

# **CAPÍTULO VIII**

Casos prácticos

## Revisión de la función de planificación en Colombia

Este estudio de caso es una aplicación del modelo de gestión de planificación del Estado Colombiano y asimismo es el estudio de caso para ilustrar cada etapa individual de la SSM.

### *Análisis del Modelo de Planificación por Proyectos de Colombia*

---

La actividad de Planeación Nacional en Colombia es ejecutada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), unidad administrativa que pertenece a la rama ejecutiva del poder público y depende directamente de la Presidencia de la República. Dicha entidad, eminentemente técnica, tiene como misión impulsar la implantación de una visión estratégica del país en los ámbitos social, económico y ambiental; complementariamente diseña, orienta y evalúa las políticas públicas colombianas, el manejo y asignación de la inversión pública y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos de gobierno.

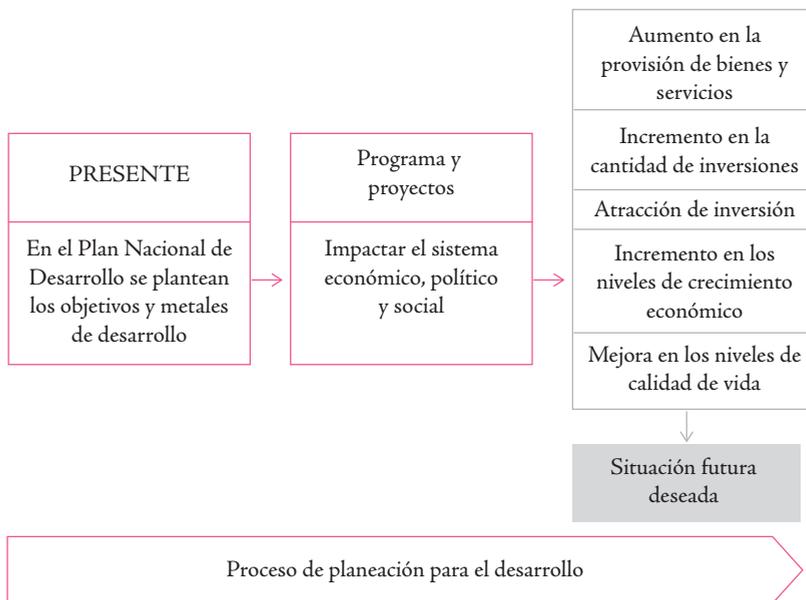
Para ilustrar lo anterior se representa el proceso de planificación en Colombia en la Figura 19; se muestran los tres Documentos fundamentales de este proceso: Plan Nacional de Desarrollo, Programas y Proyectos, Ejecución y Control:

Para darle institucionalidad a este proceso de planificación, el Estado colombiano asigna a los entes gubernamentales funciones específicas en los diferentes niveles de planificación; estas se muestran en la Figura 20.

El DNP, como se explicó al inicio de este capítulo, es el encargado de la asignación de la inversión pública y la concreción de los planes, programas y proyectos del gobierno colombiano. El Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) define, formula y ejecuta la política económica del país, así como los planes, programas y proyectos relacionados con esta.

Figura 19.

## Proceso de Planificación para el Desarrollo



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal*. Sistema de Planificación. DNP, 2014; párrafo 58.

Para tener una visión integral del macroproceso de planificación estratégica de inversiones en portafolios de proyectos del Estado colombiano, se muestra en la Figura 21 la lógica de articulación de la visión práctica de la Planificación estratégica de Proyectos en Colombia.

El ejercicio de planificación está definido en Colombia desde la Constitución Política de 1991, lo que lo hace más fuerte y estable. En esta Constitución Política se establecen las estructuras y órganos de planificación encargados de liderar el proceso. Este cuerpo legal se representa en la Figura 22.

Para explicar este sistema se presenta la Tabla 2, que expone los documentos entregables asociados con el Sistema de Planificación Estratégica Nacional de Colombia, los proyectos y programas en correspondencia con el Plan Nacional de Desarrollo y los Planes Territoriales.

Figura 20.

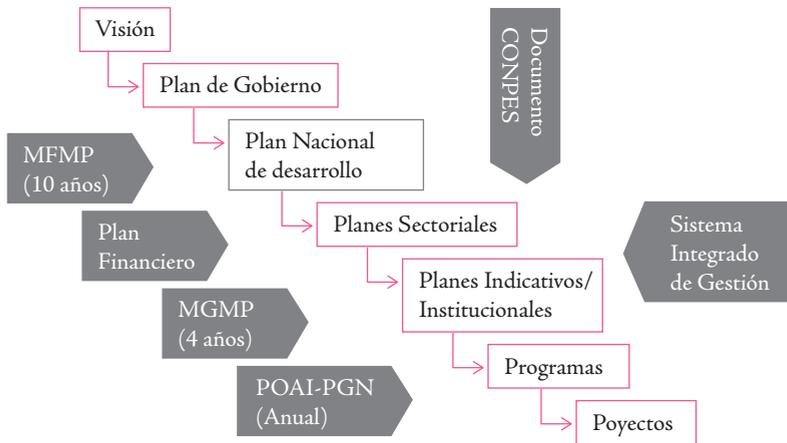
## Relaciones Institucionales para la Planificación



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014: párrafo 65.

Figura 21.

## Lógica de articulación de la Visión a la Práctica: de lo macro a lo micro



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014: párrafo 80.

Figura 22.

## Constitución Política de Colombia de 1991



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014: párrafo 76.

Tabla 2.

## Legalidad e instrumentos de planificación en Colombia

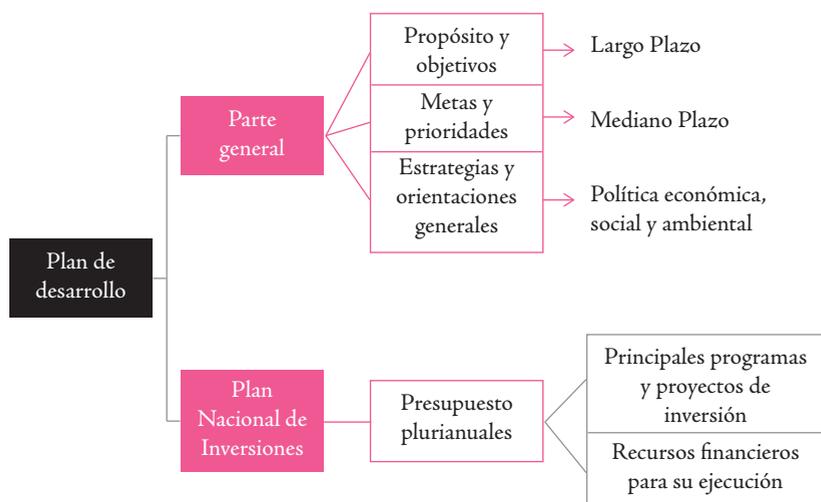
Constitución Política Nacional de 1991	Ley 152 de 1994 - Ley del Plan de Desarrollo
<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Establecimiento de la Ley Orgánica del PDN y de la Procuraduría General de la Nación (PGN) arts. 151 y 342.</li> <li>♦ Establecimiento de Planes de Desarrollo a Nivel Nacional y territorial art. 339.</li> <li>♦ Mecanismos de gestión y evaluación de resultados arts. 343 y 344.</li> <li>♦ Dirección de la Economía a cargo del Estado art. 334.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Complementariedad entre los Planes de Desarrollo y el Banco de Proyectos art. 3.</li> <li>♦ Banco de Proyectos como instrumento de Planeación. art. 27.</li> <li>♦ Establecimiento del Banco de Programas y Proyectos a nivel territorial art. 49.</li> </ul>

Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, 2019: 212.

En el artículo 346 de la Constitución Política de Colombia de 1991 se informa que el Plan Nacional de Desarrollo (PND) es fuente de gastos y que el gobierno formulará anualmente el presupuesto de rentas y la Ley de Apropriaciones que deberá corresponder al PND. Este PND se estructura según la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo: Ley 152 de 1994; En la Figura 23 se expresa gráficamente el proceso del PND.

Figura 23.

## LeY Orgánica del Plan de Desarrollo: Ley 152 de 1994



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014: párrafo 95.

En la Tabla 3 se describen las estructuras del PND nombradas en la Figura 23.

Tabla 3.

### Estructura del Plan de Desarrollo

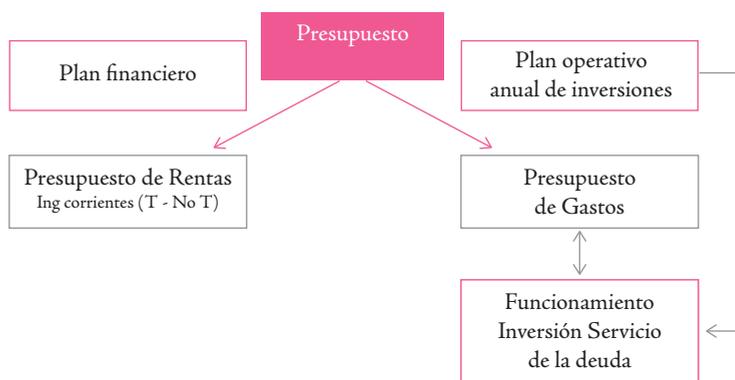
Parte General del Plan	Plan de Inversiones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos nacionales y sectoriales de la acción estatal a mediano plazo y largo plazo.</li> <li>• Metas nacionales y sectoriales de la acción estatal a mediano y largo plazo.</li> <li>• Estrategias y políticas en materia de economía social y ambiental.</li> <li>• Señalamiento de las formas, medios e instrumentos de vinculación y armonización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyección de recursos financieros disponibles para la ejecución y su armonización con los planes de gasto público.</li> <li>• Descripción de planes y subprogramas, con indicación de sus objetivos, las metas y los proyectos prioritarios de inversión.</li> <li>• Presupuestos plurianuales.</li> </ul>

Construido con datos de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014: párrafo 70.

Otra definición importante del proceso de planificación en Colombia es el presupuesto, que aparece como la expresión cuantitativa de la política fiscal en sus relaciones intertemporales (es decir, que son independientes del paso del tiempo o de los límites temporales) con los indicadores fundamentales macroeconómicos, que constituyen el instrumento a través del cual se materializa la acción del Estado y se ejecuta el Plan Nacional de Desarrollo. El Sistema Presupuestal está constituido por el Plan Financiero, el Presupuesto Anual de la Nación y el Plan Operativo Anual de Inversiones; en la Figura 24 se esquematizan las partes integrantes del Presupuesto General de la Nación.

Figura 24.

### Presupuesto General de la Nación. Decreto 111 de 1996



Tomado de *Planificación y Gestión Presupuestal. Sistema de Planificación*. DNP, 2014; párrafo 98.

En el presupuesto de gastos o Ley de Apropriaciones se definen las inversiones como aquellas erogaciones que permiten incrementar la capacidad de producción y la productividad en el campo de la infraestructura física, económica y social; estas se contemplan en el Plan Operativo Anual de Inversiones (POAI), que es parte integral del PGN y materializa lo establecido en el Presupuesto Plurianual de Inversiones.

El POAI está conformado por los proyectos de inversión clasificados por sectores, órganos y programas y es elaborado por el DNP en coordinación con el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, con base en el Plan Financiero; el POAI debe guardar correspondencia con el Plan Nacional de Inversiones.

Los Documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) son instrumentos técnicos de coordinación y planeación por medio de los cuales el gobierno traza líneas de la política económica y social. La elaboración de estos Documentos es coordinada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en ellos se realiza el análisis cualitativo y cuantitativo sobre una problemática determinada y se formulan acciones para contribuir a su solución. Los Documentos CONPES definen objetivos de políticas, enmarcados en el PND y articulan a las entidades en lo concerniente a las intervenciones necesarias para lograrlos.

El Banco Nacional de Programas y Proyectos (BPIN) es un instrumento para la planeación que registra los programas y proyectos de inversión pública viables, previamente evaluados social, técnica, ambiental y económicamente, susceptibles de ser financiados con recursos del Presupuesto General de la Nación.

En la observación se pudo constatar que la Gestión de Planificación y Presupuesto, al igual que las Gerencias de Proyectos formulan sus proyectos y definen sus presupuestos de forma similar, debido a que estas son empresas que se rigen por las mismas normas y leyes para la elaboración y ejecución de su presupuesto.

Las referencias anteriormente señaladas sirven de base para el análisis con el propósito de delinear, en la siguiente parte, la Definición Raíz necesaria para el inicio del desarrollo del Modelo Conceptual.

## Definición Raíz (DR)

A partir del análisis realizado en cada documento metodológico correspondiente a las tres empresas estudiadas, se elaboró la Tabla 4 que da respuesta a preguntas de PQR y que sirvieron de base observacional para la elaboración de la Definición Raíz.

Tabla 4.

### Fórmula PQR para el proceso de formulación presupuestaria de portafolio de proyectos del Estado Colombiano

P ¿Qué?	Q ¿Cómo?	R ¿Por qué?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación del capítulo proyecto con la visión estratégica de la empresa para asegurar su alineación con los objetivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resumiendo y englobando una serie de reglas y prácticas de gerencia que permitan a los involucrados del proyecto conducirse exitosamente a través de todas las fases, desde su visualización hasta la entrega de las instalaciones a las unidades solicitantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados de negocio más rápidos.</li> <li>Una mejor determinación de los recursos necesarios para aquellos proyectos prioritarios.</li> <li>Un mejor uso de los fondos y otros recursos de la organización.</li> <li>Una adecuada apropiación de los procesos y resultados obtenidos por parte de las personas y unidades involucradas.</li> <li>Ventajas competitivas sostenibles.</li> <li>La satisfacción de los usuarios, clientes e involucrados.</li> <li>La disposición de información precisa.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestionar el portafolio de proyectos que proporcione un posicionamiento cuantitativo de la industria en comparación con la competencia (con el promedio y con los mejores).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Que se establezcan las mejores prácticas para normalizar la ejecución de proyectos y contribuir a optimizar las metas de calidad, tiempo y costo de los proyectos, y su alineación con el plan de negocios.</li> </ul>	<p>Para analizar el riesgo involucrado y decidir comprometer los recursos necesarios, a fin de materializar la idea, maximizando las posibilidades de éxito.</p>

Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, 2019: 148.

El proceso de construcción de la Definición Raíz se inició con la exploración de documentos oficiales sobre metodologías vigentes observadas en el DNP y las concepciones de los individuos que mantuvieron alguna relación con los procesos de toma de decisiones en los niveles estratégicos (equipos de planificación) de la Gerencia de Proyectos, para lo cual se entrevistaron. La Definición Raíz construida es la siguiente:

Definición Raíz: la Oficina Estratégica de Gerencia de Proyectos está encargada de la recepción y revisión de proyectos estratégicos y la Oficina de Gerencia de Proyectos, del Sector industrial, está encargada de solicitar y ejecutar los recursos asignados a los grupos de proyectos.

