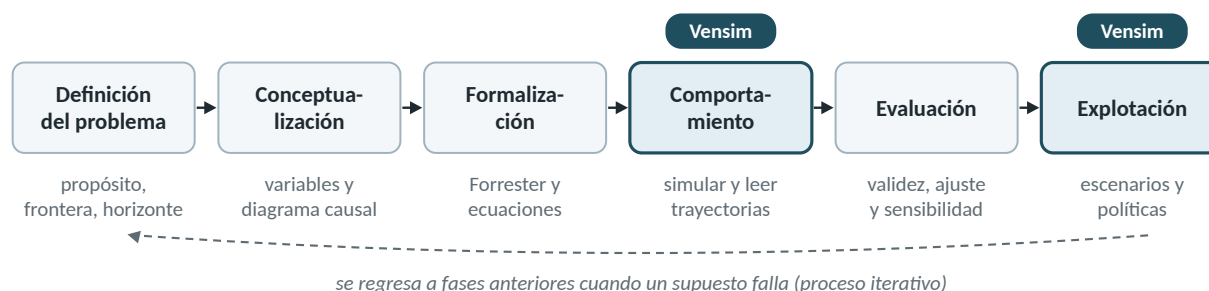


Figura 6. Fases del modelado según Aracil (4a, p. 27). Vensim se usa para simular en las fases de comportamiento y de explotación.

Fuente: Aracil (L-15), pp. 58–60 impresas; 4a, pp. 17 y 27; evaluación corta 3, pregunta 6.

Fase	Qué se hace	Producto
Definición del problema	Precisar el problema y si conviene describirlo con elementos que cambian en el tiempo.	Pregunta, frontera y horizonte
Conceptualización	Definir elementos e influencias.	Diagrama de influencias (causal)

Fase	Qué se hace	Producto
Formalización	Convertir a Forrester y escribir las ecuaciones.	Modelo programado
Comportamiento	Simular en computadora para obtener las trayectorias.	Gráficas y tablas
Evaluación	Probar validez y calidad: consistencia de hipótesis, ajuste a datos reales, sensibilidad a parámetros.	Confianza en el modelo
Explotación	Simular escenarios para analizar políticas alternativas.	Decisión fundamentada

El proceso es **iterativo**: al terminar una fase puede ser necesario volver a una anterior para revisar supuestos (Aracil, p. 60).

Componentes de un modelo (4a, pp. 28 y 60)

Variable de estado (nivel), flujos de entrada y de salida, fuente y sumidero, variables auxiliares, canales de información, parámetros y variables exógenas. El ejemplo de la presentación es una población con recursos limitados:

```
Poblacion = INTEG((Nacimientos - Muertes) * Coef Carga, 60) ~ individuos
Nacimientos = Tasa Natalidad * Poblacion ~ individuos/año
Muertes = Tasa Mortalidad * Poblacion ~ individuos/año
Coef Carga = (K - Poblacion) / K ~ adimensional
Tasa Natalidad = 0.085 Tasa Mortalidad = 0.035 K = 6000
```

Es un crecimiento con límite: el flujo neto es $0.05 \times P \times (1 - P/6000)$ y produce una **curva en S** hacia la capacidad de carga. Con Euler de paso 1, la población pasa de 60 a 626 en el periodo 50, cruza 3,000 en el periodo 94 y llega a 5,974 en el 200. La presentación no fija la unidad de tiempo; se usa «año» como ejemplo.

Usos y tipos de modelado

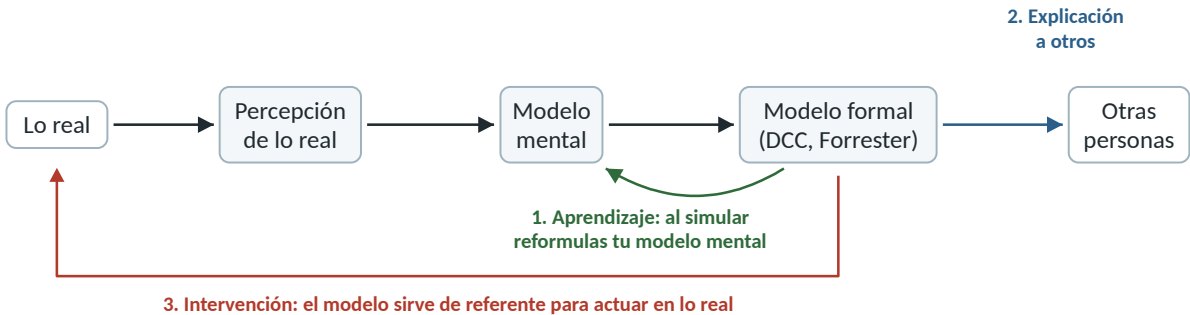


Figura 7. Los tres usos del modelado: aprendizaje, explicación e intervención.
Fuente: 4a, pp. 38-40; C24 00:31:30-00:43:41.

Según su uso (4a, pp. 38-40)	Según su tipo (4a, pp. 57-59)
Aprendizaje: la percepción de lo real se vuelve modelo mental y luego modelo formal; al simular, el modelador reformula su modelo mental.	Réplica: teoría y matemáticas aportan al proceso de modelado; la toma de datos permite validar y actuar sobre la realidad intervenida.
Explicación: el modelo formal sirve para dar cuenta a otros de la propia comprensión y recibir sus observaciones.	Reconstrucción: añade un ciclo de aprendizaje que reconstruye y mejora el modelo con lo observado.
Intervención: el modelo es referente para decidir y actuar en lo real, después de prever impactos y consecuencias (como elegir banco en el caso del préstamo).	Construcción: incorpora un proceso de investigación y confronta las teorías; la realidad inspiradora y la intervenida coinciden y se modela una perspectiva de la realidad (C24 00:50:56-00:54:02).

Ventajas de la simulación dinámica: sirve cuando no hay una solución analítica, permite experimentar antes de construir o cuando experimentar es imposible o poco ético, y comprime en segundos sistemas que cambian lentamente. **Inconvenientes:** costo y tiempo de elaboración, el riesgo de omitir una variable importante y la dificultad de conocer la imprecisión de los resultados (4a, p. 29).

Receta para la práctica en Vensim PLE

1. Abre un modelo nuevo y define en *Model* › *Settings* (en español, Modelo › Ajustes): INITIAL TIME, FINAL TIME, TIME STEP, unidad de tiempo e integración Euler.
2. Dibuja niveles (*Level*), flujos (*Rate*), auxiliares y constantes (*Variable*) y flechas (*Arrow*). Los círculos de los auxiliares son opcionales (C19 01:03:48).
3. Escribe cada ecuación con la herramienta de ecuaciones e indica sus unidades; cada nivel necesita su valor inicial dentro de INTEG.
4. Ejecuta *Check Model* y *Units Check*; corrige antes de interpretar.
5. Nombra la corrida (por ejemplo, «Banco1»), simula y abre gráfica y tabla. Cada corrida queda guardada como archivo de resultados (.vdfx).
6. Cambia un parámetro, guarda otra corrida con otro nombre y compara ambas en la misma gráfica.
7. Copia al informe pantallas, gráficas o tablas y escribe la interpretación que responde la pregunta.

Configuración temporal de los casos

Caso	Unidad	Inicio-fin	TIME STEP	Comentario
Epidemia, presentación	semana	0-40	0.25	Programa DYNAMO de Aracil: dt = 0.25, length = 40 (4a, p. 13).
Epidemia, clase 20	semana	0-25	1	Otra configuración: no mezcles sus cifras con las de la presentación.
Francisco	mes	0-20	1	Euler mensual, como en clase.
Préstamos	mes	0-12 y 0-24	1	Con paso de un mes los intereses se capitalizan cada mes.
Teléfonos	mes	0-150	1	Declara el criterio para decir «todas las casas».

Validación. Validar es más que lograr que el modelo corra. Comprueba que cuenta la historia del enunciado, que las unidades son coherentes, que los valores iniciales son correctos, que responde de forma plausible en casos extremos y que sus parámetros representan el sistema: con valores inventados la corrida de la clase 19 se desbordó (C19 01:18:19-01:28:40; C20 00:35:17-00:51:13). Teoría, matemáticas y datos observados aportan al modelado; una tasa constante es una simplificación (C24 00:43:41-00:50:56).

Para el sábado. Para el informe del sábado incluye: problema y supuestos; diagrama causal (opcional) y de Forrester; ecuaciones con unidades; ajustes de tiempo; una corrida con nombre por escenario; gráficas o tablas; respuesta e interpretación. Se califica el procedimiento (C24 01:14:49-01:15:55).

4.5 Ejemplos de simulación del curso

ALCANCE OFICIAL · PRIORIDAD ALTA

Cuatro casos con datos, ecuaciones, unidades y cálculos verificados, precedidos por los patrones de la presentación. En todos se usa Euler: cada paso multiplica el flujo neto por Δt y lo suma al nivel. Las cifras se redondean solo al final.

Patrones de comportamiento de la presentación 4a

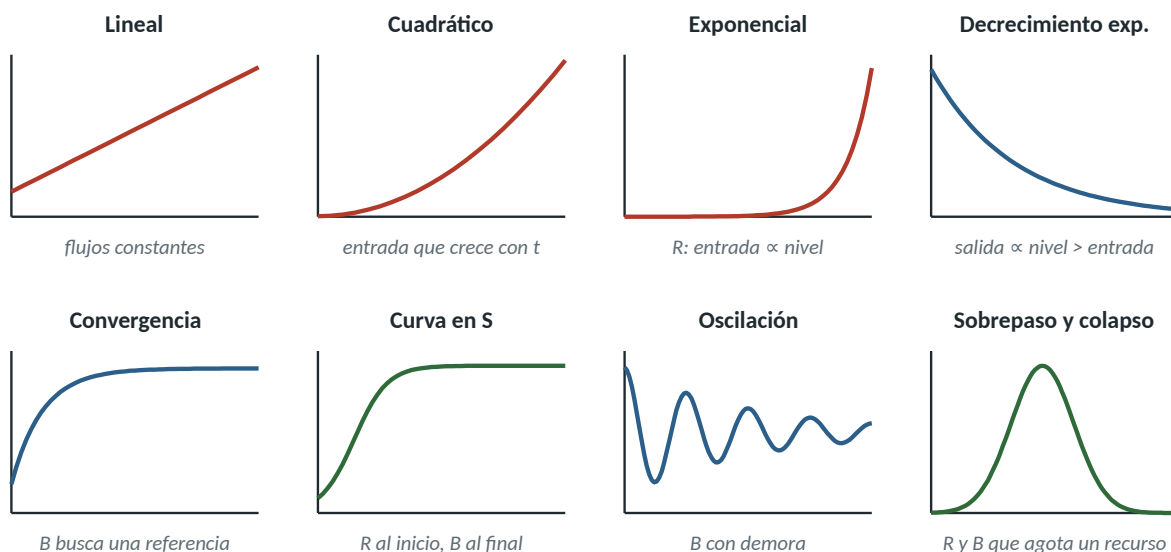


Figura 8. Patrones habituales de la presentación 4a y la estructura que los genera; los seis últimos aparecen en la figura de Sterman de la p. 42. Fuente: 4a, pp. 42–52; videos de la Universidad de Valladolid recomendados en C21.

