

APLICANDO LA DINÁMICA DE SISTEMAS

will have many

APPLICATIONS



air traffic control



industrial process control



insurance handling



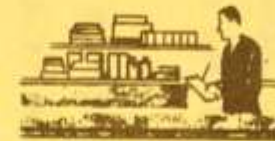
simulation

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

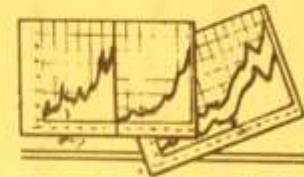
mathematics



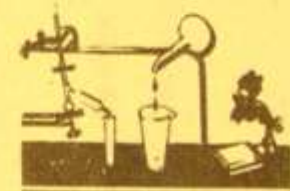
census



inventory



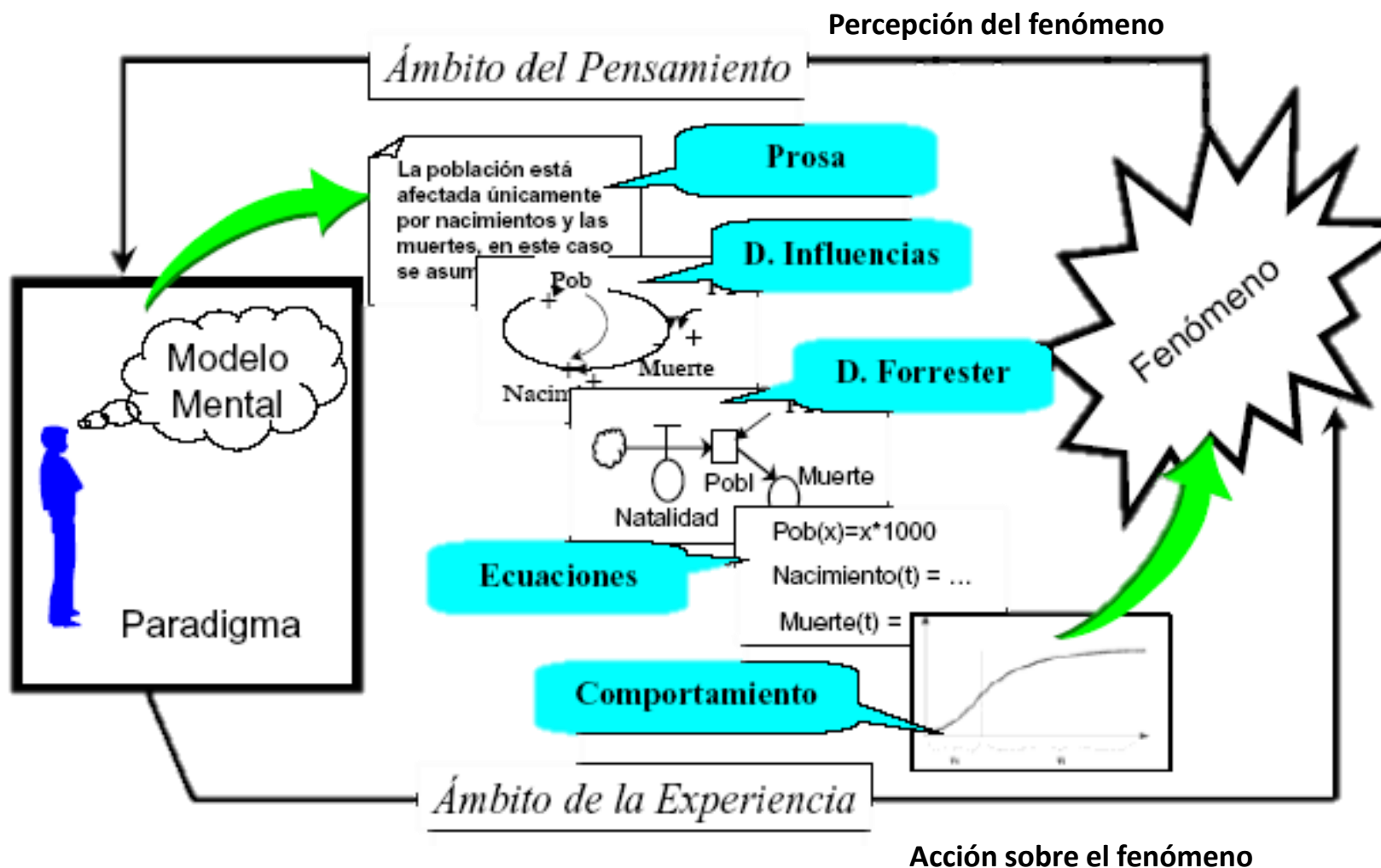
economic analysis



scientific and engineering computations

Metodología de la DS:

Uso sistemático de los Pasos de la DS



Ejemplo para el trabajo de modelización con DS: “Modelización dinámico-sistémica para el estudio del transporte de la ciudad”

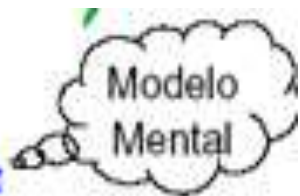
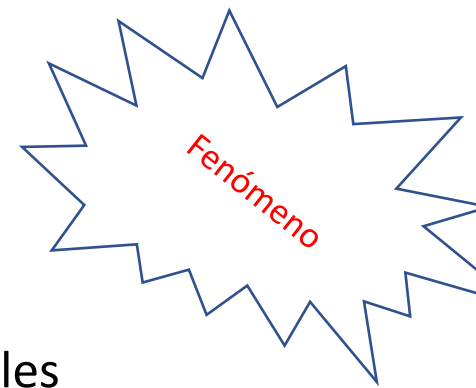
El siguiente ejemplo de investigación, empleando la metodología de la Dinámica de Sistemas, está basado en un ejemplo tomado del capítulo 3 del texto de Hugo Santader y otros autores, “Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad”

Los cambios más importantes realizados al texto son: Una prosa reducida con nuevo contexto, incorporación de nuevas variables, cambios de datos de simulación y creación de nuevos escenarios (prototipos) con el fin de lograr un ejemplo más didáctico.

ESTUDIO 1: Modelización dinámico-sistémica para el estudio de la población automotriz

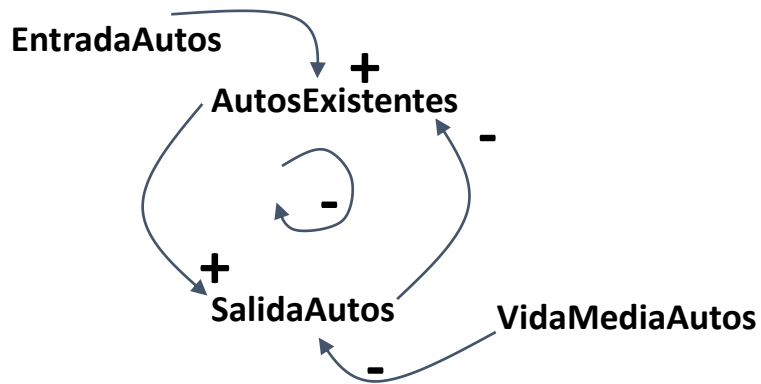
Paso 1: Prosa (Extracto)

- “Desde una perspectiva amplia ¹ los principales medios de transporte urbano son la bicicleta, los autobuses, el metro y el automóvil. Cada uno de estos medios tiene características particulares que justifican no solo estudiar su comportamiento conjunto sino también un estudio profundo de cada uno por separado ² . Considerando que ante contingencias (como el coronavirus) hay una tendencia al mayor uso de los medios de transporte individuales y dado su gran impacto en otros aspectos (por ejemplo, sobre la contaminación ³), este estudio inicialmente se limita ⁴ al parque automotriz.” (Ref.:...)