Estas actividades deben ser realizadas por actores que garanticen que los proyectos seleccionados para un portafolio -en el año vigente- tengan un impacto positivo en el valor del negocio, en términos de la producción y la productividad.

Una vez construida la definición, fue verificada mediante el análisis CATWOE (iniciales de los términos en inglés: *customers, actors, transformation process, world view, owner, environmental constraints*), el cual consiste en observar si están presentes estos seis factores, que deben ser explícitos en toda Definición Raíz.

El análisis de la definición antes descrita se muestra a continuación:

- ♦ P: sector productivo (industrias).
- ♦ A (actores): Oficinas de Gerencia de Portafolio y de Proyectos.
- ♦ T (proceso de transformación) entradas: proyectos producto de solicitudes estratégicas del sector. Salidas: proyectos autorizados, proyectos cerrados y proyectos diferidos.
- ♦ C (consumidores): operaciones, producción y unidades funcionales.
- ♦ R: recursos financieros, humanos, físicos y tecnológicos.
- ♦ W: mejora en la producción y la productividad (agregar valor al negocio) y satisfacción de todos los *stakeholders* (interesados).

## Construcción del Modelo Conceptual

---

Partiendo de la Definición Raíz se construye el modelo que representa las relaciones causales; esta construcción se sustenta en los verbos de acción presentes en la Definición Raíz, los cuales se transformaron en ejes temáticos, con el fin de definir las actividades «mínimas necesarias» implícitas en la definición.

Como aplicaciones de la Dinámica de Sistemas, en los Sectores agroindustriales, se muestran a continuación modelos en las cadenas de suministro madera-muebles, leche-quesos blandos y Gerencia de Portafolios de Proyectos del Sector avícola.

### Cadena de suministro (CS) madera – muebles

El Estado Bolívar ubicado al sur de Venezuela se caracteriza por tener un alto potencial de madera debido a sus 3 millones de hectáreas, aproximadamente, de bosques naturales para el desarrollo forestal. Una parte importante de este potencial se ubica en el Municipio Piar y está siendo explotado por concesionarios madereros como unidades de manejo forestal que procesan sus productos en plantas instaladas mayoritariamente en la ciudad de Upata, la cual también cuenta, aun siendo pequeña, con múltiples carpinterías.

El principal mercado de dichas carpinterías se concentra en el mismo Estado con ventas mayoritariamente a clientes finales y en menor proporción, un 10 % aproximadamente, a distribuidores y tiendas. Sus compras de materia prima (más del 80 %) las realizan directamente a los aserraderos y campesinos de la zona.

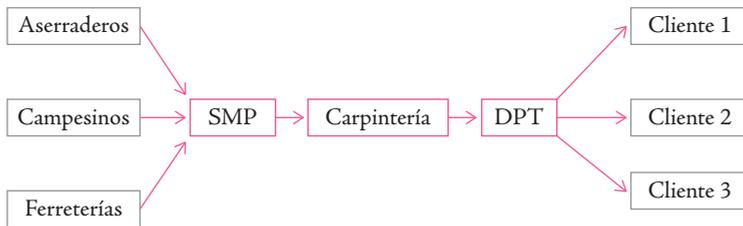
## *Estructura de la cadena de suministro madera – muebles*

Una cadena de suministro genérica sirve de referencia para diseñar la cadena de suministro madera - muebles que se muestra en la Figura 25, de la cual se tienen valores iniciales por la información recopilada en las carpinterías de la zona de Upata, Estado Bolívar, Venezuela.

Para optimizar la cadena se cuantificaron los tiempos de entrega de materia prima y las distancias existentes entre los suplidores y carpinterías, y entre estas y los clientes finales.

Figura 25.

### **Cadena de suministro madera - muebles**



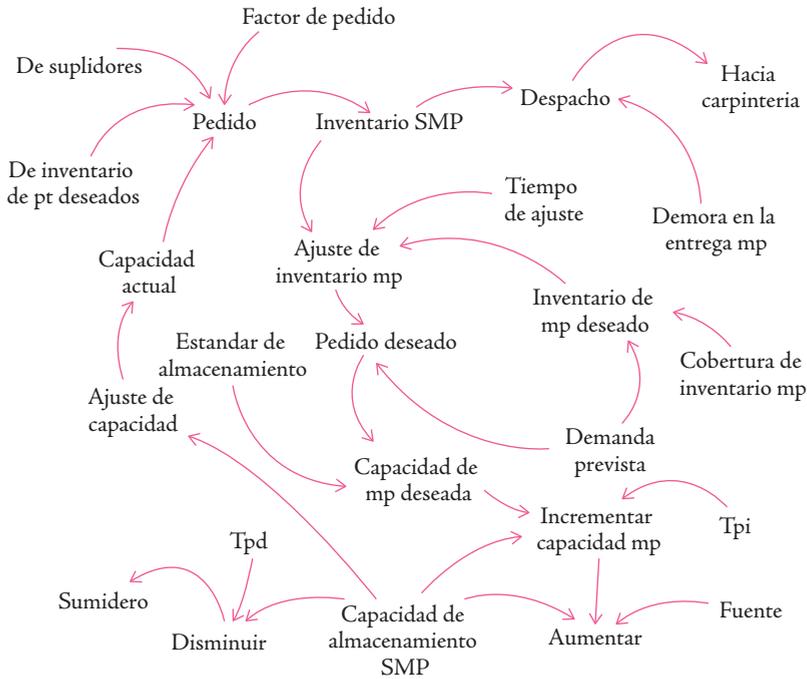
Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, 2008: 118.

## *Modelo Causal de la cadena de suministro madera – muebles*

La Figura 26 muestra las relaciones causales o de influencia propias del Suplidor de Materia Prima (SMP) en el que se indica la demanda prevista y su relación con el pedido deseado y el inventario de materia prima deseado.

Figura 26.

## Proveedor de materia prima



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Vensim, 2008: 69.

El pedido deseado, ya ajustado por la diferencia entre el inventario de materia prima deseado y el inventario de materia prima real, indica la capacidad de almacenamiento de materia prima deseada, que al dividirla

entre el estándar de almacenamiento, especifica la capacidad de almacenamiento. Este nivel de capacidad de almacenamiento da como resultado la capacidad de almacenamiento ajustada, que luego de una demora se traduce en la capacidad de almacenamiento actual; contra este valor se confronta el pedido, es decir, si el pedido es inferior a la capacidad actual de almacenaje se acepta el pedido, pero si resulta superior se pide lo que indica la capacidad actual.

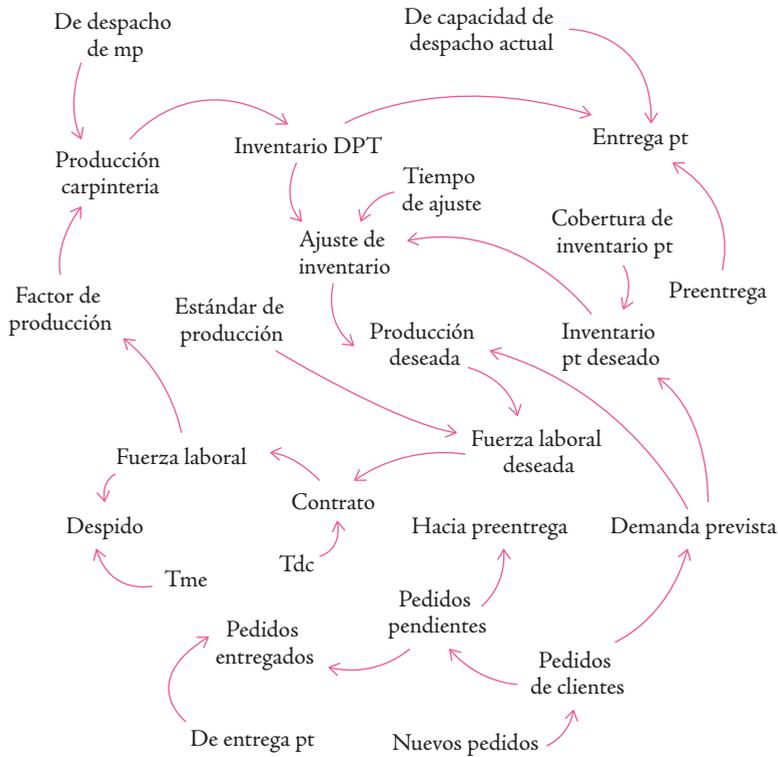
La Figura 2 especifica las relaciones entre producción en la carpintería y almacenamiento en el distribuidor de productos terminados. Se agregan las relaciones con fuerza laboral y la incidencia de los pedidos de clientes.

La demanda prevista impulsa la producción deseada y el inventario deseado que hay que ajustar contra el inventario real en un lapso establecido para adaptarlo a la demanda. La producción deseada, una vez que el inventario está ajustado, da la pauta para determinar la mano de obra requerida, que dividida entre el estándar de producción, indica la cantidad de fuerza laboral que debe ser contratada.

Al igual que se hizo en el SMP hay que observar la capacidad de entrega para verificar la cantidad que se va a despachar. Aquí se introduce el término preentrega. Si este es menor que el inventario real se entrega la cantidad de pedido preentregado, si es mayor se entrega lo existente en el inventario. Seguidamente, si lo existente en el inventario resulta menor que la capacidad de despacho del pedido se entrega lo del inventario, pero si es mayor se entrega lo que la capacidad indique.

Figura 27.

## Carpintería y distribución de productos terminados

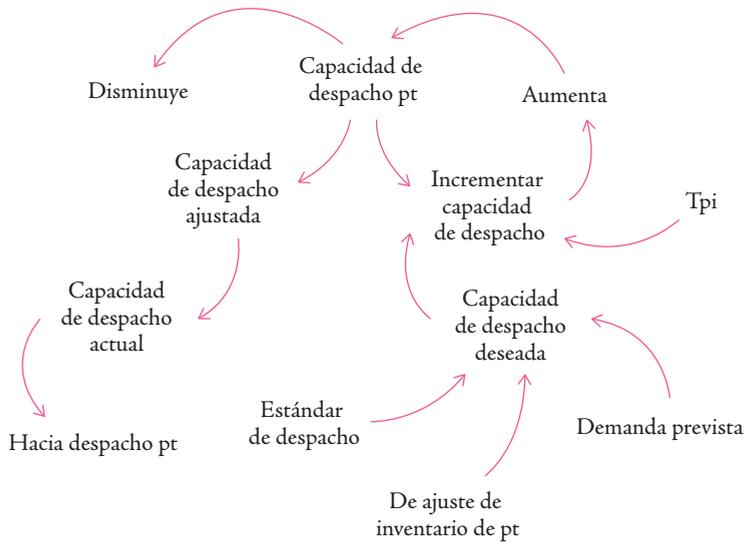


Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, desarrollado en Vensim, 2008: 71.

La Figura 28 señala las relaciones inherentes al nivel de capacidad del DPT, donde la demanda prevista se relaciona con la entrega deseada, la cual dividida entre el estándar determina la capacidad de despacho de productos terminados que, luego de ajustado en un período de tiempo, determina la capacidad de despacho actual.

Figura 28.

## Capacidad de despacho en DPT



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, desarrollado en Vensim, 2008: 72.

Las relaciones causales o de influencia entre la CL, la Carpintería y el DPT mostradas en las Figuras 26, 27 y 28 se expresan en el Modelo Informático de la Figura 29, que sirve de base para ensayar las políticas operacionales que correspondan y que son explicadas ensayo por ensayo.

## *Modelo Informático de la cadena de suministro madera – muebles*

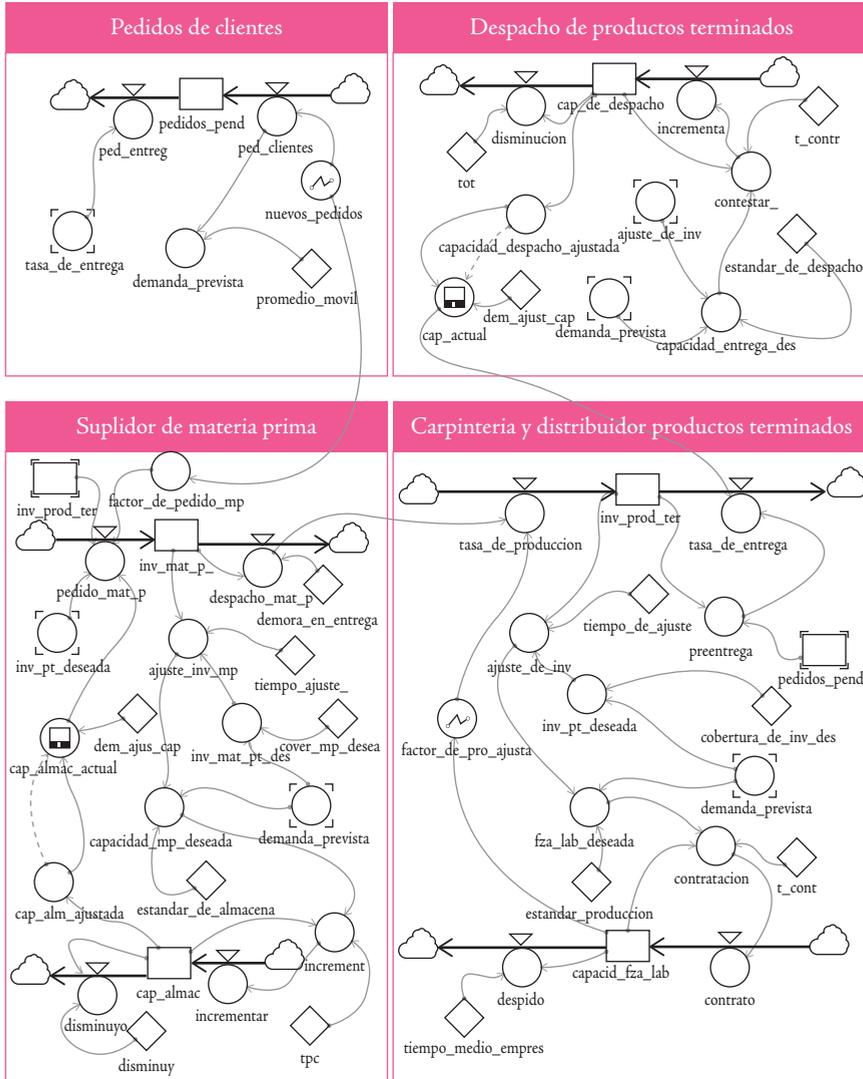
La Figura 28 muestra el modelo para ensayar las políticas operacionales más utilizadas y señaladas por los fabricantes de muebles en el instrumento de recolección de datos utilizado.

Desde luego, hay muchas variantes y combinaciones de políticas en la administración de la cadena de suministro, pero por razones de espacio

se muestran las que pueden ser más útiles para reducir la incertidumbre en la toma de decisiones del gerente de la cadena de suministro.

Figura 29.

### Modelo Informático de la cadena de suministro madera - muebles



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Powersim, 2008: 95.