Los casos de las páginas 43 a 52 tienen un nivel inicial de 1000 unidades, tiempo en horas y distintas reglas para la entrada y la salida. La tabla da la solución correcta; donde la lámina tiene errata se indica en la Parte C.

Caso (página)	Reglas	Solución exacta	Dato verificado
Crecimiento simple (43)	$E = 100; S = 50$	$S(t) = 1000 + 50t$	$S(100) = 6,000$
Crecimiento cuadrático (44)	$E = 50t + 50; S = 50$	$S(t) = 1000 + 25t^2$	$S(100) = 251,000$ (Euler: 248,500)
Con retroalimentación (45–46)	$E = 0.1S; S = 50$	$S(t) = 500 + 500e^{0.1t}$	$S(10) = 1,859.14$ (Euler: 1,796.87)
Doble retroalimentación (47–48)	$E = 0.11S; S = 0.1S$	$S(t) = 1000e^{0.01t}$	Se duplica a las 69.31 h; $\times 10$ a las 230.26 h (Euler: 70 y 232)
Decrecimiento (49)	$E = 0.1S; S = 0.11S$	$S(t) = 1000e^{-0.01t}$	Mitad a las 69.31 h; décima parte a las 230.26 h (Euler: 69 y 230)
Convergencia con referencia de entrada (50)	Error = $5000 - S$; $E = 0.2 \cdot \text{Error}$ si Error > 0; $S = 0.1S$	Equilibrio $S_{eq} = 0.2 \cdot 5000 / 0.3$	$S_{eq} = 3,333.33$; $S(20) = 3,327.55$
Convergencia con entrada y salida (51)	$E = 0.1 \cdot \text{Error}$ si Error > 0; $S = 0.1(S - 5000)$ si $S > 5000$	$S(t) = 5000 - 4000e^{-0.1t}$	$S(40) = 4,926.74$
Convergencia a un valor inferior (52)	Referencia 500; $S = 0.1(S - 500)$	$S(t) = 500 + 500e^{-0.1t}$	$S(50) = 503.37$

Formas que conviene reconocer

$$dN/dt = rN \Rightarrow N(t) = N(0) \cdot e^{rt}, \quad t_2 = \ln 2 / r \quad [r \text{ en } 1/\text{tiempo}]$$

$$dN/dt = k(M - N) \Rightarrow N(t) = M + [N(0) - M] \cdot e^{-kt} \quad [k \text{ en } 1/\text{tiempo}]$$

$$dN/dt = rN - c \Rightarrow N(t) = c/r + [N(0) - c/r] \cdot e^{rt} \quad [c \text{ en unidades/tiempo}]$$

$$a(M - N_{eq}) = bN_{eq} \Rightarrow N_{eq} = aM / (a + b) \quad [\text{equilibrio de entrada hacia una meta y salida proporcional}]$$

Con Euler, el crecimiento proporcional es geométrico: $N_{n+1} = (1 + r\Delta t) N_n$. Por eso el primer registro que duplica el nivel con $r = 0.01$ por hora y paso de 1 hora es el 70, aunque la solución continua dé 69.31 horas. La última ecuación da el equilibrio de Francisco, del ejercicio 4 y de la página 50: el equilibrio **no** es la meta M cuando además hay una salida.

Epidemia

Enunciado. Una población de 100 personas con 10 infectadas al inicio; la tasa de contagio crece con los infectados y con los vulnerables. El modelo es de Aracil (L-15) y aparece en la presentación 4a (pp. 10-13); se construyó en Vensim en las clases 19 y 20.

PI = INTEG(TC, 10)	~ personas	población infectada (nivel)
TC = IPC * TNC * PI * PV	~ personas/semana	tasa de contagio (flujo)
PV = PT - PI	~ personas	población vulnerable (auxiliar)
PT = 100	~ personas	población total
IPC = 0.15	~ adimensional	infecciones por contagio
TNC = 0.025	~ 1/(persona*semana)	tasa normal de contagio

Unidades. [adimensional] $\times$ [1/(persona-semana)] $\times$ [personas] $\times$ [personas] = personas/semana, como debe tener un flujo de un nivel en personas. El curso no fija las unidades de IPC y TNC; esta es una asignación coherente (otra válida: IPC en 1/semana y TNC en 1/persona). El tiempo en semanas es el que usó la clase 20.

Primer paso, a mano. $PV(0) = 100 - 10 = 90$ personas; $TC(0) = 0.15 \times 0.025 \times 10 \times 90 = 3.375$ personas/semana; con $\Delta t = 0.25$, $PI(0.25) = 10 + 0.25 \times 3.375 = 10.84375$ personas.

t (semanas)	PI (personas)	PV (personas)	TC (personas/semana)
0.00	10.00000	90.00000	3.37500
0.25	10.84375	89.15625	3.62546
0.50	11.75011	88.24989	3.88855
0.75	12.72225	87.27775	4.16389
1.00	13.76322	86.23678	4.45086

Con la configuración de la clase 20 ($\Delta t = 1$, horizonte 25): $10 \rightarrow 13.375 \rightarrow 17.720 \rightarrow 23.187 \rightarrow 29.866$; en clase se leyó «13, 17, 23, 29» (C20 00:47:57–00:48:10). Las dos configuraciones dan curvas parecidas pero cifras distintas: indica siempre cuál usas.

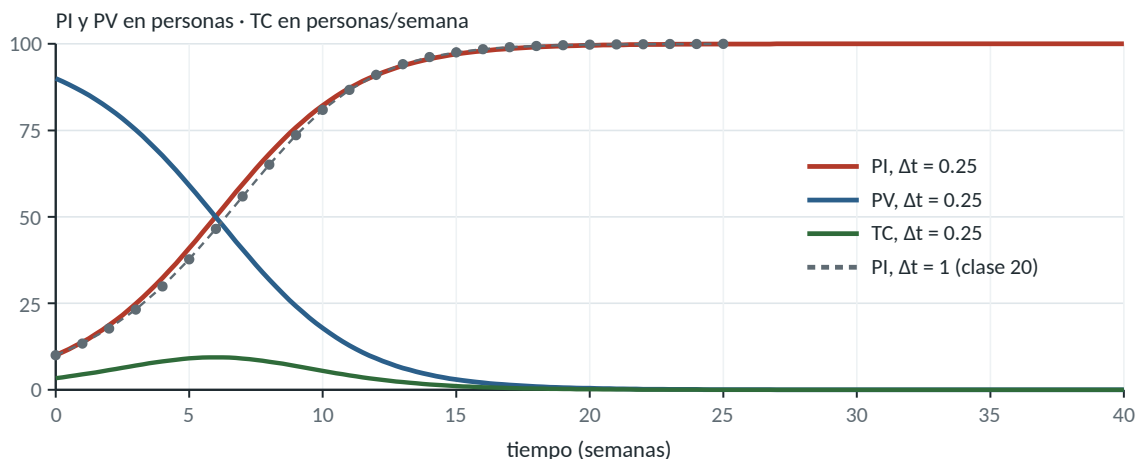


Figura 9. Trayectorias de la epidemia. PI sigue una curva en S hacia 100; TC sube y luego baja; PV decrece.

Fuente: cálculo propio con los valores de 4a, p. 13 (DYNAMO: dt = 0.25, length = 40) y de C20 ($\Delta t = 1$).

Interpretación. Al inicio domina el ciclo R: más infectados producen más contagios. Después domina el B: cada nuevo infectado deja menos vulnerables. TC es máxima cuando $PI = PV = 50$: $0.00375 \times 50 \times 50 = 9.375$ **personas/semana**, hacia la semana 5.86 en la solución continua (con $\Delta t = 0.25$, PI cruza 50 en la semana 6). Al final TC disminuye aunque PI sea alta porque quedan pocos vulnerables. Matemáticamente es una logística: $PI(t) = 100 / (1 + 9e^{-0.375t})$. El modelo no incluye recuperaciones ni muertes.

Errata. En 4a, p. 10, R1 a R4 nombran **relaciones**, no ciclos: el diagrama tiene un R y un B. En la p. 13 el listado escribe «tcn» por TNC y la leyenda de la gráfica dice PS y PA: identifica las curvas por su forma (S creciente, PI; decreciente, PV; campana, TC).

Francisco y sus libros pendientes

Enunciado («Modelando un sistema para simulación - Ejercicio 1»; captura 14 de C19, resuelto en C20). El tío Midas quiere que Francisco tenga siempre **15 libros sin leer**; compra los libros de su lista, pero a menudo solo encuentra el **75 %**. Francisco lee **la mitad** de sus libros pendientes cada mes. Al inicio tiene **20**. Preguntas: con cuántos libros sin leer se queda cada mes después del tercer mes y cuántos lee cada mes después del tercer mes.

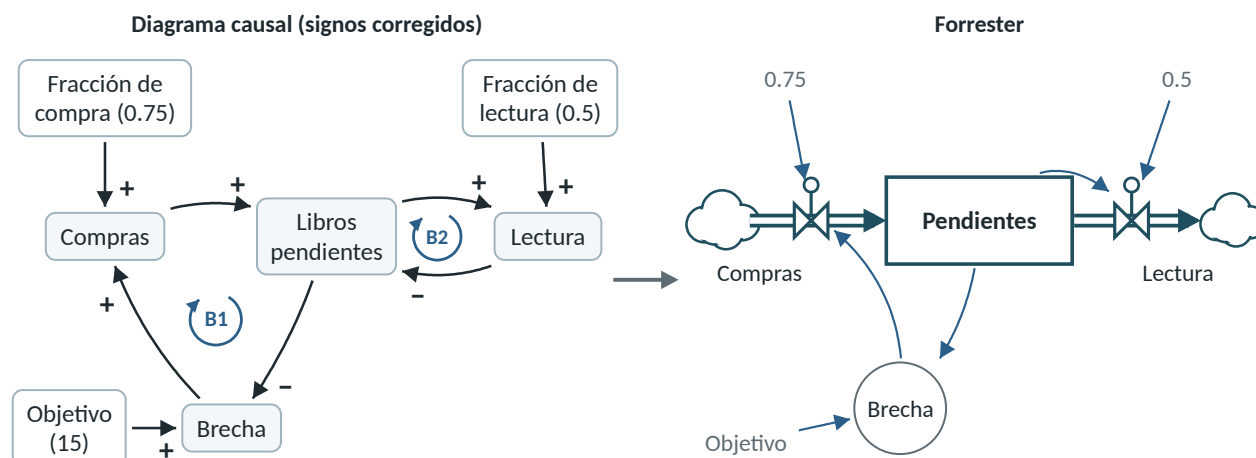


Figura 10. Francisco: diagrama causal con los signos corregidos y su diagrama de Forrester. Ambos ciclos son de balance.