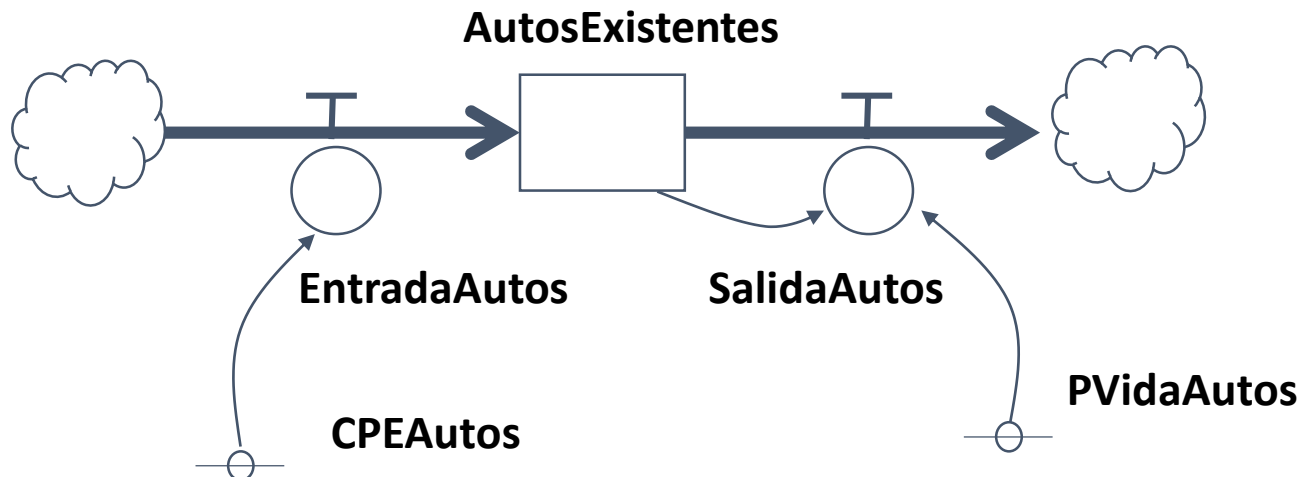


1. Momento de Síntesis
2. Momento de Análisis
3. Pensamiento crítico
4. Reduccionismo consciente

1er Prototipo Sistema Autos (Diagramas de Influencias y de Forrester)



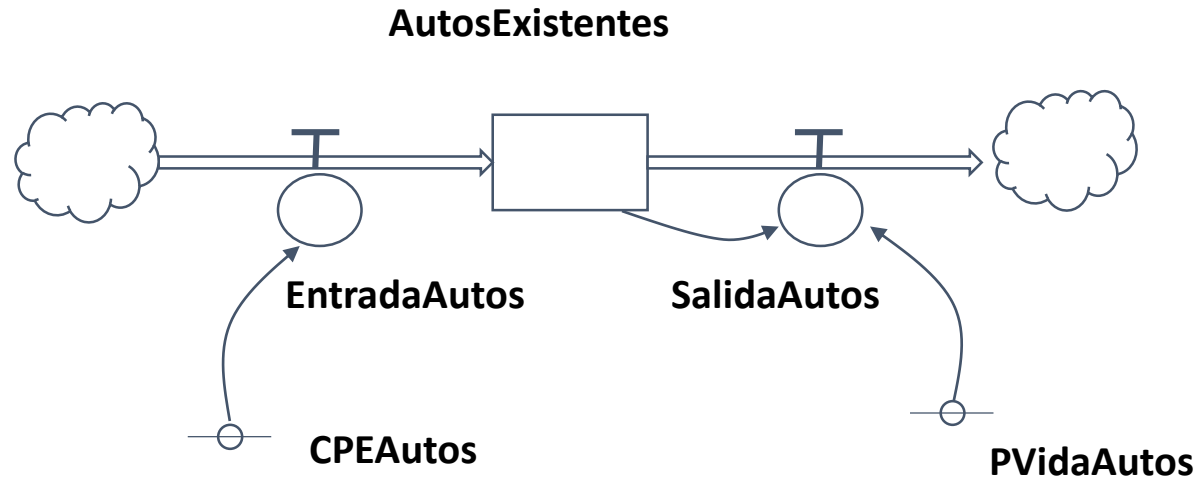
- La Entrada de Autos depende de una tasa (o un promedio) deducida de la demanda y construcción de los mismos.
- La Salida de Autos del Sistema tiene que ver con la obsolescencia y retiro de autos de la circulación.
- La Vida Media de los Autos puede ser obtenida por datos estadísticos.



Cantidad Promedio de
Entrada de Autos (cte.)

Promedio de Vida de Autos
(cte.)

1er Prototipo Sistema Autos (Ecuaciones del modelo)



$$\frac{d(\text{AutosExistentes})}{dt} = \text{EntradaAutos}(t) - \text{SalidaAutos}(t)$$

$$\text{EntradaAutos}(t) = f(\text{CPEAutos})$$

→ (ej.:)

$$\text{EntradaAutos}(t) = \text{CPEAutos}$$

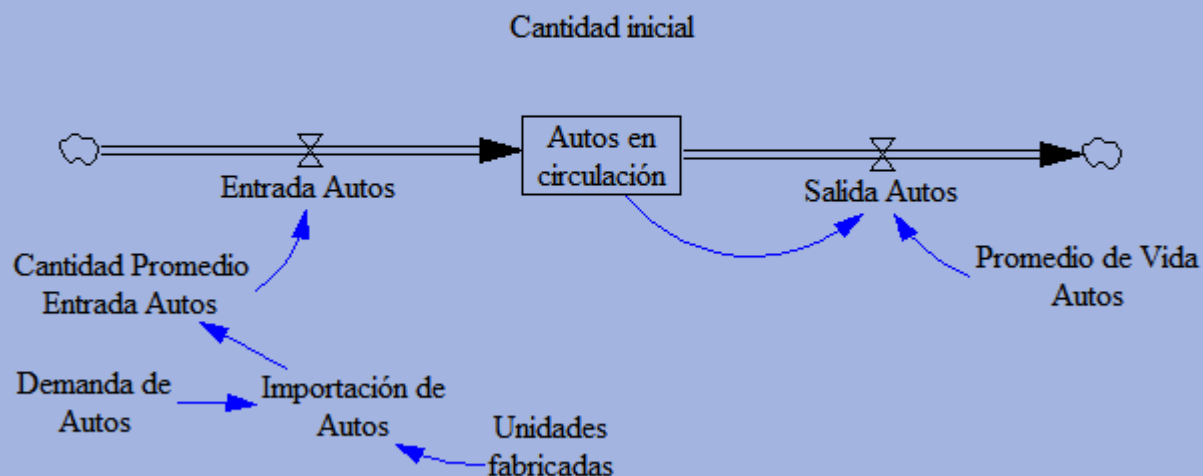
$$\text{SalidaAutos}(t) = f(\text{AutosExistentes}, \text{PVidaAutos})$$