## *Resultado y discusión de los Ensayos de la cadena de suministro madera – muebles*

---

Los resultados de seis ensayos en la cadena de suministro madera - muebles se presentan en esta sección con el supuesto de que en el Ensayo 1, que sirve de base, se mantiene constante el nivel de pedidos a lo largo del lapso de simulación y se fijan los valores del Protocolo de Ensayo que contempla: parámetros de decisión, volúmenes del sistema, tasas de flujo y políticas operacionales. Con este Ensayo 1 se fija la primera referencia de comportamiento. En los Ensayos 2, 3, 4 y 5 se incrementa la demanda siguiendo funciones conocidas y ajustando políticas operacionales, y en el Ensayo 6 se prueba con una disminución de demanda de manera acelerada. Estos ensayos permitirán observar el nivel de pedidos pendientes de la cadena.

### *Ensayo 1. Pedidos constantes de clientes*

---

En este Ensayo de simulación se comprobarán los efectos en la cadena de suministro madera - muebles, cuando los pedidos de clientes son constantes (15 unidades por semana) a lo largo de la simulación.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en entrega de materia prima = 4 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.
6. Factor de pedido = 15 unidades por semana.
7. Factor de cobertura inventario de productos terminados deseado = 4 segundos.

8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 m<sup>3</sup>.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario materia prima en SMP: 50 u.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento Materia Prima: 0 u.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho Productos Terminados: 0 u.
6. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u de pedido, constante a lo largo del período de simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: incrementa o disminuye en atención a la demanda.
2. Inventario de productos terminados con una cobertura de 4 semanas.

3. Pedidos fijos superiores a las ventas en un tercio como seguridad y ajustado por variación entre inventario de productos terminados deseado e inventario real.
4. Capacidad inicial de almacenamiento de materia prima y de despacho de productos terminados = 50 y 30 unidades respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 u/h/s.
8. Estándar de material = 0.80 ratio de utilización de madera ajustado por fuerza laboral.
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

### *Resultados del Ensayo 1*

Las Figuras 31, 32 y 33 muestran los resultados de 52 iteraciones realizadas en el simulador. La variable externa que se mantiene sin cambios es la de los pedidos de clientes a razón de 15 u por semana y los pedidos entregados se igualan a esta tasa rápidamente en la semana 3, la tasa de producción oscila alrededor de la tasa de pedidos de clientes superándola en la semana 4 a una tasa de 20 unidades de producción, pero luego la oscilación alrededor de pedidos clientes se atenúa en la semana 15 (ver Figura 30). El pedido de materia prima también se iguala a la tasa de pedidos, cayendo desde 50 unidades hasta 20 en las 10 primeras semanas y así se mantiene hasta el final de la simulación.

Este comportamiento de igualación hacia la tasa de pedidos sin oscilaciones muy apreciables hace suponer un sistema estable, pero que va a acumular algo de materia prima, dada la política de inventario presente; como se observa en la Figura 3, el nivel de inventario de materia prima se mantiene por encima del nivel de inventario de productos terminados como debe ser, dado el estándar de materiales asumido.

El inventario de productos terminados deseado se ubica en 60 unidades (15 unidades/semana x 4 semanas de cobertura), y alrededor de este nivel se ubica el inventario de productos terminados acercándose en una trayectoria tipo función logística en la cual prácticamente se igualan, lo que ocurre en la semana 25.

Figura 30.

### Tasas

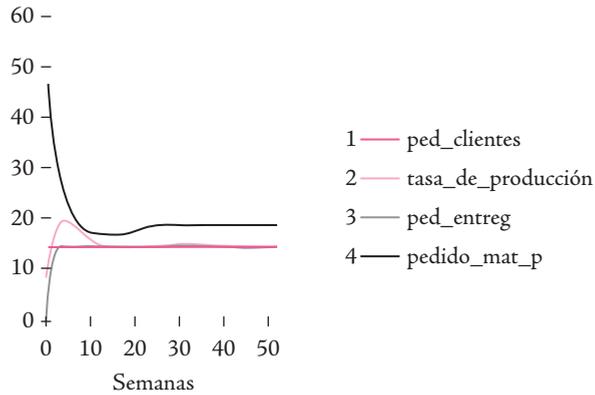
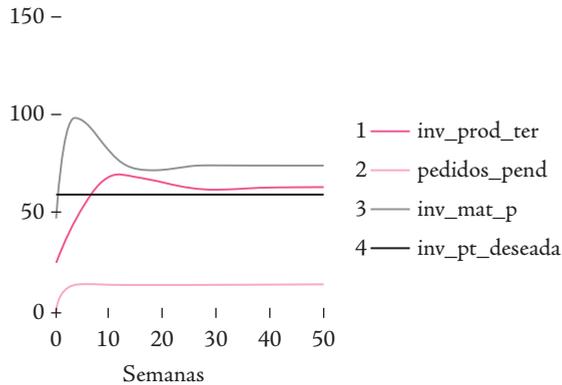


Figura 31.

### Niveles



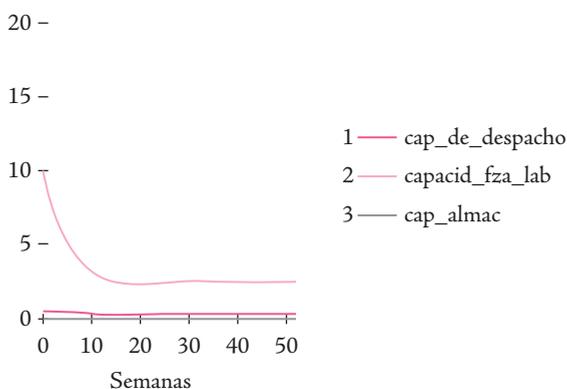
Elaboración propia de los Autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 15 por semana, ya que hay inventario de productos terminados suficiente para no crear retrasos en el pedido. El nivel de inventario de productos terminados se incrementa y estabiliza en 64 unidades por semana.

El nivel de fuerza laboral que se inicia con 10 personas baja hasta 3 al final de la simulación, cantidad suficiente para cumplir con los pedidos, dado que 3 personas, multiplicadas por el estándar de producción de 5 unidades/hombre/semana da un total de 15 unidades por semana (ver Figura 32). La capacidad de almacenamiento de materia prima se ajusta a 0.2, valor que multiplicado por el estándar de almacenamiento se traduce en 10 unidades por semana, aspecto que señala la no necesidad de incrementar la capacidad de almacenamiento adicional dado el estándar en uso. En este caso, tal como se señaló en el Protocolo, la capacidad de almacenamiento actual inicial es de 50 unidades por semana, suficiente para cubrir la demanda con holgura.

Figura 32.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera se comporta la capacidad de despacho que se ajusta a 0.4 para totalizar 12 unidades por semana, que es el producto de mul-

tiplicar el nuevo nivel por el estándar de despacho, condición que no es necesaria dada la capacidad de despacho inicial de 30 unidades.

**Conclusión de este Ensayo:** la política de mantener la capacidad inicial fija para inventario de materia prima y de productos terminados en 50 y 30 unidades respectivamente es más que suficiente para cubrir la demanda, dado que el inventario de productos terminados al final de la simulación es de 64 unidades por semana y los inventarios de pedidos de clientes de 15. Es decir, la cobertura de inventario de seguridad de 4 semanas también parece excesiva.

La política de capacidad relativa a la variación de la fuerza laboral puede producir despidos de la cadena y ser fuente de conflictos; una opción válida sería ajustar el estándar de producción.

Finalmente, la política de inventarios relativa a la cobertura para previsión como inventario de seguridad puede ajustarse de 4 a 2 semanas y reducir el factor de pedidos de 15 a 10 unidades, con el propósito de reducir el inventario de productos terminados.

### *Ensayo 2. Pedidos constantes de clientes con ajuste en política de inventario*

---

El Ensayo 2 mantiene los pedidos de clientes constantes en 15 unidades por semana, pero se ajusta el factor de pedido de 15 a 10 unidades (un tercio menos que la demanda de pedidos). Esta es una variación en la política de inventarios en cuanto al volumen de pedido semanal que procura inducir la baja del inventario de productos terminados, que en el Ensayo 2 fue cuatro veces superior al nivel de pedidos de clientes.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.

3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en la entrega materia prima = 4 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.
6. Factor de pedido = 10 unidades por semana.
7. Factor cobertura inventario de productos terminados deseado = 4 segundos.
8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

#### Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 u.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario materia prima en SMP: 50 u.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad. de Almacenamiento Materia Prima: 0 u.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho Productos Terminados: 0 u.
6. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

#### Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u de pedido constante a lo largo del período de simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable se incrementa o disminuye en atención a la demanda.
2. Inventario de productos terminados con una cobertura de 4 semanas (inventario de seguridad).
3. Pedido fijo: 10 unidades, un tercio menos que la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
4. Capacidad de almacenamiento de materia prima y capacidad de despacho de productos terminados = 50 y 30 respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 M3/h/s.
8. Estándar de material = 0.80 ratio de utilización de madera ajustado por fuerza laboral.
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

### *Resultados del Ensayo 2*

Las Figuras 33, 34 y 35 muestran los resultados de 52 iteraciones realizadas en el simulador. La variable externa que se mantiene sin cambios es la de pedidos de clientes a razón de 15 unidades por semana y los pedidos entregados se igualan a esta tasa rápidamente en la semana 3. La tasa de producción se iguala a la tasa de pedidos de clientes en la semana 6 y así se mantiene hasta el final de la simulación (ver Figura 34). El pedido de materia prima se incrementa hasta un nivel de 25 unidades en las primeras 3 semanas y luego baja hasta un nivel de 18 por semana y así se mantiene hasta el final de la simulación.

El nivel de inventario de materia prima sube desde 50 hasta 75 unidades y se mantiene más o menos constante por encima del nivel de inventario de productos terminados. El inventario de productos termina-

dos deseado se ubica en 60 unidades (15 unidades/semana x 4 semanas de cobertura). El inventario de productos terminados oscila suavemente y se mantiene en 32, siempre por debajo del inventario de productos terminados deseado (ver Figura 34).

Figura 33.

### Tasas

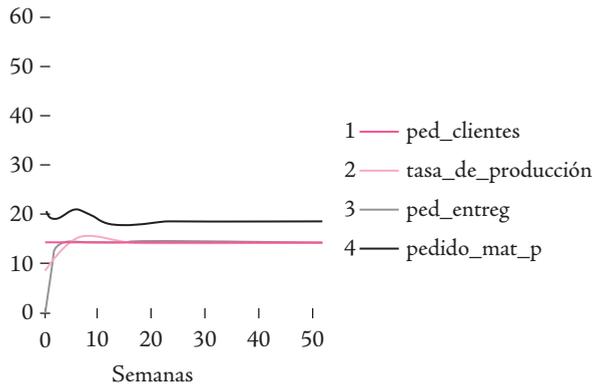
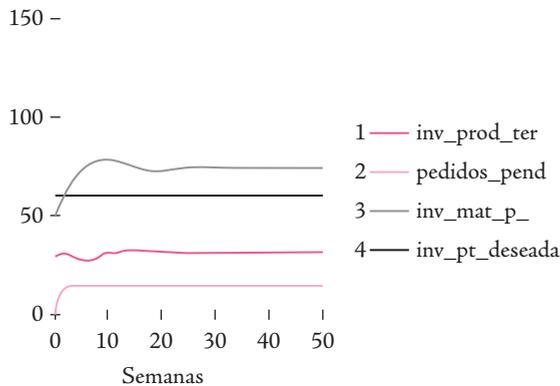


Figura 34.

### Niveles



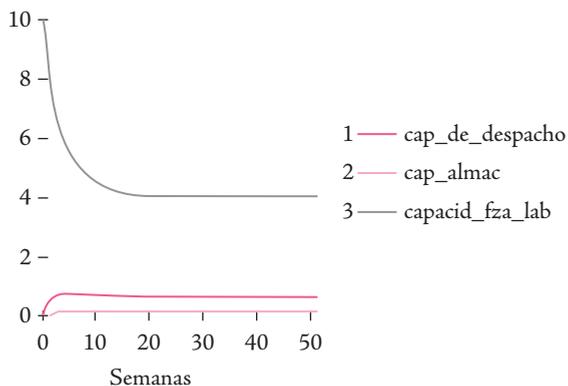
Elaboración propia de los Autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 15 por semana y así se mantiene durante todo el período de simulación, con holgura suficiente porque se tiene un inventario de 32 unidades contra 15 entregadas cada semana.

El nivel de fuerza laboral que se inicia con 10 personas baja a 4 aproximadamente hasta el final de la simulación, cantidad suficiente para cumplir con los pedidos, dado que cinco personas multiplicadas por el estándar de producción de 5 unidades/hombre/semana da un total de 20 unidades por semana (ver Figura 35). La capacidad de almacenamiento se ubica en 0.2, valor que multiplicado por el estándar de almacenamiento se traduce en 10 unidades por semana, lo cual señala la no necesidad de hacer ajustes en la capacidad de almacenamiento, dado que la capacidad de almacenamiento actual es fija en 50 unidades por semana.

Figura 35.

### Niveles Capacidad.



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera se comporta la capacidad de despacho que se ubica en 0.70 para totalizar 21 unidades por semana, producto de multiplicar el nuevo nivel por el estándar de despacho.

Como conclusión de este Ensayo, las políticas de mantener la capacidad fija inicial para inventario de materia prima y de productos terminados en 50 y 30 unidades respectivamente, conservando constante la demanda, todavía es superior a lo necesario.

En el Ensayo 2 se genera un inventario de productos terminados de 32 unidades por semana, inferior a las 64 unidades del Ensayo anterior, y superior a la tasa de pedido de clientes que es de 15 unidades por semana. También se puede decir que la cobertura de inventario de cuatro semanas sigue siendo suficiente para cumplir con los pedidos. Por otro lado, la variación acelerada de la fuerza de trabajo hacia la baja puede producir conflictos entre los trabajadores.

Como conclusión del Ensayo 2, la disminución del factor de pedidos de 15 a 10 unidades por semana trajo consigo una disminución del nivel de inventario de productos terminados de 64 hasta 32 unidades, sin afectar la entrega de pedidos al cliente, y a menor costo por inventario de productos terminados.

### *Ensayo 3. Pedidos constantes de clientes con doble ajuste en política de inventario*

---

En este Ensayo 3 todavía se mantienen los pedidos constantes de clientes en 15 unidades por semana, pero haciendo un doble ajuste: primero modificando el factor de pedido de 15 a 10 unidades por semana (Ensayo 2) y reduciendo el factor de cobertura de inventario de 4 a 2 semanas; esta es una variación de la política de inventario en cantidad de pedidos e inventario de seguridad, que procuran inducir aún más hacia la baja el nivel de inventario de productos terminados de la Cadena de Simulación de Madera – Muebles (CSMM). Se ha observado en los dos experimentos anteriores que el volumen de inventario de productos terminados en la cadena fue hasta 4 y 2 veces superior a la demanda semanal de pedidos, respectivamente; desde luego esta política de ajuste muy acentuada pue-

de generar inexistencias en productos terminados si no se controlan los niveles adecuadamente.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en entrega de materia prima = 4 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.
6. Factor de pedido = 10 unidades por semana.
7. Factor cobertura inventario de productos terminados deseado = 2 segundos.
8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 u.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario materia prima en SMP: 50 u.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento Materia Prima: 0 u.