Fuente: C20 00:51:13-01:30:14 y capturas 20-clase-1-7 a 1-11.

```

Pendientes = INTEG(Compras - Lectura, 20) ~ libros
Brecha      = Objetivo - Pendientes          ~ libros
Compras     = 0.75 * Brecha                  ~ libros/mes (0.75 en 1/mes)
Lectura     = 0.5 * Pendientes               ~ libros/mes (0.5 en 1/mes)
Objetivo    = 15                            ~ libros
  
```

Mes	Pendientes	Brecha	Compras	Lectura	Pendientes del mes siguiente
0	20.000000	-5.000000	-3.750000	10.000000	6.250000
1	6.250000	8.750000	6.562500	3.125000	9.687500
2	9.687500	5.312500	3.984375	4.843750	8.828125
3	8.828125	6.171875	4.628906	4.414063	9.042969
4	9.042969	5.957031	4.467773	4.521484	8.982925

$$0.75 (15 - P_{eq}) = 0.5 P_{eq} \Rightarrow 11.25 = 1.25 P_{eq} \Rightarrow P_{eq} = 9 \text{ libros} \quad [\text{lectura de equilibrio: } 0.5 \times 9 = 4.5 \text{ libros/mes}]$$

Respuestas. Pendientes: 20 → 6.25 → 9.6875 → 8.828 en los tres primeros meses y después se estabilizan en **9 libros** (9.043, 8.989, 9.003...). Después del tercer mes Francisco lee alrededor de **4.5 libros por mes** (4.41, 4.52, 4.49...). El objetivo de 15 no es el equilibrio: el equilibrio está donde las compras igualan la lectura.

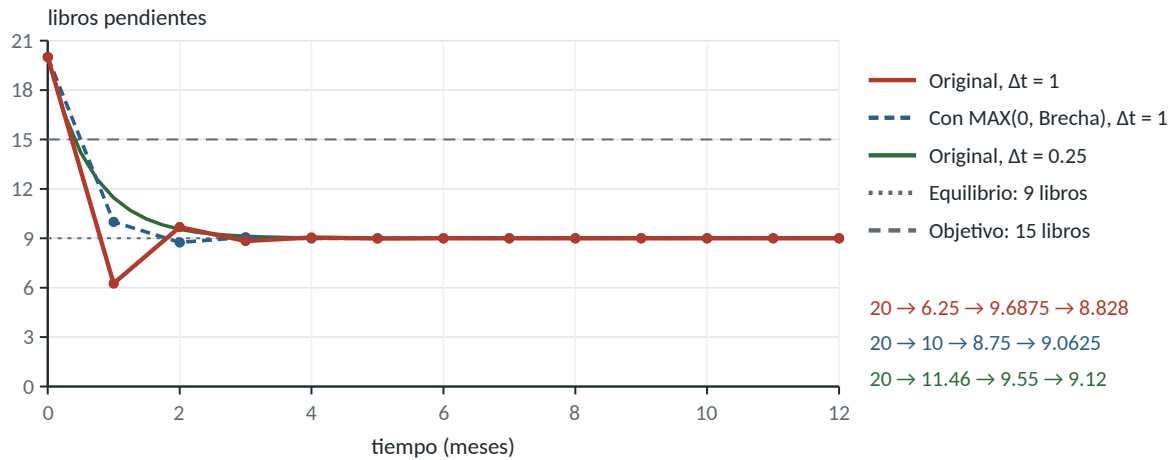


Figura 11. Corridas de Francisco: original y con MAX(0, Brecha) con paso mensual, y original con paso de 0.25 meses.
Fuente: cálculo propio; corrida de clase en C20 01:36:53–01:47:34.

Límite del modelo. En el mes 0 la brecha es -5 y las compras salen **negativas** (-3.75 libros/mes): el tío «devolvería» libros. El profesor reconoció que hacía falta limitar la compra (C20 01:30:14–01:36:53). Con Compras = 0.75 × MAX(0, Brecha) la corrida es 20 → 10 → 8.75 → 9.0625 → 8.984 y el equilibrio sigue siendo 9. Declara qué modelo usas.

Validación del paso de tiempo. Con Δt = 0.25 meses el nivel baja sin oscilar (20 → 11.46 → 9.55 → 9.12 en los meses 1 a 3). La oscilación de la corrida mensual viene del paso: el nivel se corrige cada mes con el factor 1 - 1.25Δt = -0.25. En el examen usa la configuración de clase (Euler mensual) y, si te preguntan por validación, menciona la sensibilidad al paso.

Errata. En las capturas de la clase 20 el ciclo de compras aparece marcado con «+». Con Brecha = Objetivo - Pendientes, la relación Pendientes → Brecha es **negativa** y el ciclo es de balance (B1); el de lectura también es B (B2). No hay ciclos de refuerzo.

Préstamos bancarios

Enunciado (4a, pp. 23 y 33). Para comprar una computadora pides **\$2,000 al banco 1, al 5 % mensual**. Brenda te dice que el **banco 2 perdona \$1,000** si te cambias, pero cobra **10 % mensual**. Preguntas: (a) ¿conviene el banco 2?; (b) ¿y si necesitas 2 años?; (c) saldos a los 14 meses; (d) decisión si negocias 2 % con el banco 1 y 4 % con el banco 2, a 24 meses.

Perspectiva 1, sin pagos (la que se simuló en clase). El saldo es un capital que recibe intereses: es un ciclo de refuerzo y, con Euler de paso mensual, el interés se capitaliza cada mes.

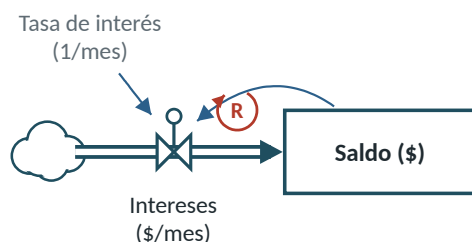
Saldo	= INTEG(Intereses, 2000)	~ \$	(1000 para el banco 2)
Intereses	= Tasa * Saldo	~ \$/mes	
Tasa	= 0.05	~ 1/mes	(0.10, 0.02 o 0.04 según el escenario)

Saldo_n = Saldo₀ · (1 + r)ⁿ [\$; n en meses]

Mes	Banco 1 (5 %)	Banco 2 (10 %)	Banco 1 (2 %)	Banco 2 (4 %)
0	\$2,000.00	\$1,000.00	\$2,000.00	\$1,000.00
1	\$2,100.00	\$1,100.00	\$2,040.00	\$1,040.00

Mes	Banco 1 (5 %)	Banco 2 (10 %)	Banco 1 (2 %)	Banco 2 (4 %)
12	\$3,591.71	\$3,138.43	\$2,536.48	\$1,601.03
14	\$3,959.86	\$3,797.50	\$2,638.96	\$1,731.68
15	\$4,157.86	\$4,177.25	\$2,691.74	\$1,800.94
24	\$6,450.20	\$9,849.73	\$3,216.87	\$2,563.30

Perspectiva 1: sin pagos



$$\text{Saldo} = \text{INTEG}(\text{Intereses}, \text{saldo inicial})$$

$$\text{Intereses} = \text{Tasa} \times \text{Saldo}$$

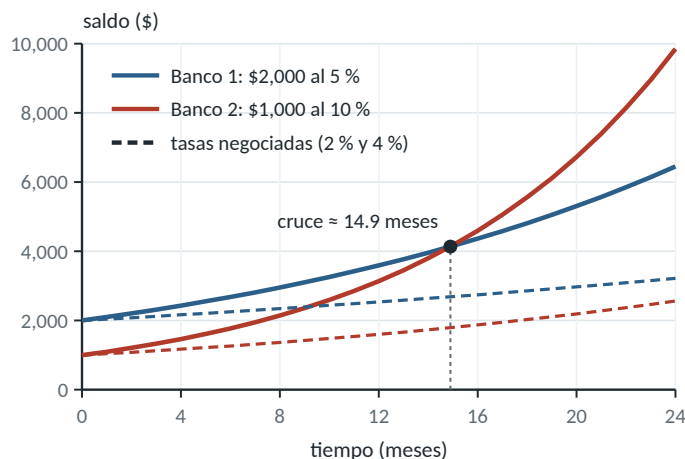


Figura 12. Préstamos sin pagos: la ventaja inicial del banco 2 desaparece cerca del mes 15 con las tasas originales; con las negociadas, el banco 2 queda por debajo durante los 24 meses.

Fuente: 4a, pp. 23 y 33-34; C21 01:20:57-01:38:06; tabla de Vensim en la captura 21-clase-1-14.

Respuestas

- **(a) 12 meses:** banco 1, \$3,591.71; banco 2, \$3,138.43. **Conviene el banco 2.**
- **(b) 24 meses:** banco 1, \$6,450.20; banco 2, \$9,849.73. **Conviene el banco 1:** la tasa más alta termina pesando más que los \$1,000 perdonados.
- **(c) 14 meses:** banco 1, \$3,959.86; banco 2, \$3,797.50: el banco 2 todavía es menor, pero en el mes 15 ya no (\$4,157.86 contra \$4,177.25). El cruce: $2000 \cdot 1.05^t = 1000 \cdot 1.10^t \Rightarrow t = \ln 2 / \ln(1.10/1.05) = 14.90$ meses.
- **(d) Tasas negociadas, 24 meses:** banco 1, \$3,216.87; banco 2, \$2,563.30. **Conviene el banco 2;** el cruce se movería al mes 35.7.

Errata. En la clase 21 (01:37:41-01:38:01) la conclusión oral del inciso (d) fue que el banco 1 seguía por debajo y que «la decisión sigue siendo la misma». El cálculo no lo respalda: a 24 meses el banco 2 queda en \$2,563.30 y el banco 1 en \$3,216.87. En la clase 24 (00:42:52-00:43:02) el profesor habló de elegir el banco 2 según los escenarios. Responde con el cálculo y justifícalo.

Perspectiva 2, con pagos (4a, p. 35). Agrega un pago mensual que depende del monto, de la duración y de los intereses, y un pago total acumulado. La lámina es solo causal y el enunciado no fija la amortización: si la usas, declara tus supuestos (C21 01:04:10-01:20:57). **Paso de tiempo:** con TIME STEP = 0.25 y la misma tasa mensual los saldos a 12 meses serían \$3,630.71 y \$3,271.49; para capitalizar cada mes usa paso de 1 mes.

Instalación de teléfonos

Enunciado (4a, p. 37; caso de simulación 3). Un residencial tiene **300 casas** y ninguna tiene teléfono. La velocidad de instalación es **proporcional a las casas que todavía no lo tienen**; la influencia de la «tasa de uso» hace que el **9 %** de las familias sin teléfono adquiera el servicio cada mes. Preguntas: meses para instalar todas las casas con 9 %, con 4 % y con 500 casas al 9 %.