→ (ej.:)

$$\text{SalidaAutos}(t) = \text{AutosExistentes} / \text{PVidaAutos}$$

Simulación con Vensim

Sistema Transporte: "Subsistema Parque Automotriz"

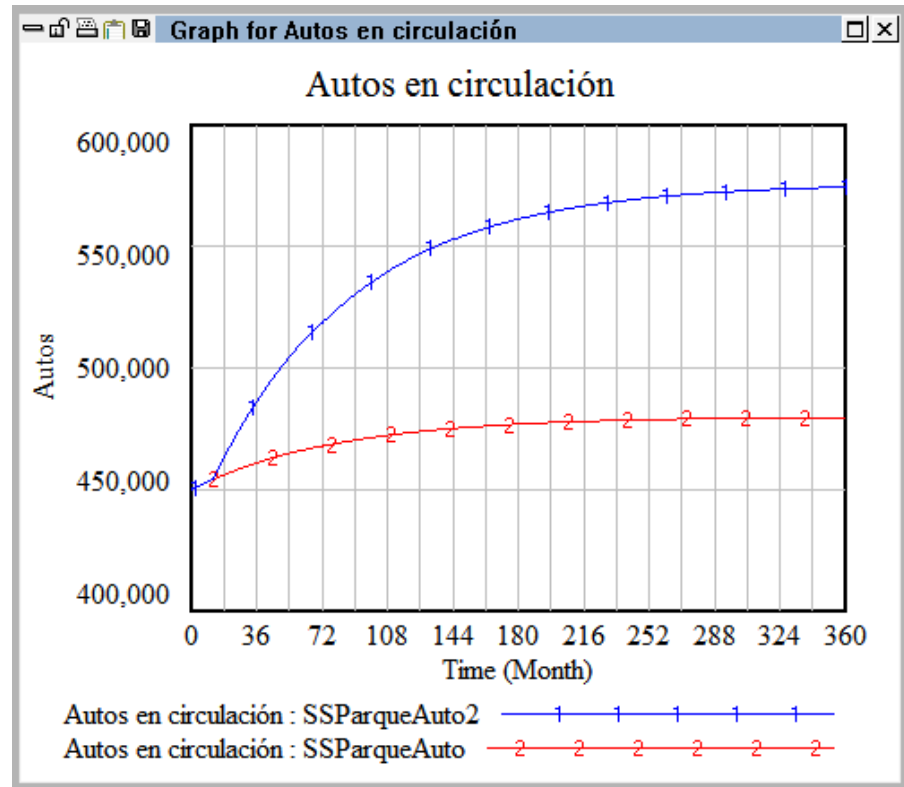


Sistema Transporte: "Subsistema Parque Automotriz"

Ajustes de Simulación	Sim 1	Sim 2	Observaciones	
Tiempo inicial; Tiempo final	0;360	0;360	meses	dT= 1 mes
Demanda de Autos	6000	7200	Autos/mes	
Unidades Fabricadas	8000	8000	Autos/mes	
Promedio de Vida Autos	80	80	meses	
Cantidad Inicial (de autos en circulación)	450000	450000	Autos	
Cantidad Promedio entrada autos = Min(Demanda de Autos, Unidades Fabricadas)				

Resultados de dos simulaciones y Conclusiones

- Las estimaciones previas del crecimiento del parque automotriz consideraban que, con la demanda actual de 6000 autos/mes, de aquí a 10 años, el número actual de autos en circulación (450.000) alcanzaría a unos 473.000, cifra que se estabilizaría en ese rango.
- No obstante, las nuevas proyecciones económicas hacen prever que, el próximo año, la demanda por autos crecerá a lo menos un 20% por sobre lo supuesto anteriormente. Este nuevo escenario predice que en 10 años más, el parque automotriz será de unos 545.000 autos, cifra que seguirá creciendo.
- Urge tomar medidas para evitar que la ciudad colapse. Por ej., incentivar un uso mayor del transporte público.

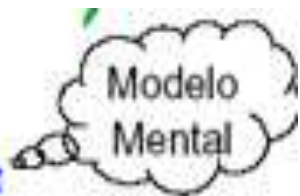


Time (Month)	"Autos en circulación"	Autos en circulación
118	Runs:	543895 473200
119	SSParque	544297 473285
120	Auto2	544693 473369
121	SSParque	545084 473452
122	Auto	545471 473534
123	Auto	545852 473615

ESTUDIO 2: Modelización dinámico-sistémica para el estudio del sistema vial de la ciudad

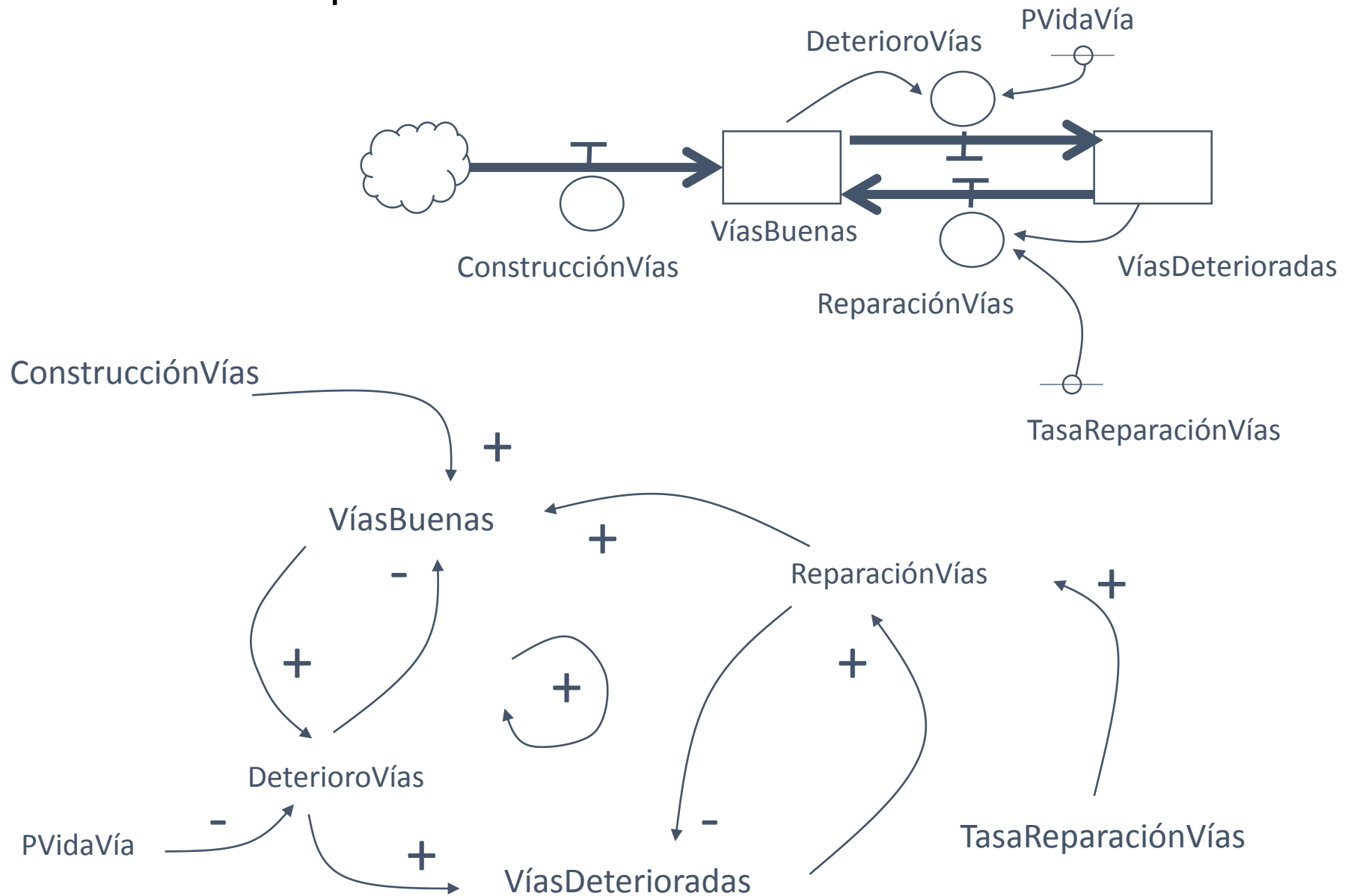
Paso 1: Prosa (Extracto)