5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho Productos Terminados: 0 u.
6. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u de pedido constante a lo largo del período de simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable se incrementa o disminuye en atención a la demanda.
2. Inventario de productos terminados con cobertura de 2 semanas.
3. Pedido fijo (un tercio menor que pedidos de clientes) pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
4. Capacidad de almacenamiento de materia prima y capacidad de despacho de productos terminados = 50 y 30 respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 u/h/s
8. Estándar de materiales = 0.80 ratio de utilización. de madera ajustado por fuerza laboral.
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

### *Resultados del Ensayo 3*

Las Figuras 36, 37 y 38 presentan los resultados de 52 iteraciones realizadas en el simulador. La variable externa que se mantiene sin cambios es los pedidos de clientes a razón de 15 u por semana, pero el factor de pedidos es menor en 5 unidades. Los pedidos entregados se igualan a esta tasa rápidamente en la semana 3, pero entre la semana 3 y la 6 lo entregado es

inferior a lo solicitado. A partir de la semana 6 estas dos tasas se igualan. La tasa de producción se iguala a la tasa de pedidos de clientes en la semana 3 y así se mantiene hasta el final de la simulación (ver Figura 36). El pedido de materia prima se incrementa hasta un nivel de 25 unidades en las primeras 3 semanas y luego baja hasta un nivel de 20 por semana, y así se mantiene hasta el final de la simulación.

El nivel de inventario de materia prima sube hasta 75 unidades y se mantiene más o menos constante por encima del nivel de inventario de productos terminados. El inventario de productos terminados deseado se ubica en 30 unidades (15 unidades/semana x 2 semanas de cobertura) la mitad de lo presentado en el Ensayo 1, el inventario de productos terminados oscila suavemente entre 25 y 15 unidades, pero siempre por debajo del inventario de productos terminados deseados (ver Figura 37).

Figura 36:

### Tasas

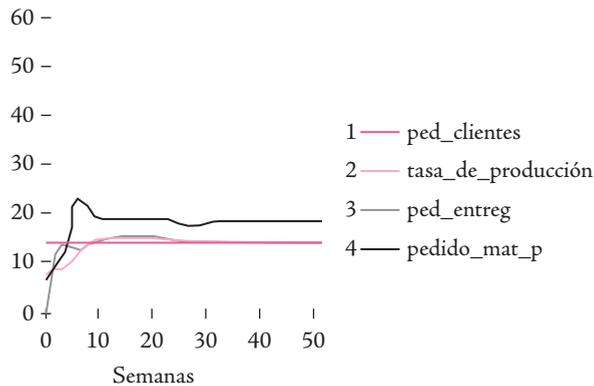
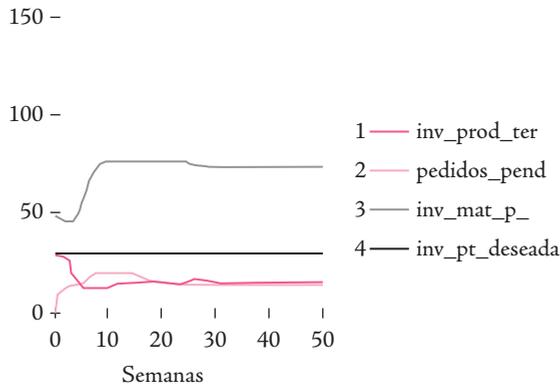


Figura 37:

## Niveles



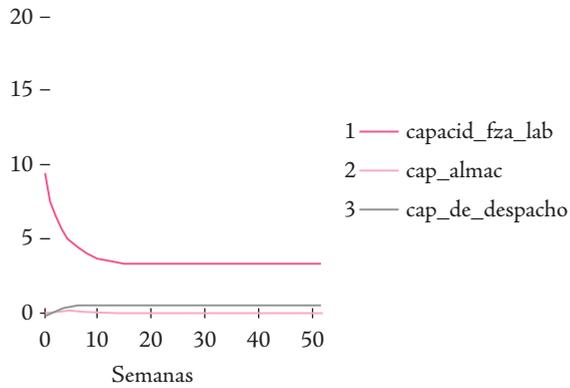
Elaboración propia de los Autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 15 por semana, pero a partir de la semana 7 y hasta la 20 se generan retrasos en la entrega de pedidos, dado que en ese lapso no hay inventario de productos terminados suficiente.

El nivel de fuerza laboral que se inicia con 10 personas baja hasta 4 al final de la simulación, cantidad suficiente para cumplir con los pedidos, dado que 4 personas, multiplicadas por el estándar de producción de 5 unidades/hombre/semana da un total de 20 unidades por semana (ver Figura 14). La capacidad de almacenamiento se ajusta 0.2, valor que multiplicado por el estándar de almacenamiento se traduce en 10 unidades por semana, aspecto que señala la no necesidad de hacer ajustes en capacidad de almacenamiento, dado que la capacidad de almacenamiento actual fija es constante en 50 unidades por semana.

Figura 38.

### Niveles Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera se comporta la capacidad de despacho que se ubica en 0.7 para totalizar 21 unidades por semana, lo que es el producto de multiplicar el nuevo nivel por el estándar de despacho.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas de capacidad para los inventarios de materia prima y de productos terminados en 50 y 30 unidades respectivamente son suficientes para este nivel de pedidos. En este nivel de pedidos se genera inventario de productos terminados de 16 unidades por semana, muy inferior a las 62 unidades de los experimentos anteriores, pero muy cerca de la tasa de pedido de clientes de 15 por semana; es decir, la cobertura de inventario de seguridad de 2 semanas es suficiente para cumplir con los pedidos, pero genera escasez entre las semanas 5 y 22; para superarla es necesario reducir la demora del despacho de materia prima de 4 a 1 semana.

### *Ensayo 4. Pedidos en crecimiento tipo escalón*

En este ensayo los pedidos se incrementan en una función tipo escalón de un paso, de 15 a 30 unidades por semana en la semana 10. El factor

de pedido se ajusta a la demanda y se mantiene el factor de cobertura de inventario de 4 semanas. Con este ensayo se pretende observar el comportamiento de la cadena ante un incremento de la demanda del 100 % en 10 semanas.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en entrega de materia prima = 4 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.
6. Factor de pedido = función escalón de un paso de 15 a 30 en 10 segundos.
7. Factor cobertura inventario de productos terminados deseado = 4 segundos.
8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 u.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en SMP: 50 u.

4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento materia prima: 0 u.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho productos terminados: 0 u.
6. Nivel inicial de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u con incremento de 15 en la semana 10.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye en función de la demanda.
2. Inventario de productos terminados con una cobertura de 4 semanas.
3. Pedido función escalón, pero ajustado por variación entre inventario de productos terminados deseado e inventario real.
4. Capacidad de almacenamiento de materia prima y capacidad de despacho de productos terminados = 50 y 30 respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 u/h/s.
8. Estándar de materiales = 0.80 ratio de utilización. de madera ajustado por fuerza laboral
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

## *Resultados del Ensayo 4*

En este ensayo la variable externa de pedidos de clientes cambia desde 15 hasta 30 unidades de pedido en la semana 10 y así se mantiene constante hasta el final de la simulación. Este cambio se realiza utilizando la función escalón de un paso. Se observa en la Figura 39 que los pedidos entregados se igualan a los pedidos de clientes de forma acelerada en la semana 5 y luego en la semana 15 se igualan a 30 unidades. Es decir, 5 semanas después del cambio en el nivel de pedidos; eso no quiere decir que se entra en incumplimiento porque existe un inventario inicial de productos terminados que permite hacer la entrega que corresponda.

La tasa de producción se iguala a la tasa de pedidos de clientes en la semana 2, después de oscilar con intensidad por el cambio en de tasa se nivela con pedidos de clientes y pedidos entregados a partir de la semana 40. El pedido de materia prima después de bajar desde 50 unidades hasta 18 en 10 semanas se incrementa nuevamente hasta 48 unidades en la semana 15, cuando siente el impacto del cambio en el nivel de pedidos y luego se estabiliza en 37 unidades.

El nivel de inventario de materia prima oscila en ascenso y sube hasta 150 unidades en la semana 10, luego se estabiliza en 140 unidades a partir de la semana 30, muy por encima del inventario de productos terminados. El inventario de productos terminados deseado sube por efecto de la función escalón, desde 50 unidades hasta 168 unidades en la semana 18, y se estabiliza alrededor de las 150 unidades después de la semana 34 ubicándose muy por encima del inventario de productos terminados y del nivel de pedidos pendientes. Se observa en la Figura 39 que con esta política se puede cumplir oportunamente con los clientes de madera.

Figura 39.

### Tasas

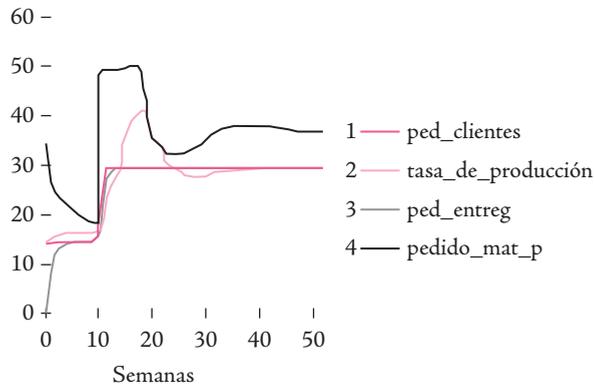
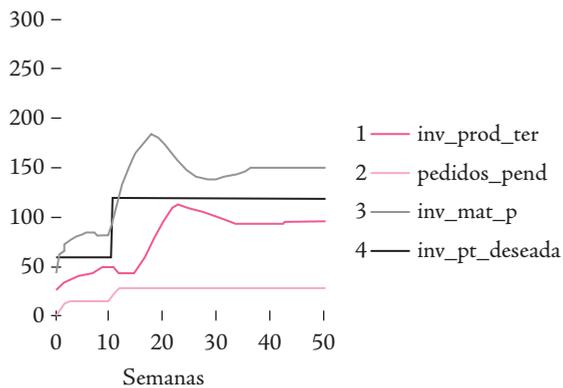


Figura 40.

### Niveles



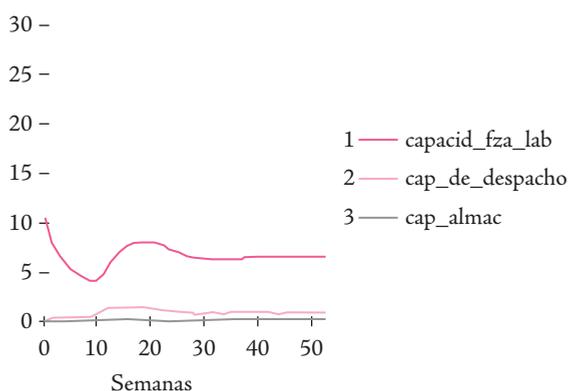
Elaboración propia de los Autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 15 por semana hasta la semana 10 y luego a una tasa de 30 desde la semana 30 en adelante hasta el final del ensayo. Entre las semanas 10 y 20 se observa un cambio como consecuencia del incremento en el nivel de pedidos.

La capacidad de fuerza laboral se muestra en la Figura 49 e inicia con 10 personas, baja hasta 4 en la semana 8 y luego, a partir de la semana 10, se estabiliza en 7 hasta el final de la simulación. Es una cantidad suficiente para cumplir con los pedidos antes dado que 7 personas por el estándar de producción de 5 unidades/hombre/semana totaliza 35 unidades por semana (ver Figura 63). La capacidad de ajuste de almacenamiento se ubica en 0.4, valor que multiplicado por el estándar de almacenamiento se traduce en 21 unidades por semana. Este comportamiento muestra la no necesidad de hacer ajustes en la capacidad de almacenamiento dado que la capacidad de almacenamiento actual es constante en 50 unidades por semana.

Figura 41.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera, el comportamiento de la capacidad de despacho se ubica en 1.4 para totalizar 42 unidades por semana que es el producto de multiplicar el nuevo nivel por el estándar de despacho.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas de capacidad inicial fijas para los inventarios de materia prima y de productos terminados de 50 y 30 unidades respectivamente son suficientes para cubrir el cambio en

el flujo de pedidos de clientes. Para esta tasa de pedidos, 15 y 30 en la semana 10, se genera al final de la simulación un inventario de productos terminados de 63 unidades por semana, más del doble de lo solicitado (30 unidades por semana después de la semana 10).

A lo largo del período de simulación de 52 semanas el inventario de productos terminados fue siempre superior al de pedidos pendientes. Es decir, la cobertura de inventario de seguridad de cuatro semanas para el inventario deseado y un factor de pedido igual a la demanda son políticas más que suficientes para cumplir con los pedidos de los clientes. Desde luego existe un inventario de productos terminados que incrementa los costos de inventario.

### *Ensayo 5. Pedidos en crecimiento tipo logística*

---

En este ensayo 5 los pedidos se incrementarán bajo la función logística, desde 15 unidades en la semana 0 hasta 40 unidades en la semana 25. Se ajusta el factor de pedido a la demanda semanal, se disminuye el factor de cobertura de inventario de productos terminados deseado a 2 semanas y la demora en el despacho de materia prima se incrementa de 4 a 8 semanas. Con este experimento se observará el comportamiento de la cadena de madera - muebles ante un incremento de la demanda del 400 % en 10 semanas.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en entrega de materia prima = 8 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.

6. Factor de pedido variable función logística.
7. Factor cobertura inventario de productos terminados deseado = 2 segundos.
8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 u.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en SMP: 50 u.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento Materia prima: 0 u.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 0 u.
6. Nivel inicial de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u con incremento tipo función logística hasta 40 unidades en la semana 25.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye en función de la demanda.
2. Inventario de productos terminados con cobertura de 2 semanas.

3. Pedido variable y ajustado por la diferencia entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
4. Capacidad de almacenamiento de materia prima actual y capacidad de despacho de productos terminados = 50 y 30 respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 u/h/s.
8. Estándar de materiales = 0.80 ratio de utilización .de madera ajustado por fuerza laboral
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

### *Resultados del Ensayo 5*

En el ensayo 5 la variable externa de pedidos de clientes cambia desde 15 hasta 40 unidades en la semana 25 y así se mantiene constante hasta el final de la simulación. Este cambio se realiza utilizando la función logística. Se observa en la Figura 42 que el número de pedidos de los clientes es superior al número de pedidos entregados hasta la semana 5, luego hasta la semana 18 esta relación se invierte, pero el nivel de pendientes sigue creciendo; es decir, que la cadena entra en incumplimiento desde el principio de la simulación.