Con telefono	=	INTEG(Instalaciones, 0)	~ casas
Sin telefono	=	Total casas - Con telefono	~ casas
Instalaciones	=	Tasa * Sin telefono	~ casas/mes
Tasa	=	0.09	~ 1/mes (0.04 en el escenario 2)
Total casas	=	300	~ casas (500 en el escenario 3)

$$Sin_n = Total \cdot (1 - tasa)^n \quad Con_n = Total - Sin_n \quad [\text{casas; } n \text{ en meses, Euler mensual}]$$

Primeros meses (300 casas, 9 %). Mes 1: $0.09 \times 300 = 27.00$ instalaciones; mes 2: $0.09 \times 273.00 = 24.57$; mes 3: $0.09 \times 248.43 = 22.3587$. Casas con teléfono: 27.00, 51.57 y 73.93.

Escenario	Primer mes con menos de 1 casa pendiente	Con menos de 0.5 casas	Con 99 % instalado
300 casas, 9 %	61	68	49
300 casas, 4 %	140	157	113
500 casas, 9 %	66	74	49

Por qué hace falta un criterio. El modelo proporcional se acerca al total sin alcanzarlo: siempre queda una fracción pendiente. Con el criterio «menos de una casa sin teléfono», $300 \times 0.91^n < 1 \Rightarrow n > \ln 300 / (-\ln 0.91) = 60.5$, es decir, **61 meses**; con 4 %, **140**; con 500 casas, **66**. Con un criterio porcentual (99 %) el total de casas no cambia el resultado: 49 meses para 300 o 500 casas al 9 %. Declara siempre el criterio.

Modelo proporcional (4a, p. 37)

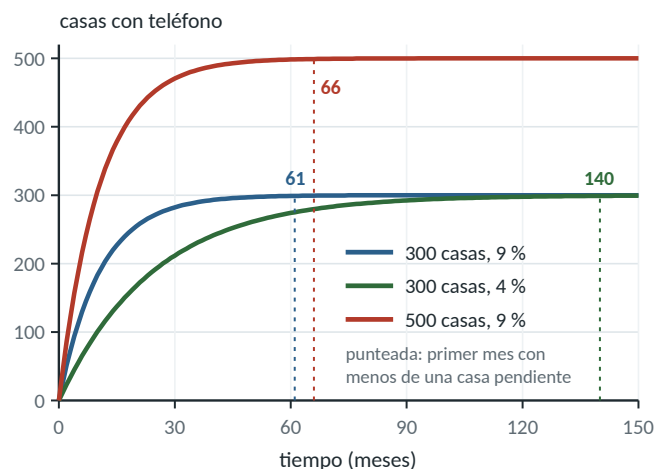
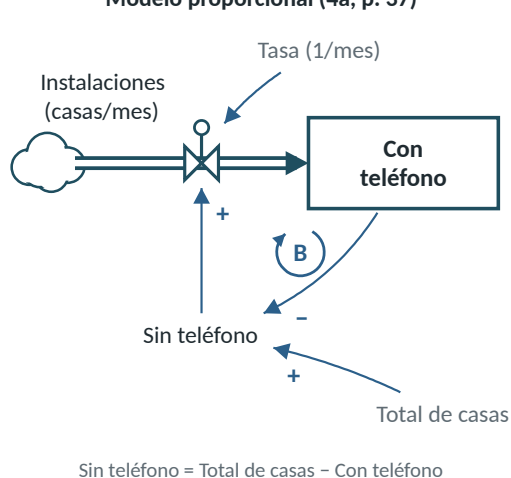


Figura 13. Teléfonos: modelo proporcional (un ciclo de balance) y los tres escenarios.

Fuente: 4a, p. 37; C24 01:01:19–01:14:49; cálculo propio con Euler mensual.

El esquema que prefirió el profesor. En la clase 24 mostró un modelo más detallado en el que la tasa de uso depende de las familias con servicio respecto del total (captura 24-clase-1-21) y dijo que su comportamiento es muy parecido al sencillo (C24 01:09:50–01:12:40). La grabación no da sus ecuaciones completas; para calcular, usa el modelo proporcional y menciona el detallado como mejora conceptual.

Errata. La lámina 37 pide «el modelo de ciclos causales», pero el caso requería diagrama de flujos y niveles y simulación en Vensim (C24 01:05:01–01:06:02). Además, la presentación llama «Ejercicio 2» tanto a este caso como al de huevos y gallinas (p. 22).

4.6 Toma de decisiones sistémicas

ALCANCE OFICIAL · PRIORIDAD ALTA

Una decisión sistémica relaciona el problema con su estructura, compara consecuencias en distintos plazos y revisa los resultados. **«El pensamiento reduccionista actúa rápidamente pero no ve las cadenas circulares de causa y efecto que producen el efecto dominó»** (4b, p. 13). Por eso la afirmación de la evaluación corta 3, «el pensador sistémico actúa con lentitud pero ve el efecto dominó a través de las relaciones circulares que lo producen», es verdadera.

Consecuencias a corto, a largo plazo e inesperadas (hábito 11)

Anticipar consecuencias reduce la probabilidad de que una decisión fracase o produzca efectos nocivos (4b, p. 4). Herramientas del curso: la **tabla de ventajas y desventajas** (Judy y la decisión de contratar a su amiga María, 4b, p. 8), las **preguntas de escenarios futuros** («¿qué pasa si...?», 4b, p. 9) y la **simulación**. Preguntas para un momento de reflexión (4b, p. 7): ¿quién se verá afectado?, ¿qué resultados deseables e indeseables podemos ver?, ¿lo verán otros de forma diferente?

Considerar el tema completamente (hábito 8)

El pensador sistémico se toma el tiempo necesario para entender la dinámica antes de actuar (4b, p. 12). No significa paralizarse: ante una presión real se puede aplicar una medida temporal mientras se estudia la solución fundamental, y hay que distinguir el análisis útil de la postergación (C22 00:47:24–01:07:22). Equilibra eficiencia y efectividad (4b, p. 14).

Apalancamiento (hábito 10)

Un **punto de apalancamiento** es un lugar del sistema donde un cambio pequeño puede producir un efecto duradero y deseado. Se encuentra con la comprensión de la estructura; **dificultan identificarlo la falta de comprensión de la estructura del sistema y el acceso mínimo a las opciones** (4b, p. 25; evaluación corta 3, pregunta 8). Para cambiar el comportamiento de un sistema, el pensador sistémico **identifica las conexiones entre sus elementos y cambia las necesarias**, no los síntomas ni a los «culpables» (pregunta 9).

Ejemplos del curso: el ángulo de la caña y el pie de la pescadora sobre la roca; el imán para sacar una aguja de un pajar; la fábrica XYZ, donde reducir los costos de **empaquete** permitió bajar costos, mantener la producción en su país y apenas interrumpir la fabricación, sin sacrificar la calidad (4b, pp. 25–28; C23 00:08:25–00:44:32).

Lugar	Lugares para intervenir (Donella Meadows, de menor a mayor efectividad)	Ejemplo con los casos de la unidad
12	Constantes, parámetros, números (subsidijs, impuestos, estándares)	Cambiar la tasa de interés de un préstamo
11	Tamaño de amortiguadores y existencias estabilizadoras respecto de sus flujos	Inventario de seguridad
10	Estructura de los niveles y flujos de materiales	Agregar un nivel o un flujo al modelo
9	Duración de los retrasos respecto de la tasa de cambio del sistema	Acortar la demora de inversión
8	Fuerza de los bucles de retroalimentación negativa respecto de los impactos que corrigen	Reforzar un control de calidad
7	Ganancia de los bucles de retroalimentación positiva	Frenar el refuerzo del contagio
6	Estructura de los flujos de información (quién tiene acceso y quién no)	Hacer visible el uso de un recurso común
5	Reglas del sistema (incentivos, castigos, restricciones)	Cambiar el reglamento de préstamos
4	Poder de agregar, cambiar, evolucionar o autoorganizar la estructura	Permitir que los equipos rediseñen su proceso
3	Objetivos del sistema	Redefinir la meta de un servicio

Lugar	Lugares para intervenir (Donella Meadows, de menor a mayor efectividad)	Ejemplo con los casos de la unidad
2	Mentalidad o paradigma del que surge el sistema	Cambiar el supuesto de que «más es mejor»
1	Poder de trascender los paradigmas	Revisar cualquier paradigma propio

Fuente: 4b, p. 29; C23 00:44:32–00:57:51 (la lista se presentó sin desarrollar cada lugar). Los ejemplos de la tercera columna son de esta guía. Los lugares 2 y 1 conectan con los modelos mentales de la Unidad 1.

Procedimiento para una decisión sistémica

1. Define el problema como patrón en el tiempo y el objetivo con indicadores.
2. Modela la estructura (diagrama causal o de Forrester) y reconoce el arquetipo.
3. Genera alternativas desde varias perspectivas.
4. Evalúa consecuencias a corto plazo, a largo plazo e inesperadas: ventajas y desventajas, escenarios, simulación.
5. Elige el punto de apalancamiento y explica por qué el cambio se propaga por la estructura.
6. Implementa y aplica la aproximación sucesiva, con indicadores y tiempos de revisión que respeten las demoras.

Aproximación sucesiva (hábito 14)

El pensador sistémico toma el cambio como un proceso continuo: establece **puntos de referencia** para evaluar la mejora paulatina y ajusta sus acciones. El ciclo, adaptado del PDSA de Deming, es **diseñar un plan → implementar → evaluar → mejorar**, y puede repetirse varias veces. Implica disposición a asumir riesgos y a ver el fracaso como oportunidad de aprendizaje (4b, pp. 30–35; C23 01:03:35–01:15:49). Abandonar una intervención antes de su demora puede interrumpir el resultado buscado (C23 00:57:51–01:03:35).

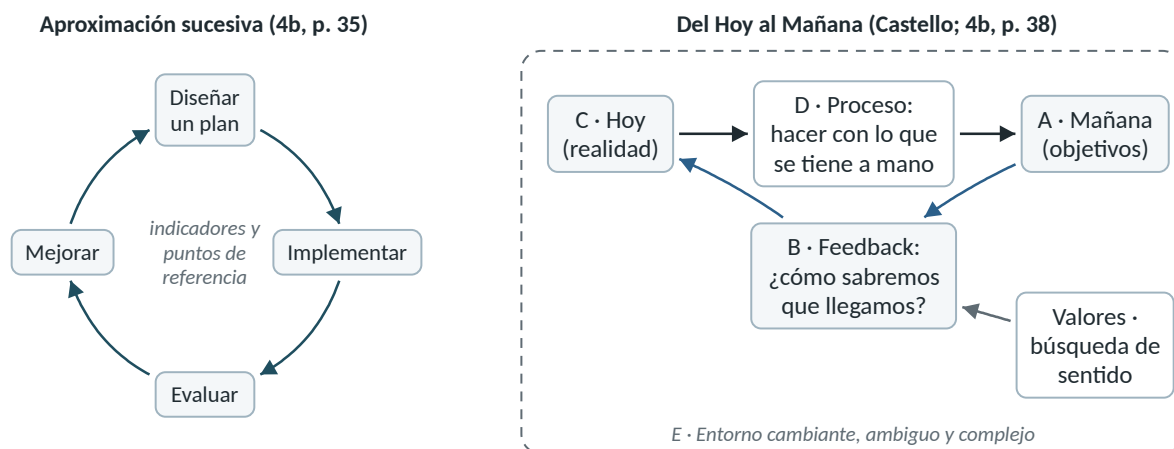


Figura 14. Izquierda: ciclo de aproximación sucesiva. Derecha: modelo del Hoy al Mañana de la resiliencia (explicado en 4.7).