- “Cuando se habla de estudiar el transporte de una ciudad inmediatamente se viene a la mente la pregunta ¿Qué tipo de medios usamos para movilizarnos? ¹ Desde una perspectiva amplia ² necesitamos pensar también, por ejemplo, en el desplazamiento a pie, por su beneficio para la salud ³. No obstante, hay un componente ⁴ muy relevante, al que prestamos poca importancia: “El estado de las vías”. Reconociendo su efecto global sobre toda la dinámica del transporte y desplazamientos en la ciudad, este estudio se enfoca ⁵ en el “sistema vial” ¿Cuáles son los factores que determinan el estado actual de las vías? ⁴” (Ref.: ...)

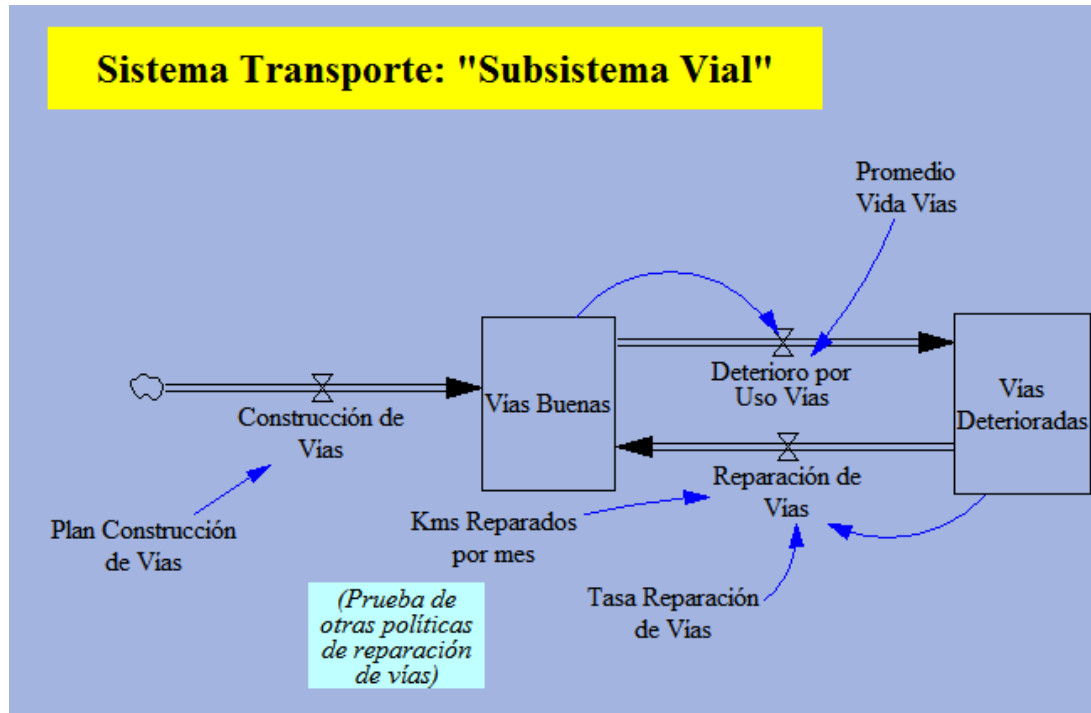


- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Reconocimiento de los modelos mentales | 4. Momento de Análisis |
| 2. Momento de Síntesis | 5. Reduccionismo consciente |
| 3. Pensamiento crítico | |

1er Prototipo Sistema Vial



Simulación con Vensim: 1er prototipo Sistema Vial



- La modelización incorpora la variable auxiliar “Kms Reparados por mes” para permitir la simulación de otras políticas de reparación de las vías que sustituyan o complementen a la actual de reparación proporcional a las Vías Deterioradas.

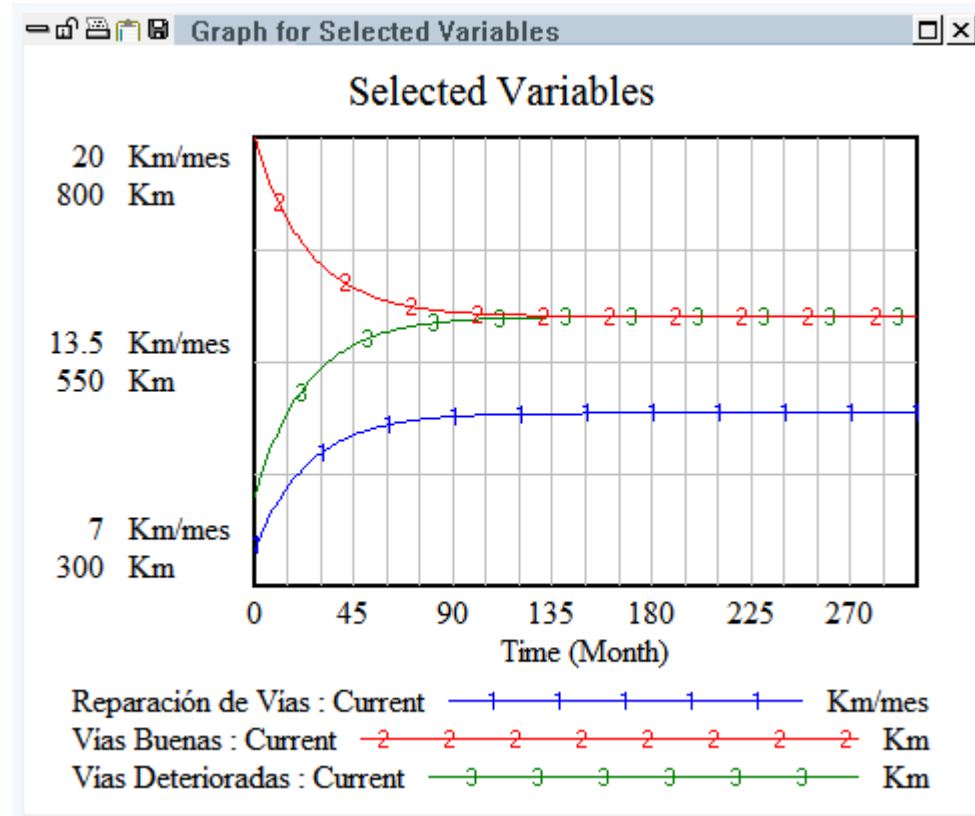
- Dados los altos costos involucrados, en el presente no hay un plan de construcción de vías relevante (PCV=0).
- La política actual de reparación proporcional a las VD considera una TRV=0,02 Km/mes