La tasa de producción es ligeramente superior a los pedidos entregados hasta la semana 36, punto en el cual se invierte esta relación. El pedido de materia prima tiene fuertes oscilaciones entre 50 y 30 unidades, y no logra estabilizarse a lo largo del período de simulación (ver Figura 43). Esta variación del pedido de materia prima y la demora en la entrega que se ajusta de 4 a 8 semanas hace acumular el nivel de inventario de manera importante desde 0 como valor inicial hasta 370 unidades en la semana 28, muy por encima del inventario de productos terminados cuyo máximo nivel 111 ocurre en la semana 36.

Figura 42.

### Tasas

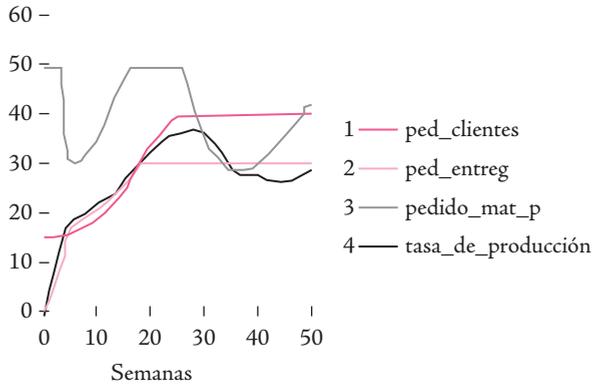
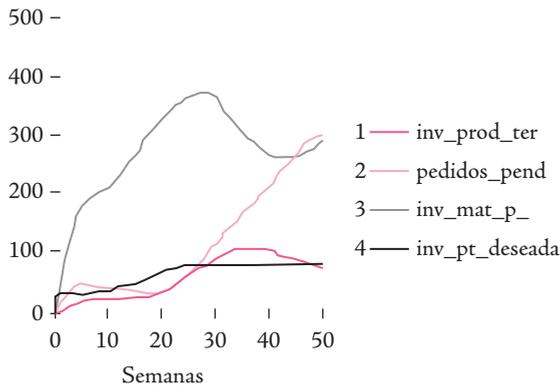


Figura 43.

### Niveles



Elaboración propia de los Autores.

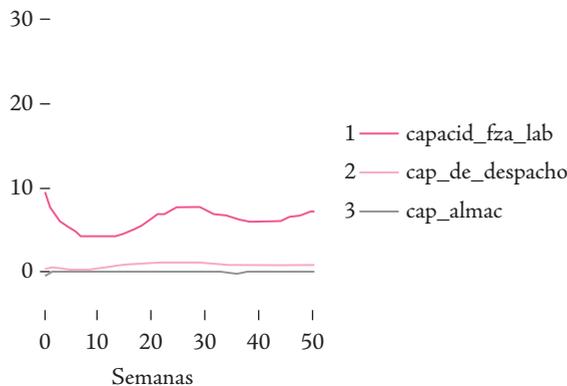
El inventario de productos terminados deseado sube por efecto de la función logística, desde 30 hasta 80 unidades a partir de la semana 25 y desciende por debajo del inventario de productos terminados y del nivel de pedidos pendientes a partir de la semana 26. Se observa en la Figura 42 que con estas políticas no se puede cumplir oportunamente con los clientes.

Los pedidos de clientes no se entregan satisfactoriamente, de allí la acumulación semanal de pendientes. La capacidad de fuerza laboral mostrada en la Figura 44 que comienza con 10 personas oscila entre 4 y 7 hasta el final de la simulación, que es una cantidad suficiente para cumplir con los pedidos durante las primeras semanas y antes de que los pedidos se estabilicen en 40 unidades a partir de la semana 25, dado que 7 personas por el estándar de producción de 5 unidades/hombre/semana totalizan 35 unidades por semana (ver Figura 43).

La capacidad de almacenamiento adicional para agregar a la capacidad fija de 50 unidades es de 0.22, valor que multiplicado por el estándar de almacenamiento se traduce en 11 unidades por semana, lo que señala la no necesidad de hacer ajustes en capacidad de almacenamiento porque se incrementa más la capacidad. En este caso, tal como se señaló en el protocolo, la capacidad de almacenamiento actual es constante en 50 unidades por semana y más que suficiente para una tasa de 40 a partir de la semana 25.

Figura 44.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera se comporta la capacidad de despacho que señala 1.39 de capacidad adicional para totalizar 40 unidades por semana, lo cual es el resultado de multiplicar el nivel por el estándar de despacho.

**Conclusión de este Ensayo:** la política de capacidad fija de 50 unidades para el inventario de materia prima es suficiente, pero no así la de productos terminados de 30 unidades, la cual debe ser ajustada hasta 40 unidades, con el fin de reducir el nivel de pedidos pendientes y lograr el equilibrio entre lo solicitado y lo entregado; ante este nivel de pedidos (15 y 40 unidades en la semana 25) se genera un alto inventario de materia prima y un bajo inventario de productos terminados.

A lo largo del período de simulación de 52 semanas, siempre el nivel de pedidos pendientes fue superior al inventario de productos terminados y con mayor intensidad hacia el final de la simulación. Es decir, la cobertura de inventario de seguridad de dos semanas para el inventario deseado y un factor de pedido variable no hace una cadena rápida en entrega de pedidos; debe en consecuencia aumentarse la capacidad de despacho de materia prima hasta 40.

### *Ensayo 6. Pedidos en declinación acelerada*

---

En este ensayo de simulación se comprobarán los efectos en la cadena de una disminución acelerada de pedidos de clientes, desde 15 hasta 0 en 10 semanas. Se ajusta el factor de pedido a la demanda semanal y el factor de cobertura de inventario de productos terminados deseado es de 2 semanas.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 semana.
2. Capacidad inicial fija en SMP (50 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.

3. Capacidad inicial fija en DPT (30 unidades por semana) con ajustes por variación de demanda.
4. Demora en entrega de materia prima = 4 semanas.
5. Factor para calcular promedio móvil = 10 semanas.
6. Factor de pedido variable en función de la demanda.
7. Factor cobertura inventario de productos terminados deseado = 2 segundos.
8. Estándar de almacenamiento de materia prima en SMP = 50 u/s.
9. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 30 u/s.
10. Estándar de producción en carpintería 5 u/h/s.
11. Ratio de materiales en carpintería: 0.80 unidad de producto terminado por unidad de materia prima.
12. Tiempo de la simulación: 52 segundos.

#### Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 u.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 25 u.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en SMP: 50 u.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 0 u.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 0 u.
6. Nivel inicial de Capacidad de fuerza laboral: 10 h.

#### Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 15 u con decrecimiento hasta 0 unidades en la semana 10.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye en función de la demanda.
2. Inventario de productos terminados con una cobertura de 2 semanas.
3. Pedido variable y ajustado por la diferencia entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
4. Capacidad de almacenamiento de materia prima actual y capacidad de despacho de productos terminados = 50 y 30 respectivamente.
5. Estándar de almacenamiento de materia prima = 50 u/s.
6. Estándar de despacho de productos terminados = 30 u/s.
7. Estándar de producción: 5 u/h/s.
8. Estándar de materiales = 0.80 ratio de utilización de madera ajustado por fuerza laboral
9. Demora en el despacho de materia prima = 4 semanas.

### *Resultados del Ensayo 6*

En este ensayo la variable externa de pedidos de los clientes cambia desde 15 hasta 0 unidades de pedido en la semana 10 y así se mantiene constante hasta el final de la simulación. Se observa en la Figura 45 que los pedidos de los clientes y los pedidos entregados tienen el mismo comportamiento, es decir, descienden desde 20 hasta 0 en la semana 10. La tasa de producción comienza a subir por el efecto de la materia prima inicial y de los pedidos iniciales, pero luego disminuye hasta cero.

El pedido de materia prima es el último en declinar; primero sube hasta 43 unidades en la semana 2 y luego a partir de la 10 cae a 0 unidades (ver Figura 46). El nivel de inventario de la materia prima sube hasta 116 unidades en la semana 3 a pesar de que los pedidos de los clientes y el inventario de productos terminados deseado están en disminución.

Figura 45.

### Tasas

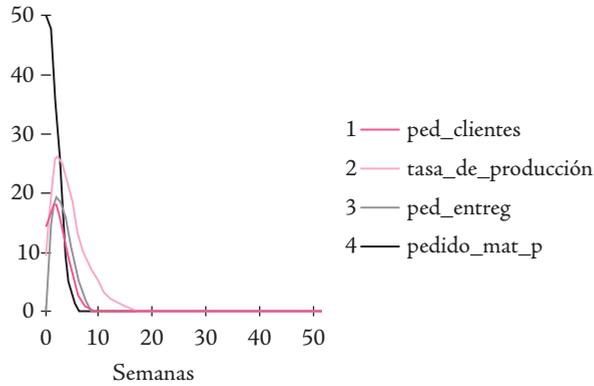
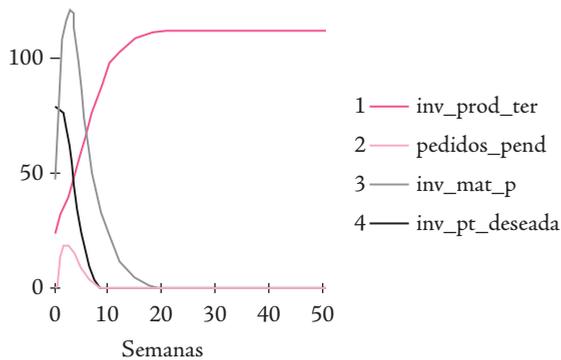


Figura 46.

### Niveles



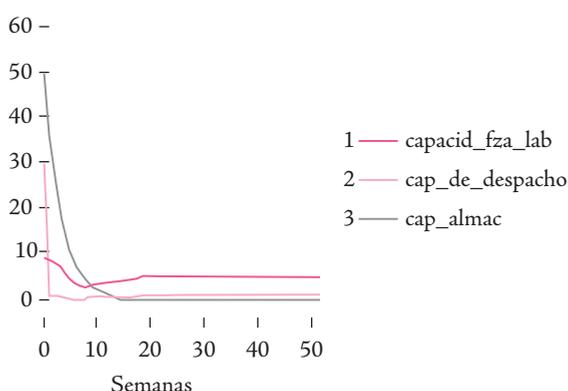
Elaboración propia de los Autores.

El nivel de inventario de productos terminados sube porque no hay pedidos o están en descenso. La capacidad de fuerza laboral mostrada en la Figura 47 que se inicia con 10 personas y llega a 5 hasta el final de la simulación es más que suficiente para cubrir pedidos en declinación (5 unidades/hombre/semana por 5 totaliza 25 unidades por semana) (ver Figura 46).

La capacidad de almacenamiento para ajustar la capacidad fija de 50 unidades tiene un valor de 0, característica que indica la no necesidad de hacer ajustes en esta capacidad. En este caso, tal como se señaló en el protocolo inicial, la capacidad de almacenamiento actual es fija en 50 unidades por semana, la cual es más que suficiente para una tasa de 15 en descenso hasta 0 en la semana 10.

Figura 47.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

De igual manera se comporta la capacidad de despacho que señala 0.9 de capacidad adicional para totalizar 27 unidades por semana, lo cual es el resultado de multiplicar el nivel por el estándar de despacho.

Una conclusión de este Ensayo es que la política de capacidad fija para el inventario de materia prima de 50 unidades es excesiva, al igual que la de productos terminados de 30 unidades, dado que los pedidos están en declinación desde 15 hasta 0 en 10 semanas.

A lo largo del período de simulación de 52 semanas, siempre el nivel de productos terminados fue superior al de los pedidos pendientes. Es decir, la cobertura de inventario de seguridad de dos semanas para el inventario no se justifica en pedidos en declive.

Finalmente, otra conclusión es que se debe limitar la capacidad de almacenamiento y despacho o aumentar la demora en el procesamiento de la materia prima para evitar incrementos innecesarios en el inventario de productos terminados.

Como segunda aplicación de la Dinámica de Sistemas se desarrolla el Modelo de la cadena de suministro de leche - quesos blandos.

## Cadena de suministro leche - quesos blandos

El Sector leche - quesos blandos es, dentro de las pymes, una de las áreas emblemáticas de la Región Guayana (Venezuela) por su tradicional queso guayanés; sus fabricantes buscan una denominación de origen para garantizar calidad y poder competir en mercados nacionales e internacionales.

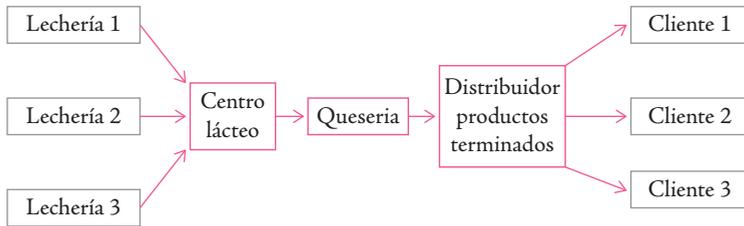
Este sector lo integran 35 queserías que -en conjunto- producen 7.500 kilogramos de queso por día; son pequeñas unidades de producción que adquieren su materia prima en fincas o lecherías de la zona y venden sus productos a distribuidores y clientes en general.

### Estructura de la cadena de suministro leche – quesos blandos

La Figura 48 muestra un esquema general de la cadena de suministro leche-quesos blandas.

Figura 48.

### Cadena de suministro leche - quesos blandos



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, 2008: 157.

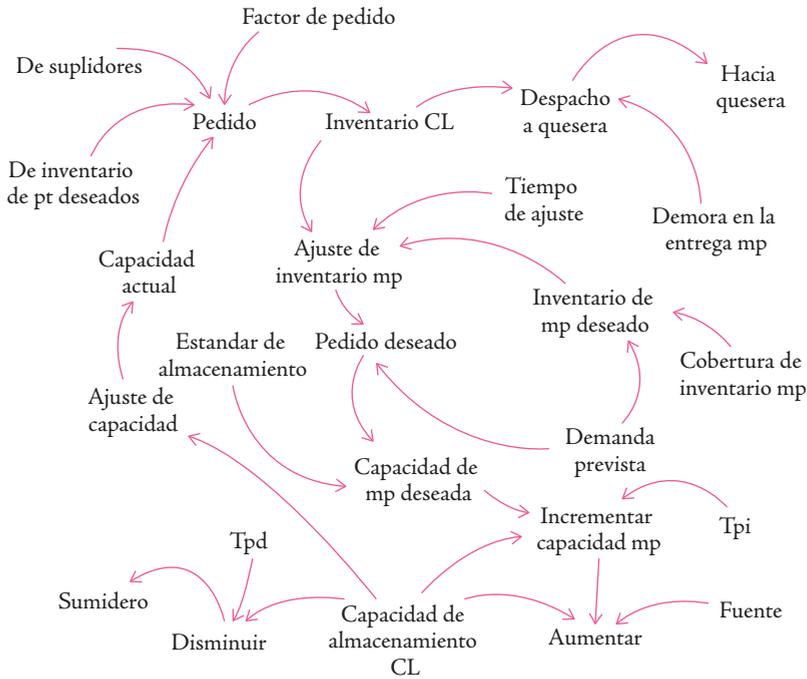
Esta cadena incorpora, como suplidor de materia prima, un centro lácteo que recoge la producción lechera de las fincas y un distribuidor de productos terminados que los entrega a los clientes, minoristas o detallistas. En conclusión, está compuesta por tres fincas productoras de leche, un centro lácteo, una quesería, un distribuidor de productos terminados y tres Clientes (3/1/1/1/3).