Fuente: 4b, pp. 35 y 38; Castello (L-20), p. 4.

4.7 Hábitos, resolución de problemas y resiliencia

ALCANCE OFICIAL · PRIORIDAD ALTA

Se usa la **numeración del póster** de Waters Foundation que proyecta el profesor. La presentación 4a marca en rojo los cinco hábitos de la unidad (p. 4); la 4b marca los cuatro de la toma de decisiones, sin el 12 (p. 2).

N.º	Hábito (póster)	Qué hace el pensador sistémico	Preguntas guía (paráfrasis)	Dónde se aplica
8	Considera un tema completamente y resiste el impulso de llegar a una conclusión rápida	Se toma el tiempo necesario para entender la dinámica antes de actuar.	¿Cuánto tiempo necesitamos? ¿Cómo manejamos la tensión de lo no resuelto?	Etapa 2; decisiones (4b, pp. 12–14)

N.º	Hábito (póster)	Qué hace el pensador sistémico	Preguntas guía (paráfrasis)	Dónde se aplica
10	Usa la comprensión de la estructura de un sistema para identificar posibles acciones de apalancamiento	Busca qué acciones pequeñas producirán con mayor probabilidad el resultado deseado.	¿Dónde un cambio pequeño tendría un efecto duradero y deseado?	Etapas 3; Meadows (4b, pp. 23-29)
11	Considera las consecuencias a corto plazo, a largo plazo e inesperadas de las acciones	Se adelanta a los efectos futuros, no solo a los inmediatos.	¿Qué consecuencias imprevistas hay? ¿Aceptaríamos dolor a corto plazo por ganancia a largo plazo?	Etapas 3; arquetipos (4b, pp. 3-9)
12	Presta atención a las acumulaciones y sus tasas de cambio	Ve cantidades de material o información que se acumulan o disminuyen con el tiempo.	¿Qué puedo ver, contar o medir que cambie en el tiempo? ¿Qué tan rápido aumenta o disminuye? ¿Cómo impacta a otros elementos? ¿Qué pasa si llega a un punto de inflexión?	Etapas 3; Vensim (4a, pp. 4-9)
14	Examina los resultados y cambia las acciones si es necesario: «aproximación sucesiva»	Establece puntos de referencia para evaluar la mejora paulatina.	¿Qué indicadores esperamos? ¿Planeamos pausas para evaluar?	Etapas 4; resiliencia (4b, pp. 30-41)

En el examen. La evaluación corta 3 preguntó qué hábito reúne los conceptos necesarios para modelar en Vensim: el **12** (acumulaciones y tasas de cambio). También preguntó a qué grupo pertenece la tarjeta 6: al de **modelos mentales** (Unidad 1).

Los tres grupos de hábitos del curso

Grupo	Hábitos (póster)	Qué permiten
Unidad 1 · «construyendo modelos mentales sistémicos»	1, 6, 7 y 9	Ser conscientes de nuestros modelos mentales: película completa, perspectivas, supuestos y efecto de los modelos mentales.
Unidad 3 · «profundizando en los modelos de estructuras sistémicas»	2, 3, 4, 5 y 13	Pensamiento sistémico complejo: patrones, estructura, circularidad, conexiones y demoras.
Unidad 4 · simulación, decisiones y resolución de problemas	8, 10, 11, 12 y 14	Modelar acumulaciones, anticipar consecuencias, encontrar palancas y ajustar con aproximación sucesiva.

Los módulos de hábitos del portal usan otra numeración (póster → portal: 8 → 11, 10 → 13, 11 → 10, 12 → 12, 14 → 14). En el examen usa la del póster.

Las cuatro etapas de resolución de problemas

Los hábitos se agrupan en **cuatro categorías secuenciales** para resolver problemas (4b, pp. 43-47; C24 00:13:22-00:28:42). La secuencia orienta el trabajo y admite volver a una etapa anterior.

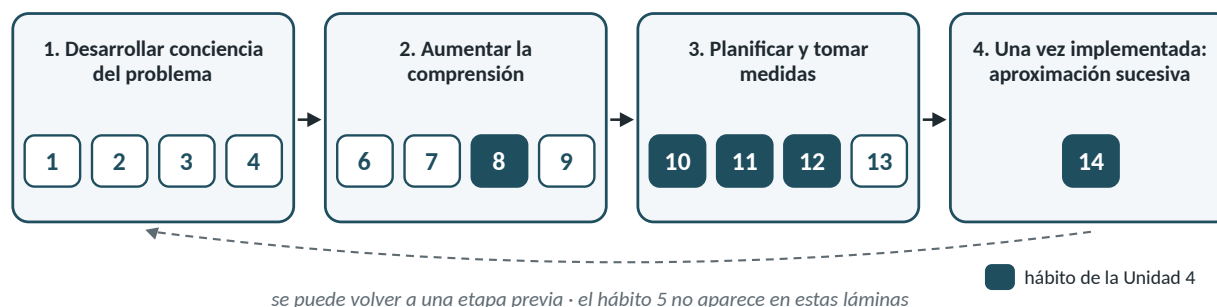


Figura 15. Las cuatro etapas con los hábitos que las láminas asignan a cada una; en color, los de la Unidad 4.

Fuente: 4b, pp. 43-47.

Etapas	Hábitos	Qué haces
1. Desarrollar conciencia del problema	1, 2, 3 y 4	Ves la película completa, el patrón en el tiempo, la estructura que lo genera y la circularidad causa-efecto.
2. Aumentar la comprensión del problema	6, 7, 8 y 9	Cambias de perspectiva, pruebas supuestos, no concluyes rápido y revisas los modelos mentales.
3. Planificar y tomar medidas	10, 11, 12 y 13	Eliges la palanca, anticipas consecuencias y atiendes acumulaciones y demoras.
4. Una vez implementada la solución	14	Aplicas aproximación sucesiva (mejora continua).

Error frecuente. El hábito 5 (conexiones significativas) no aparece en las láminas de las etapas: si te piden reproducir el esquema, no le inventes una. Tampoco mezcles la numeración del portal con la del póster.

Cómo responder una pregunta de aplicación: hábito (número y nombre) + evidencia del caso + acción concreta.
Ejemplo: «Aplica el hábito 14, aproximación sucesiva: después de implementar los recordatorios compara cada mes los préstamos vencidos con la meta; si no bajan en dos meses, revisa la regla de renovación y vuelve a evaluar».

Resiliencia

La presentación la trata junto al hábito 14 (4b, pp. 36–41) con la lectura de Castello (L-20). **Definiciones:** en los materiales, resistir la ruptura y volver a la forma inicial; en las personas, «fortalecerse y recuperarse bajo condiciones de enorme stress y cambio»; en las empresas, absorber grandes cantidades de cambios o rupturas sin una caída significativa de la calidad. La evaluación corta 3 la definió como la capacidad de **absorber los impactos y recuperarse rápidamente** de un revés: la respuesta era **resiliencia** (la adaptabilidad es solo una de sus habilidades).

Elemento	Contenido
Cuatro bases (L-20, pp. 2–3; 4b, p. 37)	Existencia de objetivos futuros · enfrentar la realidad · búsqueda de sentido · habilidad de hacer las cosas con los elementos que se tengan a mano.
Modelo del Hoy al Mañana (L-20, p. 4; 4b, p. 38)	A: dónde queremos estar (objetivos) · B: cómo sabremos que llegamos (feedback y valores) · C: dónde estamos hoy (realidad, fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) · D: el proceso, hacer las cosas con lo que se tiene a mano · E: el entorno cambiante. Ver figura en 4.6.
Seis habilidades (L-20, pp. 4–5; 4b, p. 39)	Positivos · concentrados · flexibles · organizados · proactivos · adaptables.
Montaña rusa del cambio (L-20, p. 6; 4b, p. 40)	Shock → parálisis → negación → ira → depresión → racionalización → aceptación y compromiso. Es un esquema descriptivo; el ritmo depende de la resiliencia desarrollada.
Visión holística (L-20, p. 8; 4b, p. 41)	Pasado, presente y futuro con feedback y valores, dentro de un contexto cambiante, rodeados por las seis habilidades.

Fuente: 4a, pp. 3–5; 4b, pp. 2–47; L-20; C23 01:15:49–01:32:58; C24 00:13:22–00:28:42; evaluación corta 3, preguntas 1, 2 y 4.

Parte C. Errores frecuentes y erratas que cambian resultados

Las erratas se señalan para que no copies un resultado equivocado. La corrección se comprobó con la solución exacta y con una simulación de Euler (ver la nota de verificación al final de la parte).

C1. Erratas que cambian cifras o decisiones

Dónde	Qué dice	Corrección	Efecto en el resultado
4a, p. 46	$S(t) = 1000 \cdot e^{0.1t} - 50t + 1000$	$S(t) = 500 + 500 \cdot e^{0.1t}$	La empresa vale 2,000 en $t = 0$ y 3,218.28 en $t = 10$; la correcta, 1,000 y 1,859.14.
4a, p. 48	$S(t) = 1000 \cdot e^{0.01t} + 1000$	$S(t) = 1000 \cdot e^{0.01t}$	La empresa empieza en 2,000. Duplicación: 69.31 h; $\times 10$: 230.26 h.
4a, pp. 51-52	Si Error < 0, Salida = 0.1·Error	Salida = 0.1·(Stock – Referencia)	Con el signo impreso la salida es negativa y el stock subiría: en la p. 52, $S(1) = 1,050$ en lugar de 950.
4a, p. 50	Panel izquierdo: entrada «si Error < 0»; no da la referencia	Entrada = 0.2·Error solo si Error > 0; referencia 5,000 (p. 51)	Con la regla correcta el stock se estabiliza en 3,333.33, como su gráfica.
4a, p. 44	Gráfica que termina cerca de 51,000	La fórmula $S = 1000 + 25t^2$ es la correcta	$S(100) = 251,000$; la gráfica corresponde a una entrada de $10t + 50$.
C21 01:37:41–01:38:01	Con tasas negociadas «el banco uno tiene valores por debajo»	Banco 1: \$3,216.87; banco 2: \$2,563.30 a 24 meses	Conviene el banco 2.
C20 01:30:14–01:36:53	Compras = $0.75 \times$ Brecha da –3.75 en el mes 0	Declarar el supuesto o usar MAX(0, Brecha)	Mes 1: 6.25 o 10 libros; el equilibrio es 9 en ambos.
C19 → C20	Parámetros inventados desbordaron la corrida (C19 01:18:19)	IPC 0.15, TNC 0.025, PT 100, PI inicial 10 (C20 00:42:13)	Con otro Δt u horizonte las cifras cambian: indica la configuración.