(Trabajo personal: a) TRV=0.04; b) TRV=0.06)

Sistema Transporte: "Subsistema Vial"				
Ajustes de Simulación	Sim 1	Sim 2	Observaciones	
Tiempo inicial; Tiempo final	0;300	0;300	meses	dT= 1 mes
Plan Construcción de Vías (PCV)	0	0	Km/mes	
Vías Buenas(0)= VB(0)	800	800	Km	100% usables
Vías Deterioradas(0) = VD(0)	400	400	Km	Uso reducido
Promedio Vida Vías (PVV)	50	50	meses	
Tasa Reparación de Vías (TRV)	0,02	(*)	Km/mes	
Reparación de Vías = f(VD, Tasa Reparación de Vías)				
Reparación de Vías = f(VD, Política Reparación por mes) =				
(*) 12 km/mes por 30 meses y después regreso a la TRV=0,02				

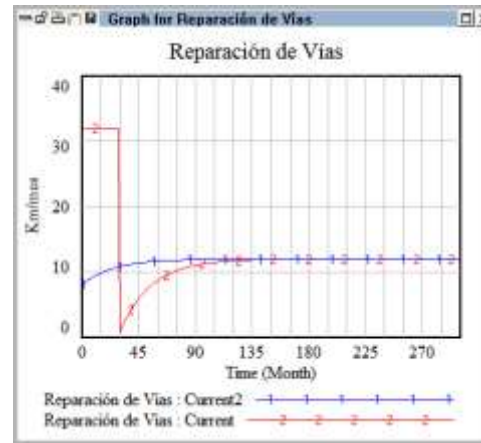
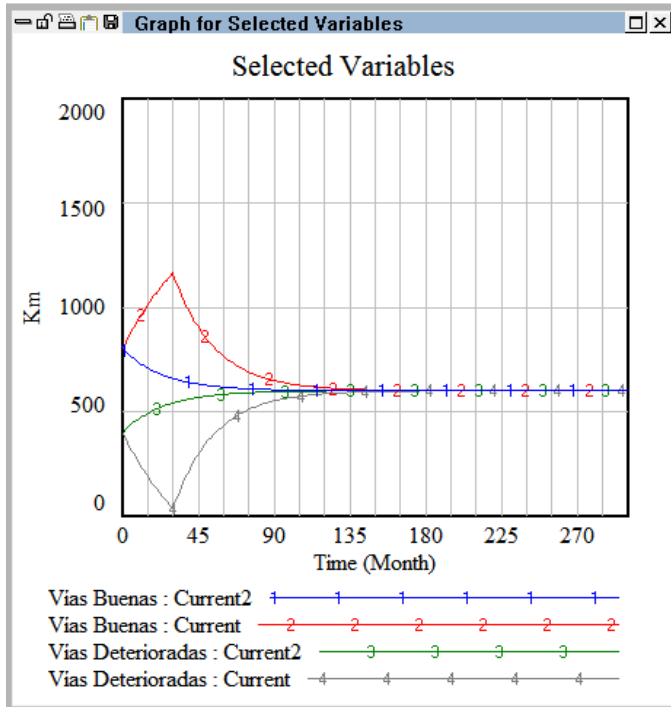
Conclusiones 1er prototipo Sistema Vial

- Puede observarse que la política actual de reparación proporcional a las VD ($TRV=0,02$ Km/mes) mantiene una tendencia hacia el deterioro de las vías. No obstante, tal situación se estabilizará en 10 años (con 600 vías al 100% y 600 vías con uso reducido).
- Equivalentemente, se puede verificar que esta política muestra que la tendencia es a mantener un promedio de 12 Km reparados por mes.
- La tendencia hacia el deterioro, evidenciada en el corto plazo, conlleva un problema de imagen negativa hacia los responsables de la gestión de las vías.
- Cabe preguntarse si, considerando el menor gasto en reparación de los primeros años, se podrá hacer un mayor desembolso inicial y esperar una mejora global en el largo plazo.



Time (Month)	Selected	Reparación de Vías Buenas	Vías Deterioradas
276	Variables	11.9999	600.003
277	Runs:	11.9999	600.002
278	Current	12	600.002
279		12	600.002

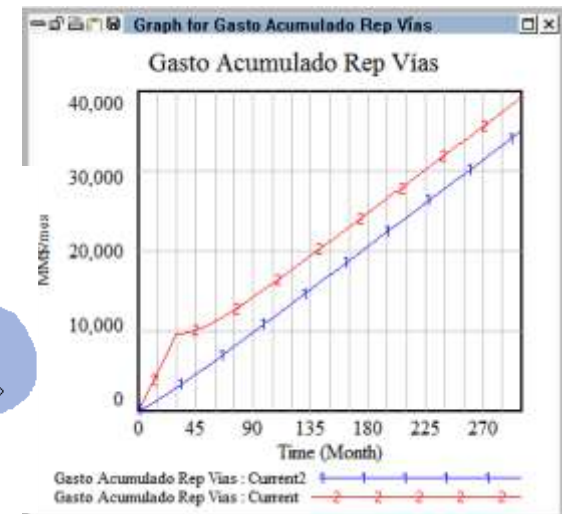
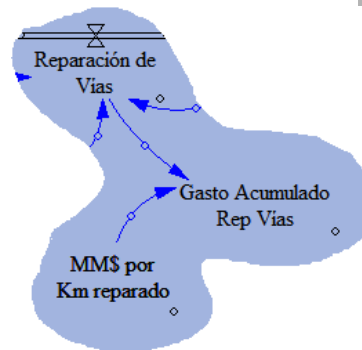
Conclusiones 2° prototipo Sist. Vial



1. La política a simular es reparar a partir de ahora 12 km/mes por 30 meses y después regresar a la TRV=0,02.

2. Al observar las curvas de Vías Buenas vs Vías Deterioradas, se verifica que al cabo de 30 meses todas las Vías estarán buenas y no habrá vías Deterioradas (¡Bien por la imagen!). Si en ese momento se suspende la inversión, es evidente que aumentará el deterioro. No obstante, la tendencia es estabilizarse en 600 vías al 100% y 600% con usos reducido, igual que antes. (¡Bien por la gestión!):

3. No obstante, si se agrega al modelo inicial una variable "Gasto Acumulado Rep Vías" [MM/mes] puede verse que la política 2 conlleva un gasto mayor a lo largo del tiempo. Habrá que usar el criterio B/C para evaluar si el Beneficio cualitativo de "mejorar la imagen" se valora como superior al Costo económico involucrado.