### *Modelo Causal o de Influencia de la cadena de suministro leche – quesos blandos*

La Figura 49 muestra las relaciones causales o de influencia propias del Centro Lácteo; señala la demanda prevista y su relación con el pedido y con el inventario de materia prima deseados.

Figura 49.

### Centro Lácteo o proveedor de materia prima



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Vensim, 2008: 169.

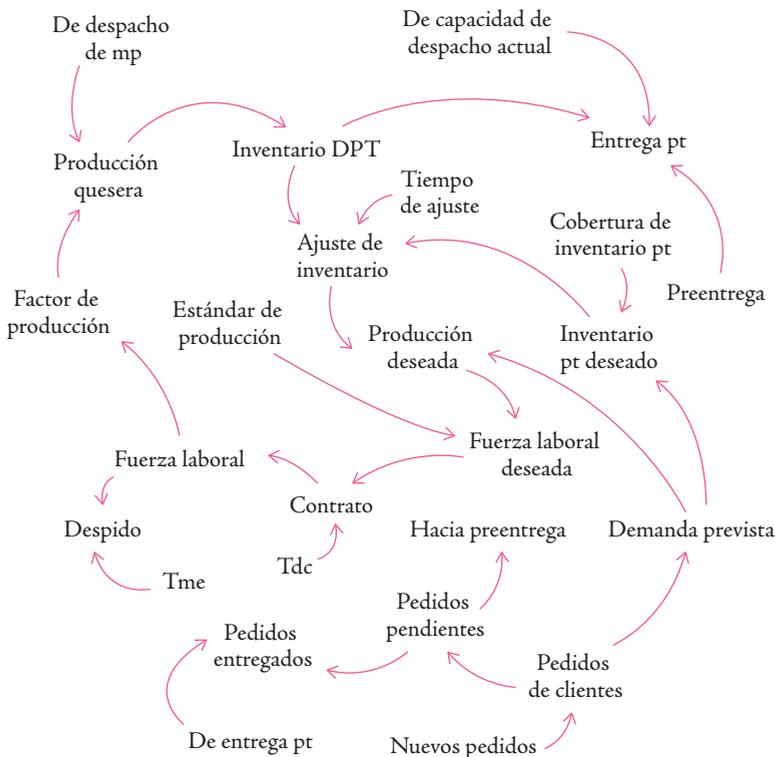
El pedido deseado, ajustado por la diferencia entre el inventario de materia prima deseado y el inventario de materia prima real, orienta el cálculo de la capacidad de almacenamiento de materia prima deseada que, al dividirla entre el estándar de almacenamiento, especifica la capacidad de almacenamiento requerida para este nivel de pedidos; esta capacidad de almacenamiento da como resultado la capacidad que debe ser ajustada. En principio existe una capacidad fija, cuyo cambio no es instantáneo debido al ajuste; hay una demora bien sea para buscar más capacidad de almacenamiento o para disminuirla; esto es parte de la política operacional que el gerente de la cadena debe asumir. El cálculo inicial

-con capacidad fija inferior a lo necesario para almacenar el pedido deseado- obliga a pedir lo que permite esta capacidad fija; en cambio, si resulta superior se solicita el pedido deseado.

El despacho a la quesería señala la relación con la producción que se muestra en la Figura 49 en la cual la materia prima multiplicada por el ratio de materiales da como resultado la cantidad que se va a producir. En la Figura 49 se especifican además las relaciones entre la producción en la quesería y el almacenamiento en el Distribuidor de productos terminados, y se suma la incidencia de los pedidos de clientes en la fuerza laboral.

Figura 50.

### Quesería y DPT



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Vensim, 2008: 171.

La demanda prevista impulsa la producción y el inventario deseados, que hay que calcular en función del inventario real en un lapso de ajuste. La producción deseada más el inventario ajustado determinan la mano de obra deseada, la cual dividida entre el estándar de producción indica la cantidad de fuerza laboral que debe ser contratada.

El nuevo nivel de fuerza laboral resulta en la producción normalizada de la quesería; al término de la fabricación los productos van al almacén de productos terminados del Distribuidor (DPT), quien entrega al cliente.

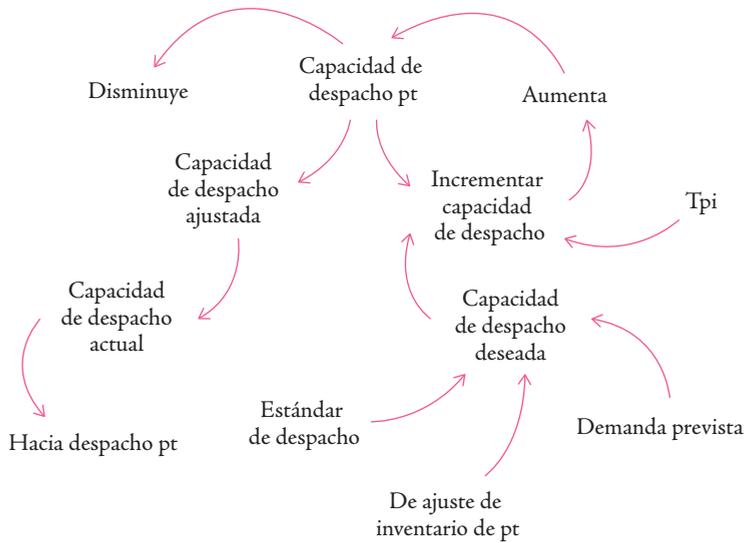
Al igual que se hizo en el SMP, hay que observar la capacidad de despacho para verificar la cantidad que se va a remitir; aquí se introduce el término preentrega. Si esta preentrega es menor que el inventario real se entrega la cantidad solicitada por el cliente, si es mayor se entrega solo lo existente en el inventario. Seguidamente, si para lo existente en el inventario la capacidad de despacho es suficiente se entrega el pedido, pero si es insuficiente solo se entrega lo que la capacidad de despacho permite.

La Figura 51 señala las relaciones inherentes al nivel de capacidad del DPT, donde la demanda prevista se relaciona con la capacidad de despacho deseada, la cual dividida entre el estándar determina la capacidad para ese nivel de pedidos. Por otro lado, el estándar multiplicado por el nivel de capacidad de despacho actual en el DPT determina el ajuste de capacidad de despacho y define la capacidad actual.

En principio, existe una capacidad de despacho fija cuyo cambio no es instantáneo debido al ajuste; hay una demora, bien sea para buscar más capacidad de despacho o para disminuirla. El cálculo inicial con capacidad fija inferior a lo necesario para despachar el pedido deseado obliga a pedir lo que permite esta capacidad fija; en cambio, si resulta superior se pide el pedido deseado; es decir, se tienen las mismas limitaciones presentadas en el SMP.

Figura 51.

## Capacidad de despacho en DPT



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Vensim, 2008: 172.

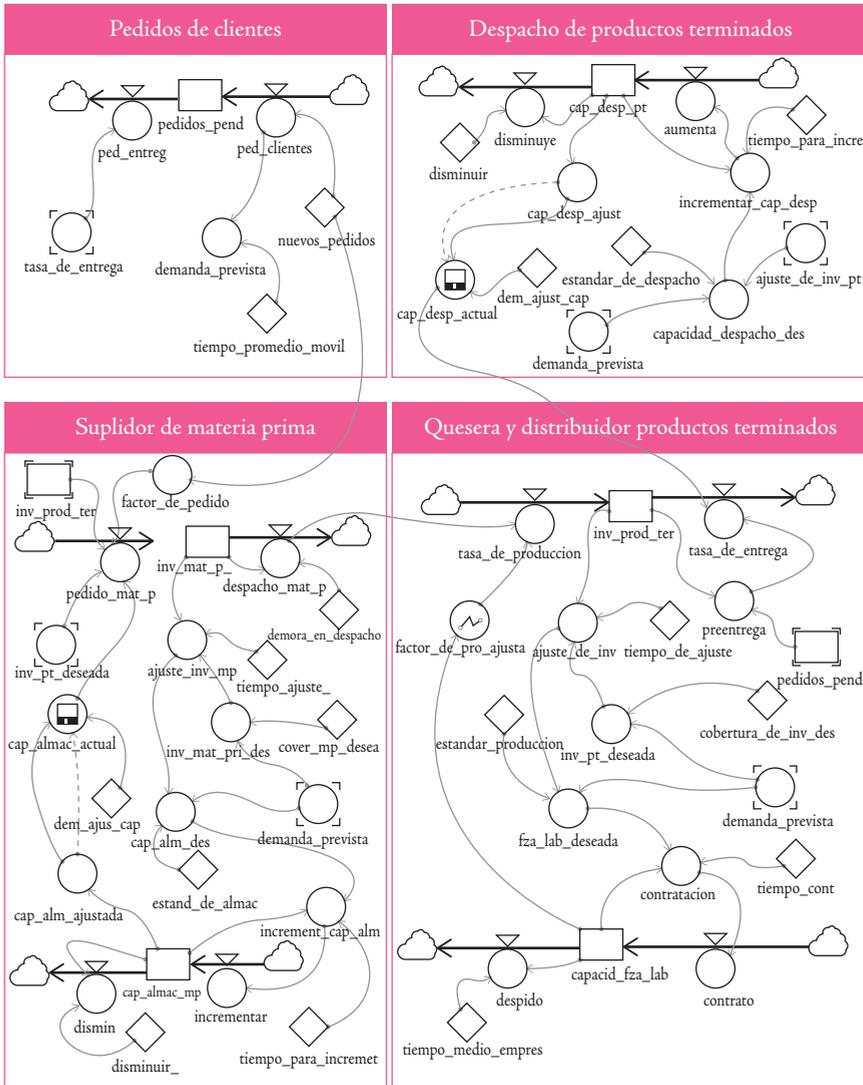
Las relaciones causales o de influencia entre la CL, la quesería y el DPT mostradas en las Figuras 49, 50, 51 se expresan en el Modelo Informático de la Figura 52. Este modelo sirve de base para ensayar las políticas operacionales que correspondan.

### *Modelo Informático en la cadena de suministro leche-quesos blandas*

La Figura 52 muestra el modelo para ensayar las políticas operacionales

Figura 52.

## Modelo Informático de la cadena de suministro leche - quesos blandos



Tomado de la Tesis Doctoral *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar Políticas Operacionales en la Cadena de Suministro de las pymes Transformadoras* por Wilfredo Guaita, Desarrollado en Powersim, 2008: 174.

## *Resultado y discusión de los ensayos en la cadena de suministro leche - quesos blandos*

---

Los resultados de cinco ensayos en la cadena de suministro leche-quesos blandos son expuestos en esta sección, donde en el Ensayo 1, que sirve de base, se mantiene constante el nivel de pedidos a lo largo del lapso de simulación y se fijan los valores del protocolo de ensayo que contempla: Parámetros de Decisión, Volúmenes del Sistema, Tasas de Flujo y Políticas Operacionales. Con esta primera corrida se determina la primera referencia de comportamiento. En los Ensayos 2, 3 y 4 se hacen incrementos en la demanda siguiendo funciones conocidas y ajustando políticas operacionales, y en el 5 se prueba con una disminución de demanda de manera acelerada.

### *Ensayo 1. Pedidos constantes de clientes*

---

En este ensayo de simulación se comprueban los efectos en la cadena cuando los pedidos de clientes son constantes a lo largo de la simulación.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 día.
2. Capacidad inicial fija en SMP (3000 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (600 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
4. Fuerza laboral variable.
5. Demora en entrega de leche = 1 d.
6. Factor para calcular promedio móvil = 5 d.
7. Factor de pedido = 100 kg/d.
8. Factor de cobertura inventario de productos terminados deseado = 1 d.

9. Estándar de almacenamiento de materia prima en CL = 3000 L/d.
10. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 600 kg/d.
11. Estándar de producción en quesería = 7 kg/h/d.
12. Ratio de materiales en quesería = 0.20 kg de queso por 1 kg de leche.
13. Tiempo de la simulación: 90 días.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 m<sup>3</sup>.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 200 kg.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en CL: 1000 L.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 3000 L.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 600 kg.
6. Nivel inicial para ajuste de capacidad de fuerza laboral: 15 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 100 kg de queso constante.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye en función de la demanda.
2. Capacidad variable en CL y DPT en función de la demanda, pero con demora de 90 días para el ajuste de capacidad.
3. Tener inventario de productos terminados con una cobertura de 1 día.

4. Pedido constante en función de la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
5. Capacidad de almacenamiento de materia prima = 3000 L.
6. Capacidad de despacho = 600 kg.
7. Estándar de almacenamiento de materia prima = 3000 L/d.
8. Estándar de despacho de productos terminados = 600 kg/d.
9. Estándar de producción: 7 kg/h/d.
10. Ratio de materiales = 0.20 unidades de pt por unidad de mp ajustado por variación de fuerza laboral.
11. Demora en el despacho de leche = 1 d.

### *Resultados del Ensayo 1*

Los resultados de 30 iteraciones realizadas en el simulador se muestran en las Figuras 53, 54 y 55. La variable externa que se mantiene sin cambios a todo lo largo del período de simulación es la de pedidos de clientes a razón de 100 kilogramos por día, observándose en la Figura 53 que los pedidos entregados se igualan a esta tasa en el día 7, para después mantenerse por debajo de la tasa de pedidos en cerca de 11 unidades, lo que significa una acumulación de pedidos pendientes. La tasa de producción desciende desde 400 kilogramos por día para acoplarse a la tasa de pedidos alrededor del día 11 con oscilaciones moderadas, y la tasa de pedidos de materia prima que comienza con 200 litros en el día 1 sube hasta 281 el día 11 y concluye alrededor de 250 litros, siempre por encima del resto de las tasas.

Este comportamiento de igualación hacia la tasa de pedidos sin oscilaciones muy apreciables es típico de sistemas estables, pero puede acumular niveles de pedidos pendientes que le hagan perder clientes en el mediano plazo; como se observa en la Figura 54; el nivel de pedidos pendientes se ubica al final de la simulación en 344 kilogramos, el ni-

vel de inventario de materia prima se mantiene por encima del nivel de inventario de productos terminados (90 kilogramos) y el inventario de productos terminados deseado se ubica en 200 kilogramos.

Figura 53.