C2. Erratas de rótulo o de signo que cambian la lectura

Dónde	Problema	Lectura correcta
4a, p. 10	R1 a R4 parecen nombres de ciclos	Son las cuatro relaciones; el diagrama tiene un ciclo R y uno B.
4a, p. 13	«tcn» en el listado; leyenda PS y PA	tcn = TNC; identifica las curvas por su forma (PI, PV y TC).
4a, p. 35	Duración del préstamo → pago mensual con «+»	Debe ser «-»: más plazo, menor pago. Falta marcar el ciclo de balance saldo → intereses → pago → saldo.
4a, p. 37	Pide un diagrama de ciclos causales; repite el nombre «Ejercicio 2» (p. 22)	El caso requiere Forrester y Vensim; son ejercicios distintos.
4a, p. 49	El eje del tiempo aparece en fechas (1960–2160)	El tiempo es en horas, como en las demás láminas.
Capturas de C20 (Francisco)	Ciclo de compras marcado con «+»	Pendientes → Brecha es «-»: ambos ciclos son de balance.

C3. Errores frecuentes al resolver

Error	Corrección
Convertir cada flecha causal en tubería.	Solo lo que se acumula viaja por tuberías; lo demás son flechas de información.
Confundir nivel y flujo (inventario con ventas).	Pregunta si puedes medirlo en un instante: si sí, es nivel.
Escribir un flujo sin «por unidad de tiempo».	Flujo = unidades del nivel / tiempo.
Tomar la meta como equilibrio (15 libros).	El equilibrio está donde entradas = salidas (9 libros).

Error	Corrección
Mezclar corridas con distinto paso u horizonte.	Reporta la configuración junto a cada cifra.
Leer como real la oscilación de un paso grande.	Prueba un Δt menor antes de interpretarla.
Responder «todas las casas» sin criterio.	Define el umbral (menos de 1 casa, 99 %...).
Usar interés simple en el préstamo.	Con Euler mensual el interés se capitaliza: $S_0(1 + r)^n$.
Contar como otro ciclo el mismo recorrido iniciado en otra variable.	Un ciclo es un conjunto de relaciones, no un punto de partida.
Decir que R es «bueno» y B «malo».	La polaridad no valora: un R puede ser virtuoso o vicioso.
Pensar que la demora cambia el signo.	Cambia cuándo aparece el efecto, no su sentido.
Marcar solo «comportamiento» como fase en que se usa Vensim.	También en «explotación» (evaluación corta 3, pregunta 6).
Confundir soluciones rápidas que fallan con desplazamiento de la carga.	¿Hay una solución fundamental que se debilita? Entonces es desplazamiento.
Asignar el hábito 5 a una etapa o usar la numeración del portal.	El 5 no aparece en las etapas; usa la numeración del póster.

Verificación. Todas las cifras de la guía se recalcularon con Euler (con el paso indicado en cada caso) y, cuando existe, con la solución exacta, sin redondear entre pasos. Coinciden con la tabla de Vensim de la clase 21 (préstamos), con la corrida de la clase 20 (Francisco) y con los valores leídos en clase para la epidemia.

Parte D. Autoevaluación: doce ejercicios

Instrucciones. Resuelve en **100 minutos**, en papel y sin consultar la guía, como en el parcial. En los cálculos escribe ecuación, sustitución, unidades y conclusión. El puntaje (100 en total) es una referencia para repartir el tiempo. Son ejercicios de práctica elaborados con el material del curso: no anticipan las preguntas del examen. Las soluciones explicadas están en la Parte E.

Ejercicio 1. Signos, ciclos y arquetipo (8 puntos)

Un equipo tiene problemas con una aplicación y llama al soporte técnico, que los resuelve rápido. Con el tiempo el equipo depende más del soporte y aprende menos a usar las opciones del programa.

- (a) Asigna el signo de cada relación: problemas $\rightarrow$ solución dada por soporte; solución dada por soporte $\rightarrow$ problemas; solución dada por soporte $\rightarrow$ dependencia del soporte; dependencia $\rightarrow$ aprender a usar las opciones; aprender a usar las opciones $\rightarrow$ problemas (con demora); problemas $\rightarrow$ aprender a usar las opciones.
- (b) Identifica todos los ciclos y clasifícalos por el número de relaciones negativas.
- (c) ¿Qué arquetipo es? Propón una intervención y un indicador para evaluarla.

Ejercicio 2. Balance de un nivel (8 puntos)

Una cuenta de ahorro empieza con Q300; recibe depósitos constantes de Q80/mes y tiene gastos constantes de Q120/mes.

- (a) Escribe la ecuación del nivel en Vensim con sus unidades.
- (b) Calcula el saldo a los 6 meses.
- (c) ¿Cuándo llega a cero y qué patrón sigue?
- (d) ¿Qué pasa con el saldo si depósitos y gastos valen Q100/mes cada uno?

Ejercicio 3. Clasificación de variables (6 puntos)

Indica si es nivel, flujo, auxiliar o constante y escribe sus unidades: población infectada; tasa de contagio; población vulnerable; población total; libros pendientes; compras; brecha; saldo; intereses; tasa de interés; casas sin teléfono; instalaciones.

Ejercicio 4. Conversión de un relato (10 puntos)

Una empresa tiene 60 empleados y desea tener 100. Cada mes contrata la cuarta parte de la diferencia entre el personal deseado y el actual, y renuncia el 5 % del personal.

- (a) Dibuja el diagrama causal con signos y polaridad de los ciclos.
- (b) Dibuja el diagrama de Forrester.
- (c) Escribe las ecuaciones con unidades.
- (d) Calcula el personal de los meses 1 y 2 con Euler mensual.
- (e) Calcula el equilibrio. ¿Por qué no es 100?

Ejercicio 5. Fases, usos y tipos de modelado (6 puntos)

- (a) Ordena las seis fases de la construcción de un modelo de simulación dinámica.
- (b) ¿En qué fases se usa Vensim para simular?
- (c) Una gerente usa su modelo para mostrar a la junta directiva por qué crecerá la deuda. ¿Qué uso del modelado es?
- (d) ¿Qué agrega el modelado de reconstrucción al de réplica?

Ejercicio 6. Epidemia (10 puntos)

Con $PT = 100$ personas, PI inicial = 10, $IPC = 0.15$ y $TNC = 0.025$:

- (a) Calcula $PV(0)$ y $TC(0)$ con sus unidades.
- (b) Calcula PI después de dos pasos con $\Delta t = 0.25$ y después de un paso con $\Delta t = 1$.
- (c) ¿Para qué valor de PI es máxima TC y cuánto vale?
- (d) ¿Por qué TC disminuye al final aunque PI sea alta?

Ejercicio 7. Francisco (10 puntos)

Con el modelo de la clase 20 (objetivo 15, compras = $0.75 \times$ brecha, lectura = $0.5 \times$ pendientes, 20 libros al inicio, Euler mensual):

- (a) Completa la tabla de los meses 0 a 3 (pendientes, compras y lectura).
- (b) Calcula el equilibrio y la lectura en equilibrio.
- (c) Calcula el mes 1 con Compras = $0.75 \times \text{MAX}(0, \text{Brecha})$.
- (d) Si el tío quiere 20 libros pendientes, ¿cuál es el nuevo equilibrio?
- (e) ¿Por qué el equilibrio no coincide con el objetivo?

Ejercicio 8. Préstamos (12 puntos)

Banco 1: \$2,000 al 5 % mensual. Banco 2: \$1,000 al 10 % mensual. Sin pagos y con Euler mensual:

- (a) Escribe las ecuaciones en Vensim con unidades.
- (b) Calcula los saldos a 12, 14 y 24 meses en ambos bancos.
- (c) ¿En qué momento se cruzan las curvas?
- (d) Decide con las tasas negociadas (2 % y 4 %) a 24 meses.
- (e) ¿Qué cambiaría si modelas pagos mensuales?

Ejercicio 9. Teléfonos (10 puntos)

300 casas sin teléfono; la instalación es proporcional a las casas pendientes, con 9 % mensual.

- (a) Escribe las ecuaciones con unidades.
- (b) Calcula las instalaciones de los meses 1, 2 y 3.
- (c) ¿Cuántos meses tarda en quedar menos de una casa pendiente con 9 %, con 4 % y con 500 casas al 9 %?
- (d) ¿Por qué la pregunta «¿cuándo tendrán teléfono todas las casas?» necesita un criterio?

Ejercicio 10. Arquetipos por su historia (8 puntos)

Para cada caso nombra el arquetipo, sus ciclos y una intervención:

- (a) Una tienda hace rebajas cada vez que bajan las ventas; con el tiempo los clientes solo compran en rebaja.
- (b) Un equipo que no alcanza su meta de calidad la «ajusta» cada trimestre.
- (c) Una empresa crece, su servicio se deteriora, la demanda cae y concluye que no necesita ampliar su capacidad.
- (d) Cuatro facultades comparten un laboratorio sin reglas; cada una reserva más horas «por si acaso» y el laboratorio colapsa.

Ejercicio 11. Hábitos y etapas (8 puntos)

- (a) Escribe los cinco hábitos de la Unidad 4 con su número del póster.
- (b) ¿A qué grupo pertenecen el hábito 6 y el hábito 13?
- (c) Ubica en las cuatro etapas: revisar los indicadores dos meses después de implementar; probar el supuesto de que el proveedor siempre entrega en dos días; calcular cuánto inventario se acumula si las ventas superan la producción; observar que los faltantes se repiten cada mes.

Ejercicio 12. Decisión, apalancamiento y resiliencia (12 puntos)

En una biblioteca universitaria los préstamos vencidos crecen cada semestre. Propuestas: (i) duplicar la multa por día; (ii) enviar recordatorios automáticos dos días antes del vencimiento; (iii) cambiar el reglamento para renovar en línea; (iv) redefinir el objetivo de la biblioteca de «controlar préstamos» a «garantizar el acceso».

- (a) Ubica cada propuesta en la lista de Meadows.
- (b) Elige una palanca y justifícala con la estructura (nivel de préstamos vencidos y sus flujos).
- (c) Señala consecuencias a corto plazo, a largo plazo e inesperadas.
- (d) Diseña la aproximación sucesiva: indicador, meta y momento de revisión.
- (e) Relaciona tu plan con dos bases de la resiliencia.