ESTUDIO SÍNTESIS: Modelización dinámico-sistémica para el estudio del transporte de la ciudad

Paso 1: Prosa (Extracto)

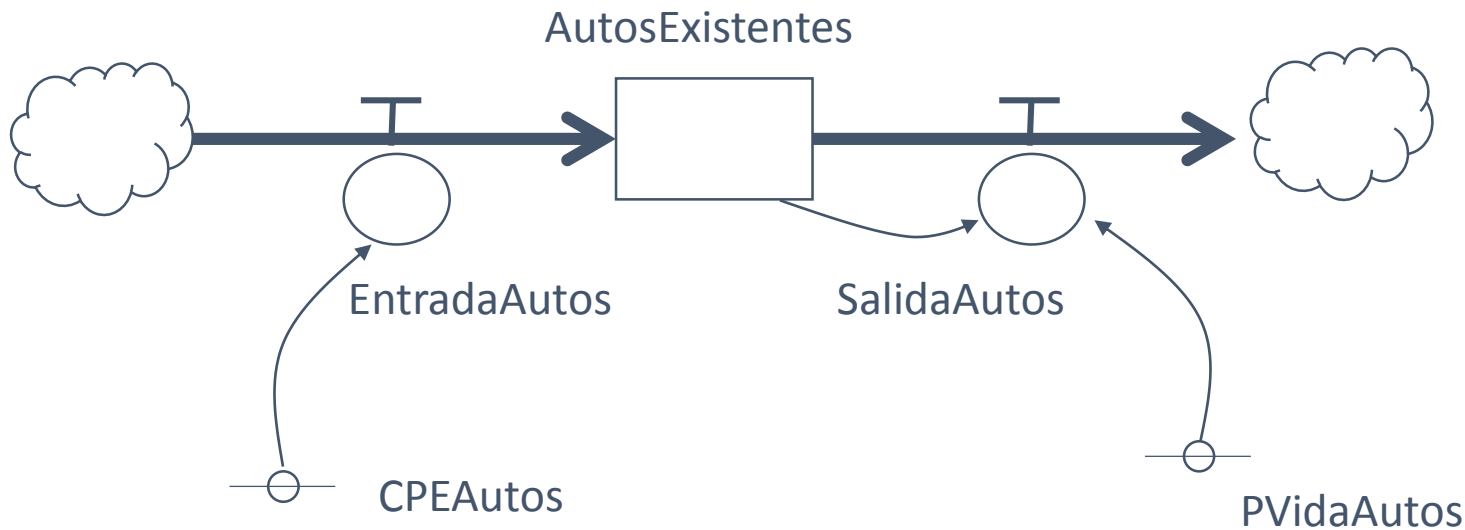
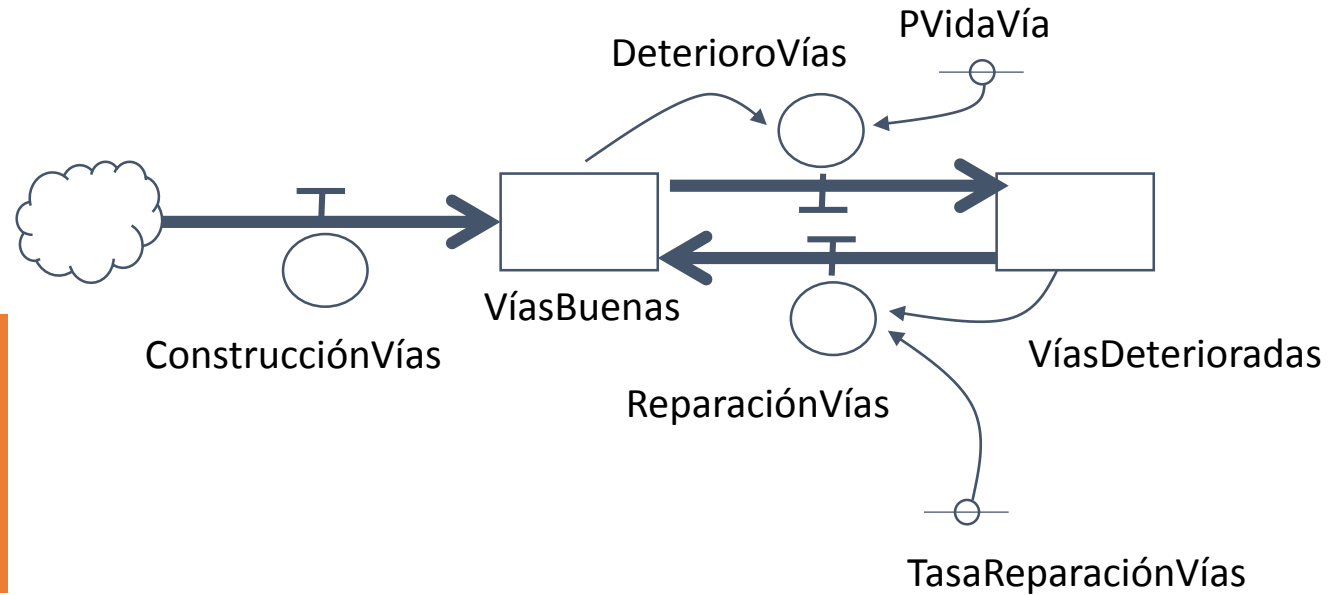
- “Reconociendo la complejidad del fenómeno del transporte en una ciudad, **su modelización parte de un momento de síntesis seguido de momentos de análisis** de los (sub)sistemas relevantes, lo que permite una posterior revisión de esa primera representación integral y así, en un ciclo de mejora interpretativa del territorio.
- El estudio 1) del Parque Automotriz (que determina la cantidad de autos existentes en la actualidad) y el estudio 2) del Sistema Vial (vías disponibles en la actualidad para la circulación de autos en la ciudad), aportan el conocimiento de dos de los principales subsistemas del sistema mayor (suprasistema): el **Sistema de transporte de la ciudad**.
- De esta visión surge la siguiente hipótesis: El **(sub)Sistema Automotriz** y el **(sub)Sistema Vial**, en su conjunto, son los que mejor explican **la problemática de la Congestión Vial**, que debe guiar el **estudio del transporte de la ciudad**.”