### Tasas

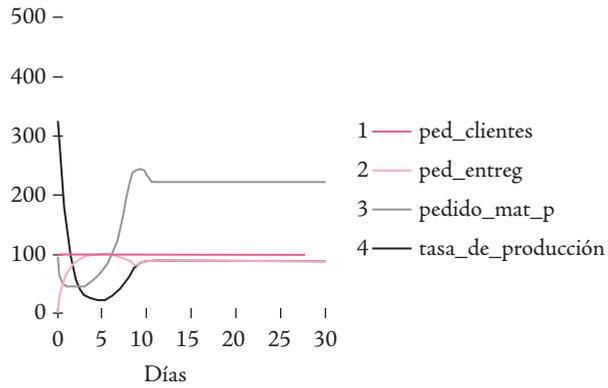
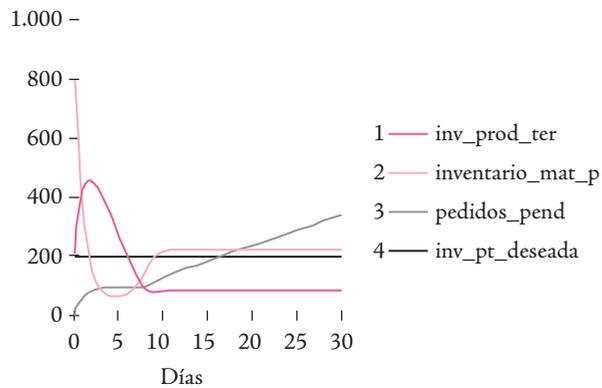


Figura 54.

### Niveles



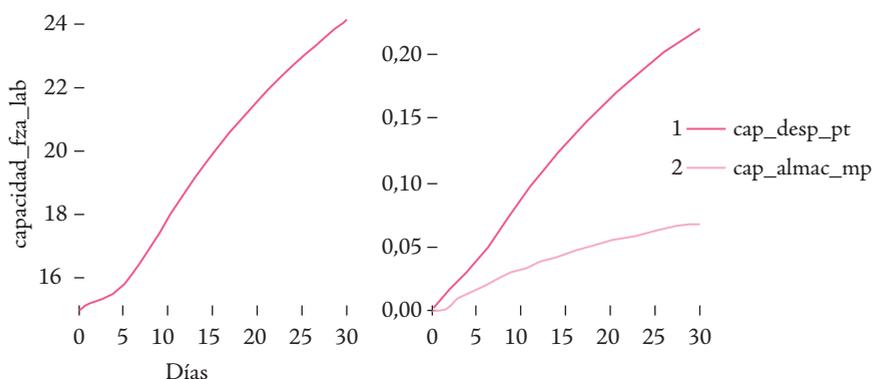
Elaboración propia de los Autores.

Se observa que con estos niveles los pedidos de clientes no se entregan satisfactoriamente a una tasa de 100 kilogramos por día, ya que no hay suficiente inventario de productos terminados.

El nivel de fuerza laboral (ver Figura 55) que se inicia con 15 personas sube hasta 24 al final de la simulación, cantidad necesaria para incrementar el nivel de entrega, pero todavía insuficiente después del día 15. La capacidad de almacenamiento y de despacho sube, condición que muestra la necesidad de ajuste de capacidad en exceso para este nivel de pedidos.

Figura 55.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

**Conclusión de este Ensayo:** la política de mantener capacidades variables en los inventarios de materia prima y de despacho de productos terminados indica que no existe un exceso de capacidad para un nivel de pedidos de 100 kilogramos por despacho (k/p/d) y que es necesario contratar más personas para tratar de cumplir con los pedidos de los clientes, considerando que después de la semana 15 la cadena entra en incumplimiento.

Finalmente, la política de inventarios relativa a la cobertura para previsión como inventario de seguridad puede ajustarse de 1 a 2 días, con el objeto de procurar reducir los pendientes de los clientes.

### *Ensayo 2. Pedido constante de clientes con ajuste en política de inventario*

---

Este ensayo mantiene los pedidos de clientes constantes en 100 k/p/d, pero se ajusta la cobertura de inventario de productos terminados en un día adicional con el objeto de reducir el nivel de pedidos pendientes.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 día.
2. Capacidad inicial fija en SMP (3000 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (600 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
4. Fuerza laboral variable.
5. Demora en la entrega de leche = 1 d.
6. Factor para calcular promedio móvil = 5 d.
7. Factor de pedido = 100 kg/d.
8. Factor de cobertura inventario de productos terminados deseado = 2 d.
9. Estándar de almacenamiento de materia prima en CL = 3000 L/d.
10. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 600 kg/d.
11. Estándar de producción en la quesería = 7 kg/h/d.
12. Ratio de materiales en la quesería = 0.20 kg de queso por 1 kg de leche.
13. Tiempo de la simulación: 90 días.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes:  $0 \text{ m}^3$ .
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 200 kg.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en CL: 1000 L.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 3000 L.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 600 kg.
6. Nivel inicial para ajuste de capacidad de fuerza laboral: 15 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 100 kg de queso constante.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: aumenta o disminuye en función de la demanda.
2. Capacidad variable en CL y DPT de acuerdo con la demanda, pero con demora de 90 días para el ajuste de capacidad.
3. Tener inventario de productos terminados con una cobertura de 1 día.
4. Pedido de materia prima constante según la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
5. Capacidad de almacenamiento de materia prima = 3000 L.
6. Capacidad de despacho = 600 kg.
7. Estándar de almacenamiento de materia prima = 3000 L/d.
8. Estándar de despacho de productos terminados = 600 kg/d.
9. Estándar de producción: 7 kg/h/d.

10. Ratio de materiales = 0.20 unidades de producto terminado por unidades de materia prima ajustado por variación de fuerza laboral.
11. Demora en el despacho de leche = 1 d

### *Resultados del Ensayo 2*

En las Figuras 56, 57 y 58 se muestran los resultados de 30 iteraciones; la variable externa que se mantiene sin cambios es la de pedidos de clientes a razón de 100 k/p/d, igual que en el ensayo número 1 y en este caso, los pedidos entregados se igualan a esta tasa rápidamente. Es decir, lo solicitado es entregado, por lo tanto, no se deben acumular pendientes con este ajuste de política. Desde luego, la tasa de producción se iguala a la tasa de pedidos de clientes, pero a los 10 días sube y así se mantiene hasta el final de la simulación (ver Figura 56). El pedido de materia prima se incrementa desde 223 litros hasta 250 con relación al primer ensayo; luego de oscilar así se mantiene desde el día 10 hasta el final de la simulación.

El nivel de inventario de materia prima (ver Figura 57) baja desde 1000, como valor inicial, hasta 250 y por encima del nivel del inventario de productos terminados a partir del día 8. El inventario de productos terminados deseado se ubica en 400 kilogramos por semana (k/p/s) debido al ajuste en la cobertura y el inventario de productos terminados se inicia con 200 kilogramos; luego, oscila y se mantiene en 160 a partir del día 10 y por encima de los pedidos pendientes (ver Figuras 56 y 57).

Figura 56.

### Tasas

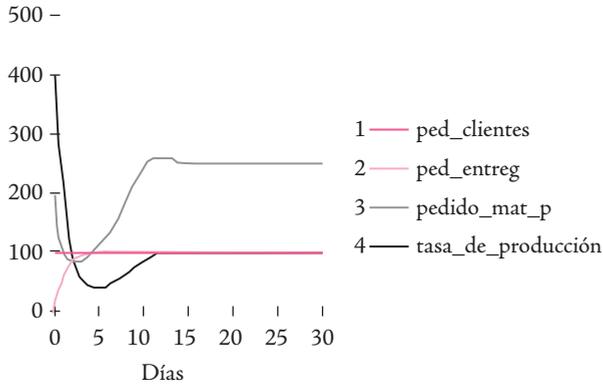
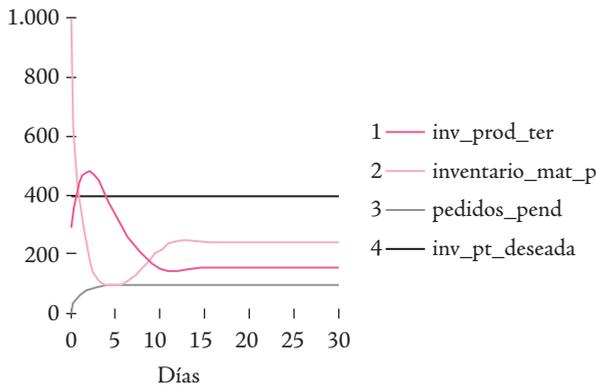


Figura 57.

### Niveles



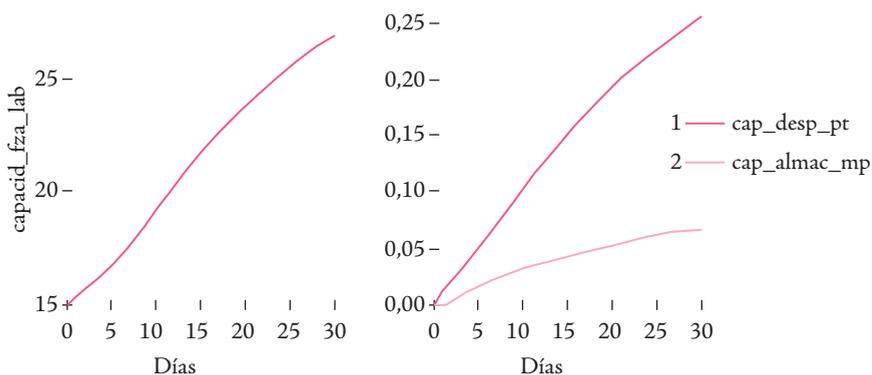
Elaboración propia de los Autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 100 por día y así se mantiene durante todo el período de simulación, con holgura suficiente porque conserva un inventario de 160 unidades contra 100 entregadas cada día.

El nivel de fuerza laboral que comienza con 15 personas sube a 27 hasta el final de la simulación, dado el ajuste de la cobertura (ver Figuras 57 y 58). Las capacidades de almacenamiento y despacho se mueven hacia el alza en cantidades moderadas.

Figura 58.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas para mantener el inventario deseado de productos terminados de 1 día a 2 genera como resultado reducir el nivel de pendientes y mantenerlo bajo control. En este ensayo se genera un inventario de producto terminado de 160 kg/p/d que es superior a las 89 unidades dadas en el experimento anterior y superior a la tasa de pedido de clientes que es de 100 kg/p/d; es decir, la cobertura de inventario de 2 días es suficiente para cumplir con los pedidos.

### Ensayo 3. Pedidos en crecimiento tipo escalón

En este ensayo los pedidos se incrementan en una función tipo escalón de un paso, desde 100 hasta 300 unidades por día en 15 días. Se mantiene un factor de pedido y el factor de cobertura de inventario de 2 días. Con

este ensayo se pretende observar el comportamiento de la cadena ante un incremento de la demanda del 200 % en 15 días.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 día.
2. Capacidad inicial fija en SMP (3000 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (600 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
4. Fuerza laboral variable.
5. Demora entrega de leche = 1 d.
6. Factor para calcular promedio móvil = 5 d.
7. Factor de pedido = 100 kg/d y 300 kg/d crecimiento en escalón de un paso en 15 días.
8. Factor de cobertura inventario de productos terminado deseado = 2 d
9. Estándar de almacenamiento de materia prima en CL = 3000 L/d
10. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 600 kg/d
11. Estándar de producción en quesería = 7 kg/h/d
12. Ratio de materiales en quesería = 0.20 K de queso por 1 kg de leche.
13. Tiempo de la simulación: 90 días.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 m<sup>3</sup>.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 200 K.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en CL: 1000 L.

4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 3000 L.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 600 kg.
6. Nivel inicial para ajuste de capacidad de fuerza laboral: 15 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: 100 kg de queso hasta el día 15, luego sube hasta 300 kg y así se mantiene hasta el final de la simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye según la demanda.
2. Capacidad variable en CL y DPT de acuerdo con la demanda, pero con demora de 90 días para el ajuste de capacidad.
3. Tener inventario de productos terminados con una cobertura de 1 día.
4. Pedido de materia prima conforme a la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
5. Capacidad de almacenamiento de materia prima = 3000 L.
6. Capacidad de despacho = 600 kg.
7. Estándar de almacenamiento de materia prima = 3000 L/d.
8. Estándar de despacho de productos terminados = 600 kg/d.
9. Estándar de producción: 7 kg/h/d.
10. Ratio de materiales = 0.20 unidades de producto terminado por unidad de materia prima ajustado por variación de fuerza laboral.
11. Demora en el despacho de leche = 1 d.

### *Resultados del Ensayo 3*

En este ensayo la variable externa de pedidos de clientes cambia desde 100 hasta 300 unidades de pedido en el día 15 y se mantiene constante hasta el final de la simulación. Este cambio se realiza utilizando la función escalón de un paso. Se observa en la Figura 59 que los pedidos entregados se igualan a pedidos de clientes en 100 kilogramos de productos despachados de forma acelerada en el día 1 y luego en la semana 15 se igualan a 300 kg/p/d; es decir, en el día 15 después del cambio en el nivel de pedidos. La cadena responde bien al cambio de pedidos. La tasa de producción también se iguala a la tasa de pedidos de clientes en el día 10 y en el día 25, después de oscilar con intensidad por el cambio en esta. El pedido de materia prima se incrementa desde el día 2 y luego se vuelve a incrementar en el día 15 cuando siente el impacto del cambio en el nivel de pedidos (ver Figura 60).

El nivel de inventario de materia prima oscila en ascenso y se mantiene por encima del nivel de inventario de pedidos pendientes concluyendo en 750 L. El inventario de productos terminados deseado sube por efecto de la función escalón desde 200 unidades hasta 1200 kg/p/d y se mantiene por encima del inventario de pedidos pendientes, y el inventario de productos terminados oscila fuertemente. Se observa en la Figura 60 que con esta política se puede cumplir con los clientes de manera oportuna, incluso con el incremento brusco de la demanda.

Figura 59.

### Tasas

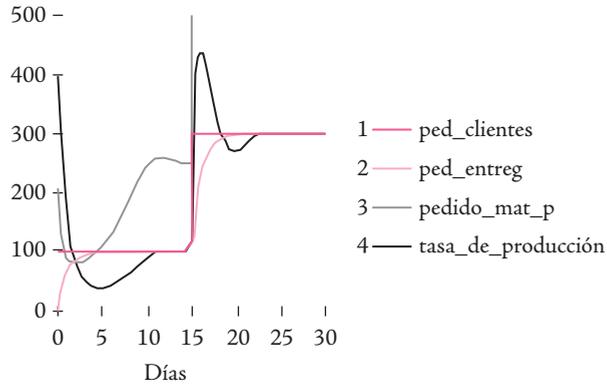
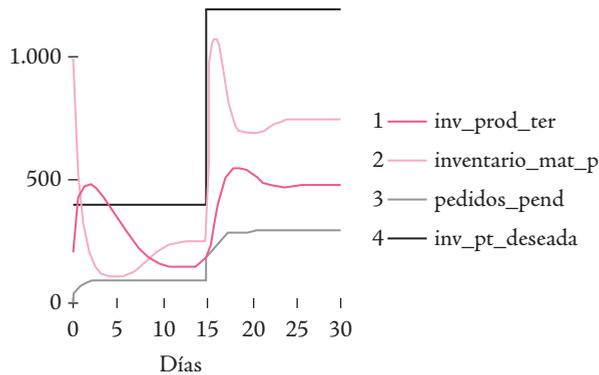


Figura 60.