Parte E. Soluciones explicadas

Solución 1. Signos, ciclos y arquetipo

(a) problemas → solución dada por soporte +; solución → problemas -; solución → dependencia +; dependencia → aprender -; aprender → problemas - (con demora); problemas → aprender +.

(b) **B1**: problemas → solución (+) → problemas (-): una negativa. **B2**: problemas → aprender (+) → problemas (-): una negativa. **R1**: problemas → solución (+) → dependencia (+) → aprender (-) → problemas (-): dos negativas, refuerzo.

(c) **Desplazamiento de la carga** (4b, pp. 16 y 19): el soporte es la solución sintomática y aprender, la fundamental. Intervención: capacitar al equipo mientras el soporte se usa para ganar tiempo; indicador: proporción de incidentes que el equipo resuelve sin ayuda, comparada cada mes con una línea base.

Solución 2. Balance de un nivel

(a) $\text{Saldo} = \text{INTEG}(\text{Depositos} - \text{Gastos}, 300)$ en Q; depósitos y gastos en Q/mes.

(b) $d\text{Saldo}/dt = 80 - 120 = -40$ Q/mes; $\text{Saldo}(6) = 300 + 6 \times (-40) = \mathbf{Q60}$.

(c) $300 / 40 = \mathbf{7.5 \text{ meses}}$; patrón **lineal decreciente** porque el flujo neto es constante.

(d) El flujo neto es cero: el saldo se mantiene constante en el valor que tenga, aunque entre y salga dinero (equilibrio dinámico).

Solución 3. Clasificación de variables

Variable	Tipo	Unidades
Población infectada	Nivel	personas
Tasa de contagio	Flujo	personas/semana
Población vulnerable	Auxiliar	personas
Población total	Constante	personas
Libros pendientes	Nivel	libros
Compras	Flujo	libros/mes
Brecha	Auxiliar	libros
Saldo	Nivel	\$
Intereses	Flujo	\$/mes
Tasa de interés	Constante	1/mes
Casas sin teléfono	Auxiliar	casas
Instalaciones	Flujo	casas/mes

Los niveles se reconocen porque existen en un instante; los flujos llevan «por unidad de tiempo»; las auxiliares se calculan ($PV = PT - PI$; Brecha = Objetivo - Pendientes; Sin teléfono = Total - Con teléfono).

Solución 4. Conversión de un relato

(a) **B1**: personal → brecha (-) → contrataciones (+) → personal (+): una negativa. **B2**: personal → renuncias (+) → personal (-): una negativa. Personal deseado → brecha (+).

(b) Nivel *Personal*; flujo de entrada *Contrataciones* desde una nube; flujo de salida *Renuncias* hacia una nube; auxiliar *Brecha*; constantes *Personal deseado* (100), fracción de ajuste (1/4 por mes) y tasa de renuncia (0.05 por mes).

Personal	=	INTEG(Contrataciones - Renuncias, 60)	~ personas
Brecha	=	Personal deseado - Personal	~ personas
Contrataciones	=	Brecha / 4	~ personas/mes
Renuncias	=	0.05 * Personal	~ personas/mes

- (d) Mes 0 → 1: brecha 40, contrataciones 10, renunciaciones 3 ⇒ $P(1) = 60 + 10 - 3 = 67$. Mes 1 → 2: brecha 33, contrataciones 8.25, renunciaciones 3.35 ⇒ $P(2) = 67 + 8.25 - 3.35 = 71.9$ personas.
- (e) $0.25 (100 - P_{eq}) = 0.05 P_{eq} \Rightarrow 25 = 0.30 P_{eq} \Rightarrow P_{eq} = 83.33$ personas. No llega a 100 porque las renunciaciones siguen saliendo: el equilibrio está donde contrataciones = renunciaciones, igual que en Francisco y en la p. 50 de la presentación 4a.

Solución 5. Fases, usos y tipos de modelado

- (a) Definición del problema → conceptualización → formalización → comportamiento → evaluación → explotación (con regresos cuando un supuesto falla).
- (b) **Comportamiento** (simular para obtener trayectorias) y **explotación** (simular escenarios para comparar políticas). Marcar solo una valió la mitad en la evaluación corta 3.
- (c) Modelado para la **explicación**: el modelo formal se usa para dar cuenta a otros de su comprensión (si después decide con él, también para la intervención).
- (d) Un **ciclo de aprendizaje** que reconstruye y mejora el modelo a partir de lo observado al actuar (4a, pp. 57–58).

Solución 6. Epidemia

- (a) $PV(0) = 100 - 10 = 90$ personas; $TC(0) = 0.15 \times 0.025 \times 10 \times 90 = 3.375$ personas/semana.
- (b) Paso 1 ($\Delta t = 0.25$): $PI = 10 + 0.25 \times 3.375 = 10.84375$. Paso 2: $PV = 89.15625$; $TC = 0.00375 \times 10.84375 \times 89.15625 = 3.62546$; $PI(0.5) = 10.84375 + 0.25 \times 3.62546 = 11.75011$ personas. Con $\Delta t = 1$: $PI(1) = 10 + 3.375 = 13.375$ personas.
- (c) $TC = 0.00375 \times PI \times (100 - PI)$ es una parábola con máximo en **PI = 50**: $TC = 0.00375 \times 50 \times 50 = 9.375$ personas/semana.
- (d) Porque PV tiende a cero: el ciclo de balance (infectados → vulnerables → contagio) domina al de refuerzo cuando quedan pocos vulnerables.

Solución 7. Francisco

Mes	Pendientes	Compras	Lectura
0	20.000000	-3.750000	10.000000
1	6.250000	6.562500	3.125000
2	9.687500	3.984375	4.843750
3	8.828125	4.628906	4.414063

- (b) $0.75 (15 - P_{eq}) = 0.5 P_{eq} \Rightarrow P_{eq} = 9$ libros; lectura de equilibrio 4.5 libros/mes.
- (c) Brecha = -5 ⇒ compras = 0; lectura = 10 ⇒ pendientes del mes 1 = 20 - 10 = 10 libros.
- (d) $P_{eq} = 0.75 \times 20 / 1.25 = 12$ libros.
- (e) Porque en equilibrio las compras deben igualar la lectura; la lectura sigue mientras haya libros, así que el nivel se estabiliza por debajo del objetivo.

Solución 8. Préstamos

- (a) Saldo = INTEG(Intereses, saldo inicial) en \$; Intereses = Tasa * Saldo en \$/mes; Tasa en 1/mes.
- (b) 12 meses: \$3,591.71 y \$3,138.43; 14 meses: \$3,959.86 y \$3,797.50; 24 meses: \$6,450.20 y \$9,849.73 (banco 1 y banco 2).
- (c) $2000 \cdot 1.05^t = 1000 \cdot 1.10^t \Rightarrow t = \ln 2 / \ln(1.10/1.05) = 14.90$ meses; en meses enteros, el banco 2 supera al 1 desde el mes 15.
- (d) \$3,216.87 (banco 1) contra \$2,563.30 (banco 2): **conviene el banco 2**. Ojo: la conclusión oral de la clase 21 dijo lo contrario (Parte C).
- (e) Aparece un flujo de salida (pago) que reduce el saldo y un ciclo de balance saldo → intereses → pago → saldo; hay que fijar la regla de amortización (cuota fija, plazo) y declararla como supuesto.

Solución 9. Teléfonos

(a) $\text{Con telefono} = \text{INTEG}(\text{Instalaciones}, 0)$ en casas; $\text{Sin telefono} = \text{Total casas} - \text{Con telefono en casas}$; $\text{Instalaciones} = \text{Tasa} * \text{Sin telefono en casas/mes}$; Tasa en 1/mes.

(b) 27.00, 24.57 y 22.3587 casas/mes; acumuladas: 27, 51.57 y 73.93.

(c) Con el criterio «menos de una casa pendiente»: **61, 140 y 66 meses**.

(d) Porque el nivel se acerca al total sin alcanzarlo (cada mes se instala solo una fracción de lo pendiente). La respuesta depende del umbral que definas: con «99 % instalado» serían 49, 113 y 49 meses.

Solución 10. Arquetipos por su historia

(a) **Soluciones rápidas que fallan** (B1 + R2): la rebaja alivia la caída (B1) pero acostumbra a esperar descuentos y erosiona la imagen del producto (R2, con demora). Intervención: atender la atraktividad del producto mientras se usan promociones puntuales. Si el énfasis es que se abandona la solución fundamental y crece la dependencia, se argumenta como desplazamiento de la carga.

(b) **Erosión de metas** (B1 con demora + B2): bajar la meta cierra la brecha de inmediato. Intervención: anclar la meta a una referencia externa y sostener la visión.

(c) **Crecimiento y subinversión** (R1 + B2 + B3 con demora): la caída de la demanda «justifica» no invertir. Intervención: invertir en capacidad anticipada y decidir con señales externas de la demanda.

(d) **Tragedia de los comunes** (R1, R2 + B3, B4): cada facultad gana reservando más, pero el uso total satura el recurso. Intervención: reglas acordadas, información visible del uso y una instancia que asigne según las necesidades del conjunto.

Solución 11. Hábitos y etapas

(a) **8** considera un tema completamente y resiste una conclusión rápida; **10** usa la estructura para identificar acciones de apalancamiento; **11** considera consecuencias a corto plazo, a largo plazo e inesperadas; **12** presta atención a las acumulaciones y sus tasas de cambio; **14** examina los resultados y cambia las acciones: aproximación sucesiva.

(b) El **6** pertenece al grupo de la Unidad 1 (construir modelos mentales sistémicos); el **13**, al de la Unidad 3 (estructuras sistémicas complejas).

(c) Revisar indicadores después de implementar: etapa 4 (hábito 14). Probar el supuesto del proveedor: etapa 2 (hábito 7). Calcular el inventario acumulado: etapa 3 (hábito 12). Observar que los faltantes se repiten: etapa 1 (hábito 2).

Solución 12. Decisión, apalancamiento y resiliencia

(a) (i) multa: **parámetro, lugar 12**; (ii) recordatorios: **flujos de información, lugar 6**; (iii) renovación en línea: **reglas del sistema, lugar 5**; (iv) nuevo objetivo: **objetivos del sistema, lugar 3**. De menor a mayor efectividad: i, ii, iii, iv.

(b) Ejemplo: (ii) + (iii). El nivel «préstamos vencidos» aumenta con el flujo «vencimientos sin devolver» y disminuye con «devoluciones y renovaciones». Los recordatorios reducen el flujo de entrada y la renovación en línea aumenta la salida sin castigar; actúan sobre la estructura, no solo sobre un parámetro.

(c) Corto plazo: menos vencidos y más carga en el sistema de renovaciones. Largo plazo: usuarios que confían en el servicio y préstamos que circulan más. Inesperadas: renovaciones indefinidas que bloquean libros muy demandados; conviene un límite de renovaciones.