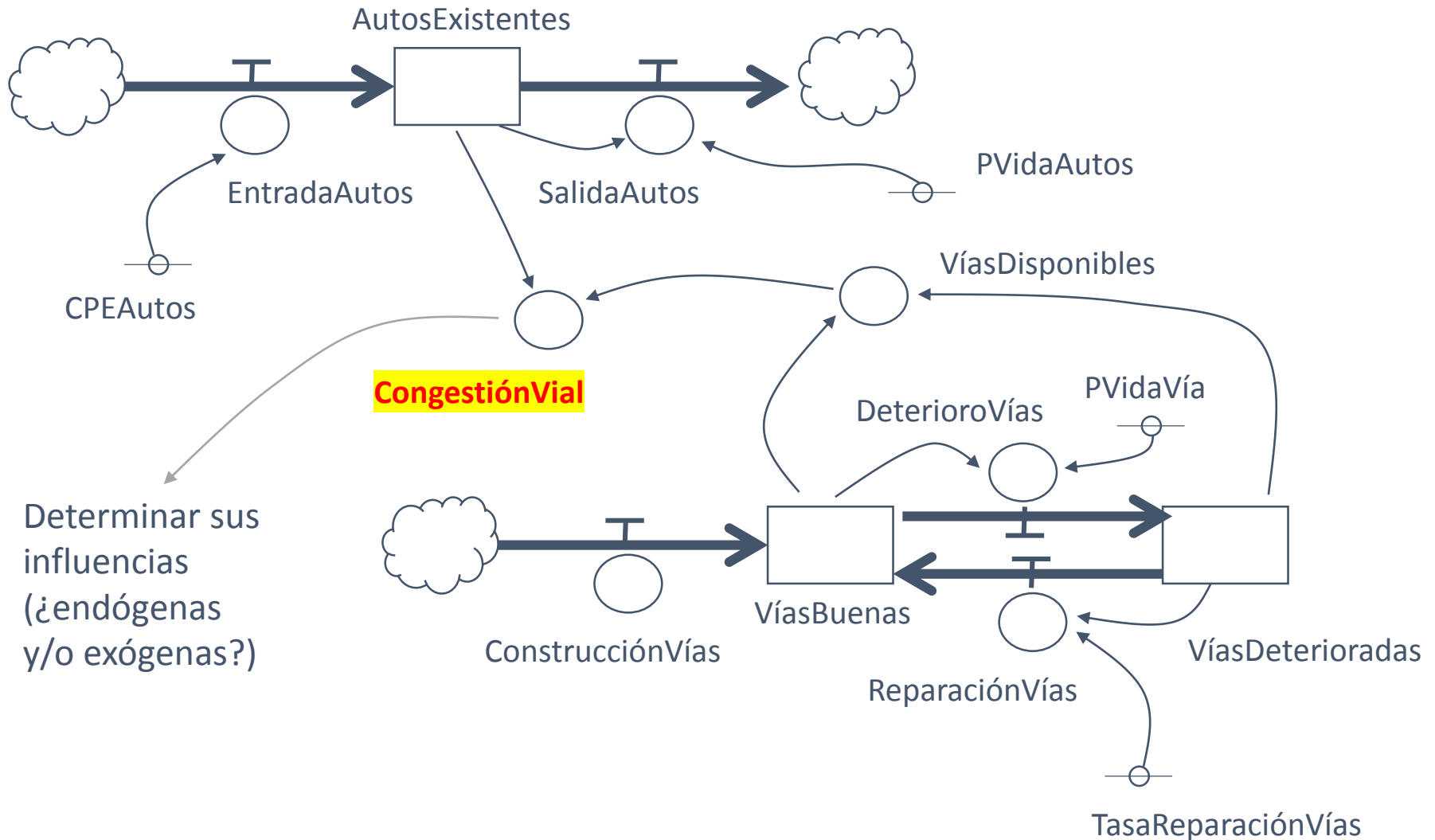
* Identifique Momento de Análisis, de Síntesis, Reduccionismo consciente, etc.

Congestión Vial = f(Autos, Vías)

TALLER: Vincule ambos diagramas y determine la Congestión Vial.



1er Prototipo Sistema de Transporte: (Vinculación Subsistemas Parque Automotriz y Vías)



Determinar sus influencias (¿endógenas y/o exógenas?)

CongestiónVial

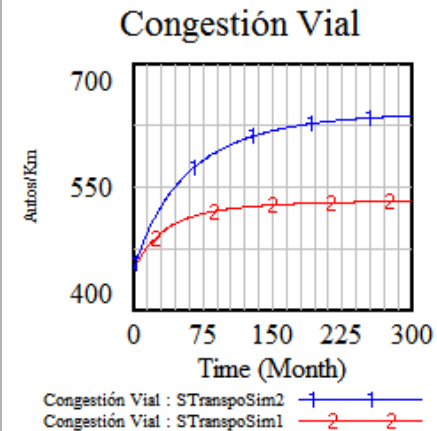
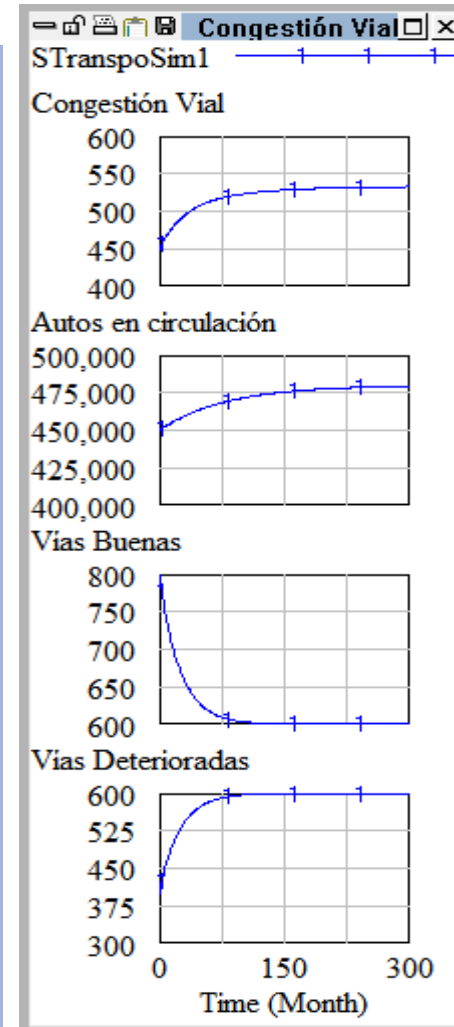
Sistema de Transporte: Estudio de la Congestión Vial

Vial. Prototipos 1 y 2

Sistema Transporte: Subsistemas "Parque automotriz", "Sistema vial"



- “Cifras alarmantes: Al día de hoy hay 450.000 autos circulando e ingresan 6000 más cada mes. Hay 1200 Km de vías (800 en buen estado y 400 al 50% de su capacidad) lo que implica tener 450 Autos por Km (45 autos por cada 100 mts.); ¡Esto es Congestión Vial!” (Ref.: ...).
- Lo datos otorgan evidencia concluyente: De mantenerse la actual política de importación de autos y la nula inversión en vías nuevas, la situación empeorará.

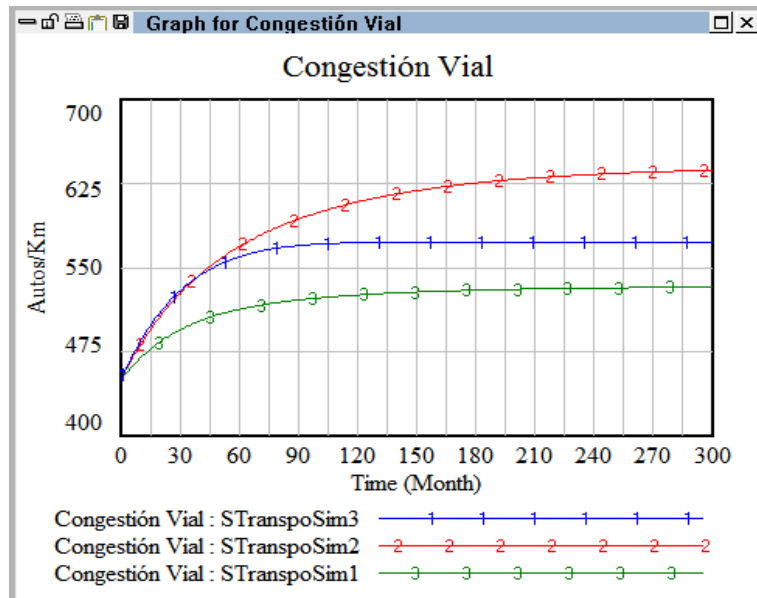


- **Prototipo 2:** Si se cumplen las proyecciones económicas: “la entrada de autos crecerá a lo menos un 20%”, la congestión vial crecerá en más de 100 Autos por Km.