(d) Indicador: porcentaje de préstamos vencidos por semana. Meta: bajarlo a la mitad en un semestre. Revisión: a las 6 semanas, respetando la demora de adopción; si no baja, ajustar el aviso o el límite y volver a evaluar (diseñar → implementar → evaluar → mejorar).

(e) **Objetivos futuros**: la meta de acceso orienta las decisiones. **Hacer las cosas con los elementos a mano**: usar el correo y el sistema actuales en vez de esperar un sistema nuevo. También vale enfrentar la realidad: medir la situación actual antes de actuar.

Parte F. Plan de estudio y hoja de repaso final

Plan para el tiempo que queda desde el **martes 20 de octubre** hasta el escrito del **jueves 22 a las 7:10** y la práctica del **sábado 24**. Usa bloques de 50 minutos con 10 de pausa; si tienes menos tiempo, sigue la versión mínima.

Día	Bloques de estudio	Producto que debes tener al terminar
Martes 20 5 bloques	1. Parte A: alcance y repaso de prioridad alta; practica signos y ciclos con las figuras 1 y 2. 2. Temas 4.2 y 4.3: rehaz a mano la epidemia y la capacidad. 3. Patrones, epidemia y Francisco (4.5). 4. Préstamos y teléfonos; fases, usos y receta de Vensim (4.4). 5. Ejercicios 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9; corrige con la Parte E.	Una hoja con las reglas de conversión y las ecuaciones de los cuatro casos; tablas de Euler hechas a mano.
Miércoles 21 5 bloques	1. Arquetipos (4.1): dibuja los diez de memoria con signos y ciclos. 2. Decisiones, Meadows, hábitos, etapas y resiliencia (4.6–4.7). 3. Parte C: errores y erratas. 4–5. Simulacro: los doce ejercicios en 100 minutos; luego 40 minutos de corrección.	Lista de lo que fallaste en el simulacro y la hoja de repaso final revisada. Duerme temprano.
Jueves 22 30 minutos antes	Solo la hoja de repaso final: nada nuevo. Examen de 7:10 a 8:50 en el salón 110 del T-3. Por la tarde, instala o abre Vensim PLE y reconstruye Francisco y los préstamos (1 hora).	Vensim funcionando y dos modelos guardados.
Viernes 23 1.5–2 horas	Reconstruye la epidemia y los teléfonos; compara corridas con nombre; prepara la plantilla del informe PDF.	Plantilla del informe lista (ver 4.4).
Sábado 24 7:10–8:50	Práctica virtual: conéctate antes, guarda capturas mientras trabajas y responde con gráficas o tablas.	Informe PDF entregado.

Versión mínima. Si solo tienes seis horas antes del jueves: (1) 4.2–4.3 con la epidemia y Francisco, 2 horas; (2) arquetipos: tabla resumen y los cuatro del ejercicio 10, 1.5 horas; (3) hábitos, etapas y decisiones, 1 hora; (4) ejercicios 2, 4, 7, 10 y 11, 1.5 horas.

Hoja de repaso final

Tema	Lo que debes recordar
Ciclos	Impar de negativas: B; par o ninguna: R. La demora cambia el momento, no el signo.
Nivel y flujo	$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta t(E - S)$. Nivel en u ; flujos en u /tiempo. Flujos iguales: el nivel no cambia.
Conversión	Flecha que llega a un nivel = flujo; + entrada, - salida. Información $\neq$ material. Nubes en la frontera.
Formas	$N = N_0 e^{rt}$; $t_2 = \ln 2/r$; $N = M + (N_0 - M)e^{-kt}$; equilibrio $aM/(a + b)$.
Epidemia	$TC(0) = 3.375$; $PI(0.25) = 10.84375$; TC máx. = 9.375 personas/semana con $PI = 50$; curva en S.
Francisco	$20 \rightarrow 6.25 \rightarrow 9.6875 \rightarrow 8.828 \rightarrow 9$; lectura 4.5 libros/mes; con MAX: $20 \rightarrow 10 \rightarrow 8.75$.
Préstamos	12 m: 3,591.71 / 3,138.43; 14 m: 3,959.86 / 3,797.50; 24 m: 6,450.20 / 9,849.73; cruce 14.9; negociado: 3,216.87 / 2,563.30 (banco 2).
Teléfonos	27; 24.57; 22.36 instalaciones; menos de 1 casa pendiente: 61, 140 y 66 meses.
Arquetipos	SRF B1+R2 · Desplazamiento B1+B2+R1 · Límites R1+B2 · Subinversión R1+B2+B3 · Erosión B1+B2 · Escalada B1+B2 (8) · Éxito R1+R2 · Tragedia R1+R2+B3+B4 · Proceso y demora B.
Hábitos U4	8, 10, 11, 12, 14. Etapas: 1-4 6-9 10-13 14; el 5 no aparece. Grupos: U1 1, 6, 7, 9; U3 2, 3, 4, 5, 13.
Decisiones	Meadows de 12 (parámetros) a 1 (trascender paradigmas). Apalancamiento: entender la estructura. Diseñar $\rightarrow$ implementar $\rightarrow$ evaluar $\rightarrow$ mejorar.
Modelado	Fases: definición, conceptualización, formalización, comportamiento (Vensim), evaluación, explotación (Vensim). Usos: aprendizaje, explicación, intervención. Tipos: réplica, reconstrucción, construcción.
Resiliencia	Absorber impactos y recuperarse. Bases: objetivos futuros, realidad, sentido, hacer con lo que hay. Habilidades: positivos, concentrados, flexibles, organizados, proactivos, adaptables.
Logística	Jueves 22, 7:10, salón 110 T-3, en papel. Sábado 24, Vensim virtual con informe PDF. Reposición 29 con solicitud previa.

Fuentes y momentos de clase utilizados

Páginas: las del PDF de cada presentación (portada = 1). Tiempos: los de la grabación de cada clase.

Programa, presentaciones y lecturas

Código	Documento	Partes usadas
Programa	Teoría de Sistemas 1, programa del segundo semestre 2026	Unidad 4 (temas 4.1–4.7); calendario (tercera evaluación el 22 de octubre, reposición el 29); evaluación (parciales 17/17/16).
4a	Unidad 4a: Desarrollo de la simulación dinámica de sistemas (60 pp.)	Hábitos pp. 3–5; acumulaciones pp. 6–9; epidemia pp. 10–13; conversión pp. 17–22; préstamo pp. 23 y 33–35; estructura y simulación pp. 24–26; fases p. 27; componentes pp. 28 y 60; ventajas p. 29; Vensim p. 30; huevos y gallinas pp. 31–32; escenarios p. 36; teléfonos p. 37; usos pp. 38–40; patrones pp. 41–52; entornos p. 53; presa-depredador pp. 54–55; almacén p. 56; tipos de modelado pp. 57–59.
4b	Unidad 4b: Hábitos de un pensador sistémico. Toma de decisiones sistémicas (48 pp.)	Póster p. 2; consecuencias pp. 3–9; soluciones rápidas pp. 5–7; hábito 8 pp. 12–14; efecto dominó p. 13; desplazamiento pp. 15–19; arquetipos pp. 20–21; apalancamiento pp. 23–28; Meadows p. 29; aproximación sucesiva pp. 30–35; resiliencia pp. 36–41; etapas pp. 43–47.
L-17	Pegasus: Arquetipos sistémicos de un vistazo (1 p.)	Estructura, descripción y lineamientos de los ocho arquetipos.
L-18	Kim y Lannon-Kim: Guía práctica para el uso de los arquetipos (1 p.)	Aplicación, siete pasos y ejemplo de cada arquetipo.
L-19	Valentini: Arquetipos sistémicos, detalles y ejemplos (7 pp.)	Proceso y demora p. 1; límites p. 2; desplazamiento pp. 2–3; intervención p. 3; erosión p. 4; escalada pp. 4–5; éxito p. 5; tragedia p. 6; soluciones rápidas pp. 6–7; subinversión p. 7.
L-20	Castello: Resiliencia, un enfoque sistémico (8 pp.)	Definiciones p. 1; bases pp. 2–3; modelo del Hoy al Mañana p. 4; habilidades pp. 4–5; montaña rusa p. 6; implementación p. 7; visión holística p. 8.
L-15	Aracil: Dinámica de sistemas (ISDEFE)	Epidemia, págs. 36–45 impresas; fases del modelado, págs. 58–60 impresas.
Kim	Lineamientos para dibujar diagramas de ciclos causales (1 p.)	Diez lineamientos; regla de las negativas.
EC3	Evaluación corta 3 (17 de octubre), revisión del intento	Diez preguntas y su retroalimentación.
Videos	Recomendados en UEDI para la unidad	Cápsula 5 y Gustavo Pineda (arquetipos); TED-Ed (tragedia de los comunes); Eleazar Puente (conversión); tutorial de Vensim, lecciones 3 y 4; Universidad de Valladolid (patrones); Cápsula 8 (apalancamiento).

Clases de la Unidad 4

Clase	Momentos utilizados
C2–C16	Repaso de las unidades 1 a 3: los momentos que indica la tabla de la Parte A.
C18 · 19 sep.	Unidad IV 00:55:51–01:08:02; niveles y flujos 01:12:57–01:18:54; bebedero 01:28:31–01:33:27; matrícula 01:33:27–01:42:06.
C19 · 24 sep.	Epidemia 00:12:36–00:36:25; Vensim 00:36:25–01:18:19; dependencia faltante 00:51:48; corrida fallida 01:18:19–01:28:40; capital 01:28:40–01:41:48.
C20 · 26 sep.	Corrección de la epidemia 00:35:17–00:51:13; Francisco 00:51:13–01:47:34 (ecuaciones y límite 01:30:14–01:36:53; resultados 01:36:53–01:47:34).
C21 · 8 oct.	Componentes 00:13:00–00:22:42; conversión y patrones 00:22:42–00:52:54; préstamos 00:52:54–01:38:06 (doce meses 01:20:57; veinticuatro 01:28:37; tasas negociadas 01:33:50–01:38:06).
C22 · 10 oct.	Consecuencias 00:03:42; soluciones rápidas 00:10:32–00:35:26; Judy y María 00:35:26; hábito 8 00:47:24–01:07:22; desplazamiento 01:07:22–01:25:45; arquetipos 01:25:45–01:34:49.
C23 · 15 oct.	Logística 00:00:45–00:04:29; apalancamiento 00:08:25–00:44:32; Meadows 00:44:32–00:57:51; demoras 00:57:51–01:03:35; aproximación sucesiva 01:03:35–01:15:49; resiliencia 01:15:49–01:32:58.
C24 · 17 oct.	Parcial 00:09:33–00:13:22 y 00:28:42–00:31:30; etapas 00:13:22–00:28:42; usos 00:31:30–00:43:41; validación 00:43:41–00:50:56; tipos 00:50:56–00:54:02; reposición 00:54:02–01:01:19; teléfonos 01:01:19–01:14:49; informe 01:14:49–01:16:01; evaluación corta 01:16:01–01:33:26.