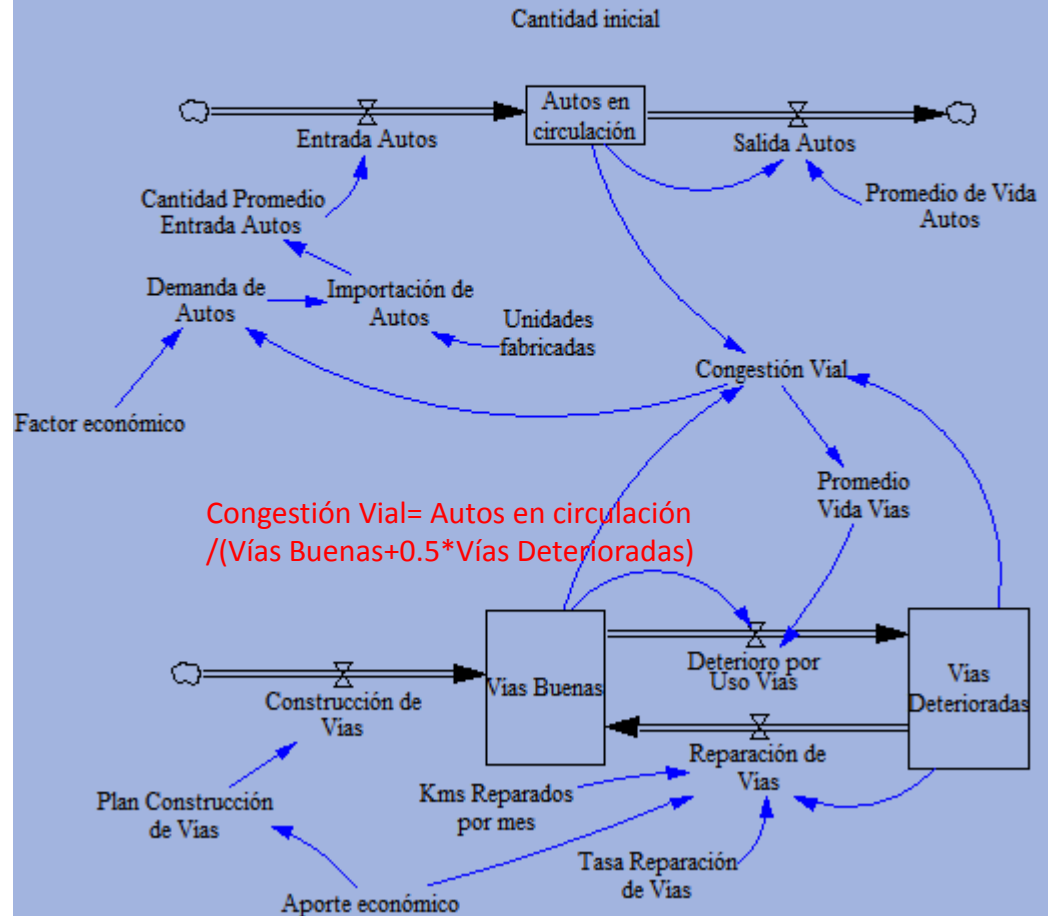
Sistema de Transporte: Estudio de la Congestión Vial. Prototipo 3

El Prototipo 3 es un modelo más realista; reconoce que:

- “Demanda de Autos” es proporcional al “Factor económico” e inversamente proporcional a la “Congestión Vial”
- Promedio de Vida Vías = $f(1/\text{Congestión Vial})$



Sistema Transporte: Subsistemas "Parque automotriz", "Sistema vial"

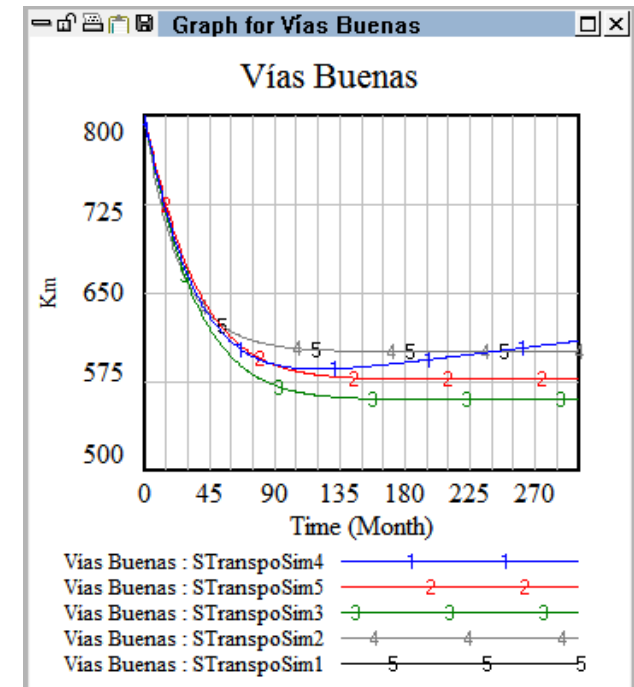
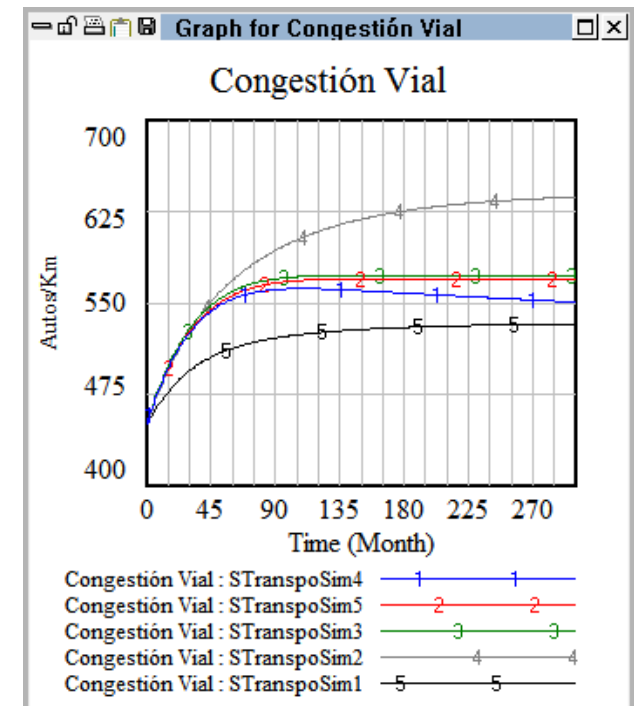


La mayor congestión Vial desincentiva la demanda (aprox. 10% menos) y produce mayor deterioro de las vías (aprox. 10% más).

Sistema de Transporte: Estudio de la Congestión Vial. Prototipo 3

- La bonanza económica permite proyectar un aumento del presupuesto para reparación y posibilita decidir por uno de dos nuevos escenarios:
 - Prototipo 4: construir 3 Km nuevo en 12 meses.
 - Prototipo 5: Aumentar la reparación en 8 Km de vías cada 12 meses.
 - Con los datos del Prototipo 3 ¿Cuál escenario elegir?
-
- Conclusión: El prototipo 5 permite proyectar una menor Congestión Vial en el tiempo que el 4. Transcurridos 30 meses aún mantiene una tendencia a la baja.
 - Esto mismo puede deducirse al visualizar la proyección de las Vías Buenas, las que presentan una tendencia hacia el aumento c.r. al Prototipo 4.

PARA FINALIZAR, ENTREGAR CONCLUSIONES GLOBALES SOBRE LO LOGRADO CON LA METODOLOGÍA DE LA DS.



FIN