### Niveles

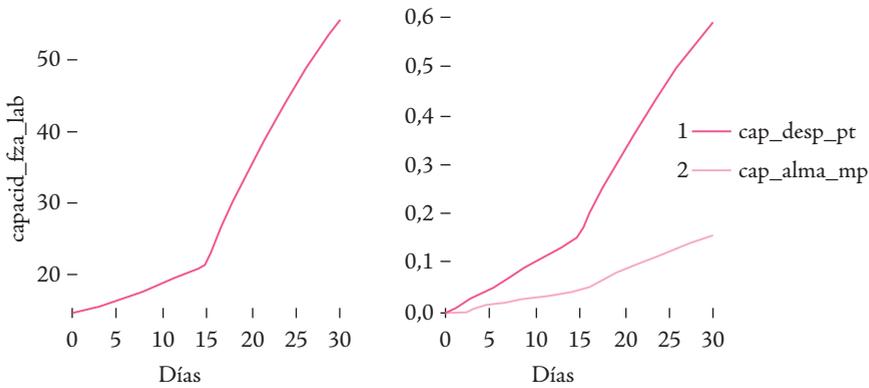


Elaboración propia de los autores.

Los pedidos de clientes se entregan satisfactoriamente a una tasa de 100 kg/p/d hasta el día 15 y luego a una tasa de 300 hasta el final de la corrida, este cambio es consecuencia del incremento en el nivel de pedidos. La capacidad de fuerza laboral que se muestra en la Figura 61 se inicia con 15 personas y sube hasta 55. Las capacidades de almacenamiento y de despacho se incrementan en sus niveles iniciales.

Figura 61.

## Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas de capacidad variable, tanto en despacho como en materia prima, al igual que la fuerza laboral permiten cumplir con los pedidos de los clientes, siempre y cuando se mantenga la cobertura de inventarios de productos terminados en 2 días; en caso contrario, si la cobertura baja a 1 día, a partir del día 7 los pendientes comienzan a subir aceleradamente.

### *Ensayo 4. Pedidos en crecimiento tipo logística*

En este ensayo los pedidos se incrementarán con una forma de la función tipo logística desde 100 en el día 0 hasta 600 unidades por día en el día 15. Se ajusta el factor de pedido a la demanda diaria y el factor de cobertura de inventario de productos terminados deseado se mantiene en 2 días. Las capacidades en despacho y materia prima se reducen a 200 kilogramos y 1.000 kilogramos respectivamente. Con este ensayo se pretende observar el comportamiento de la cadena ante un incremento de la demanda del 500 % en 15 días.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 día.
2. Capacidad inicial fija en SMP (3000 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (600 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
4. Fuerza laboral variable.
5. Demora en entrega de leche = 1 d.
6. Factor para calcular promedio móvil = 5 d.
7. Factor de pedido = 100 a 600 kg/d crecimiento tipo logístico en 15 días.
8. Factor de cobertura inventario de productos terminados deseado = 2 d.
9. Estándar de almacenamiento de materia prima en CL = 1000 L/d.
10. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 200 kg/d.
11. Estándar de producción en quesería = 7 u/h/d.
12. Ratio de materiales en quesería = 0.20 kg de queso por 1 kg de leche.
13. Tiempo de la simulación: 90 días.

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 m<sup>3</sup>.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 200 kg.
3. Nivel inicial de inventario materia prima en CL: 1000 L.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 3000 L.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 600 kg.

6. Nivel inicial para ajuste de capacidad de fuerza laboral: 15 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: función tipo logística desde 100 kg hasta 600 kg de queso y así se mantiene hasta el final de la simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: aumenta o disminuye de acuerdo con la demanda
2. Capacidad inicial variable en CL y DPT según la demanda, pero con demora de 90 días para el ajuste de capacidad.
3. Tener inventario de productos terminados con una cobertura de 1 día.
4. Pedido de materia prima en función de la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
5. Capacidad de almacenamiento de materia prima = 3000 L.
6. Capacidad de despacho = 600 kg.
7. Estándar de almacenamiento de materia prima = 1000 L/d.
8. Estándar de despacho de productos terminados = 200 kg/d.
9. Estándar de producción: 7 kg/h/d.
10. Ratio de materiales = 0.20 unidades de pt por unidad de mp ajustado por variación de fuerza laboral.
11. Demora en el despacho de leche = 1 d.

### *Resultados del Ensayo 4*

La tasa de pedidos de clientes se incrementa desde 100 hasta 600 unidades de pedido por día en un lapso de 15 días siguiendo una trayectoria tipo logística que se mantiene constante hasta el final de la simulación (ver Figura 62). Con este nivel de pedidos incrementados se genera un

pendiente de 18 000 unidades al final del período simulado (ver Figura 63); es decir, que la cadena entra en incumplimiento desde el día 15 aproximadamente. La tasa de producción oscila y se iguala con la tasa de pedidos entregados a partir del día 30, y ambas tasas se mantienen por debajo de la línea de pedidos de clientes que permanece constante en 600 unidades. El pedido de materia prima se incrementa de manera acelerada y en menos de diez días sube hasta 1000 unidades de materia prima y concluye alrededor de las 500 unidades.

El nivel de materia prima se mantiene hasta el día 17 por encima del nivel de pedidos pendientes; luego por efecto de la función logística, este último comienza a subir aceleradamente hasta concluir en 18 000 unidades, mientras que el inventario de productos terminados concluye en alrededor de las 2.800 unidades (ver Figura 63). Se observa así que con esta política no se puede cumplir oportunamente con los clientes.

Figura 62.

### Tasas

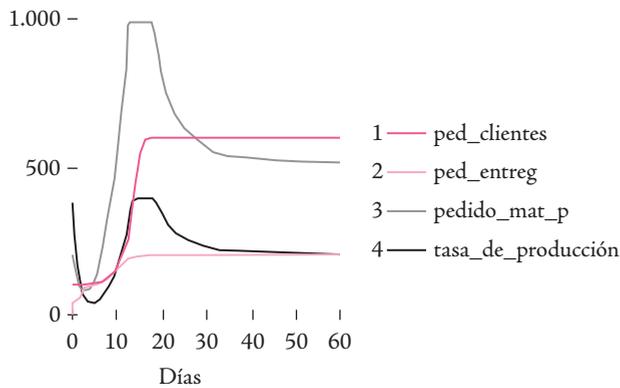
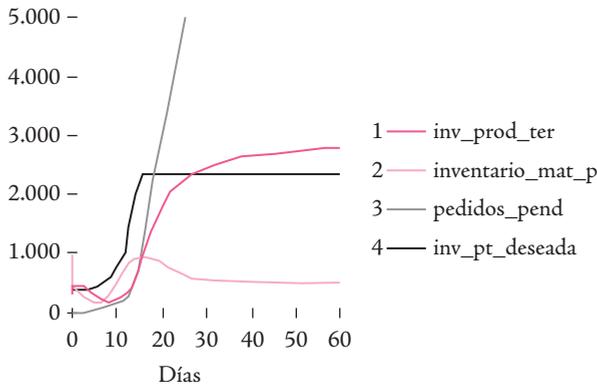


Figura 63.

### Niveles

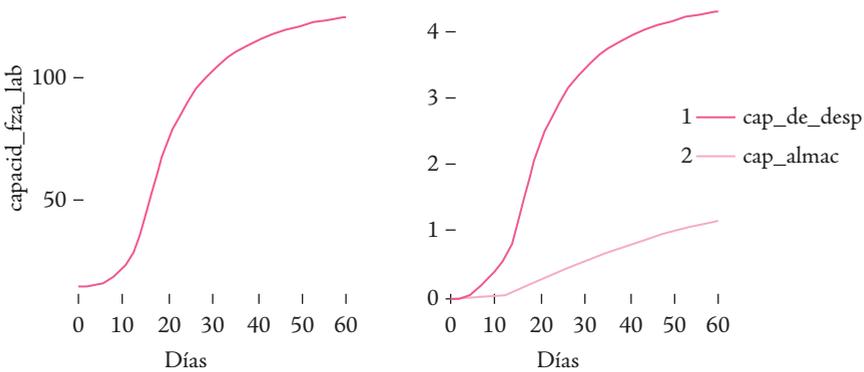


Elaboración propia de los autores.

Los pedidos de clientes no se entregan satisfactoriamente, lo cual conlleva la acumulación diaria de pendientes. La capacidad de fuerza laboral mostrada en la Figura 64, que inicia con 15 personas y concluye con 166 al final de la simulación, y la capacidad de almacenamiento y despacho se incrementan desde valores iniciales, lo que hace suponer -en principio- la necesidad de ajuste en estas variables.

Figura 64.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas de capacidad de despacho variable y la cobertura de dos días de productos terminados no parece suficiente para reducir los pendientes por debajo de la línea de inventario de productos terminados.

A lo largo del período de simulación de 60 días, el nivel de pedidos pendientes fue superior al inventario de productos terminados a partir del día 17 y con mayor intensidad hacia el final de la simulación; es decir, la cobertura de inventario de seguridad de 2 días en productos terminados y la demora en la variación de la capacidad de despacho no hace una cadena rápida en la entrega de pedidos. En cambio, un incremento en la capacidad de despacho y un ajuste del estándar de despacho permite que el nivel de pedidos se sitúe por debajo de la línea del inventario de productos terminados (ver Figura 65).

Figura 65.

### Tasas

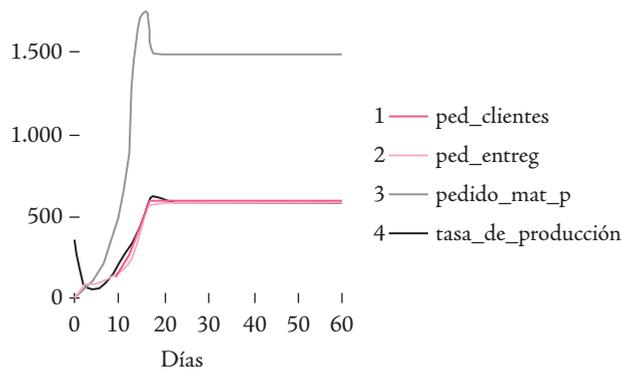
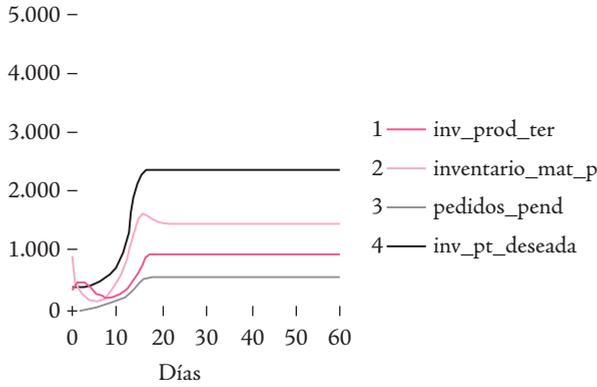


Figura 66.

### Niveles

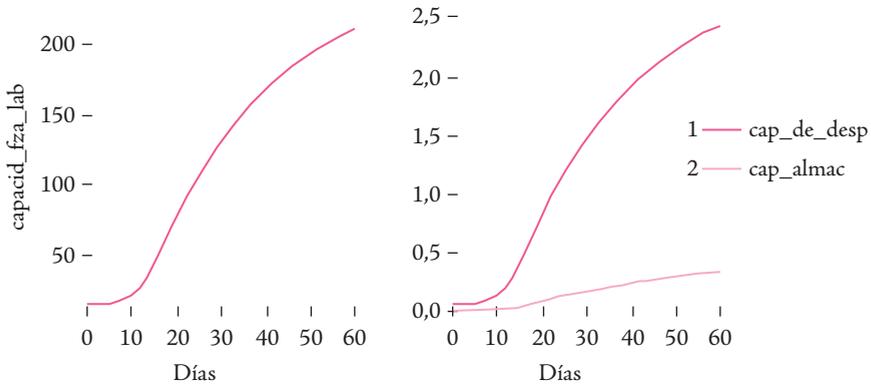


Elaboración propia de los Autores.

También se puede observar en la Figura 67 que la capacidad de despacho se incrementa, al igual que la capacidad de almacenamiento de materia prima, para poder cumplir con los pedidos.

Figura 67.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

## *Ensayo 5. Pedidos en declinación acelerada*

---

En este ensayo de simulación se comprobarán los efectos en la cadena de una disminución acelerada de pedidos de los clientes desde 100 hasta 0 en 15 días. Se ajusta el factor de pedido a la demanda semanal y el factor de cobertura de inventario de productos terminados deseado se mantiene en 2 días.

Parámetros de decisión:

1. Longitud del intervalo de tiempo = 1 día.
2. Capacidad inicial fija en SMP (3000 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
3. Capacidad inicial fija en DPT (600 unidades por día) con ajustes por variación de demanda.
4. Fuerza laboral variable.
5. Demora en entrega de leche = 1 d.
6. Factor para calcular promedio móvil = 5 d.
7. Factor de pedido = 100 hasta 0 K/d, es decir, decrecimiento 0 en 15 días.
8. Factor de cobertura inventario de productos terminados. deseado = 2 d.
9. Estándar de almacenamiento de materia prima en CL = 3000 L/d.
10. Estándar de despacho de productos terminados en DPT = 600 kg/d.
11. Estándar de producción en quesería = 7 kg/h/d.
12. Ratio de materiales en quesería = 0.20 kg de queso por 1 kg de leche.
13. Tiempo de la simulación: 90 días

Volúmenes en la cadena:

1. Nivel inicial de pedidos pendientes: 0 m<sup>3</sup>.
2. Nivel inicial de inventario de productos terminados en DPT: 200 kg.
3. Nivel inicial de inventario de materia prima en CL: 1000 L.
4. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Almacenamiento de materia prima: 3000 L.
5. Nivel inicial para ajuste de Capacidad de Despacho de productos terminados: 600 kg.
6. Nivel inicial para ajuste de capacidad de fuerza laboral: 15 h.

Tasa de flujo:

1. Pedidos de clientes: en decrecimiento desde 100 kg hasta 0 kg de queso en 15 días y así se mantiene hasta el final de la simulación.

Políticas operacionales:

1. Fuerza laboral variable: se incrementa o disminuye en función de la demanda.
2. Capacidad variable en CL y DPT en función de la demanda, pero con demora de 90 días para el ajuste de capacidad.
3. Tener inventario de productos terminados con una cobertura de 1 día.
4. Pedido de materia prima en función de la demanda, pero ajustado por variación entre inventario de producto terminado deseado e inventario real.
5. Capacidad de almacenamiento de materia prima = 3000 L.
6. Capacidad de despacho = 600 kg
7. Estándar de almacenamiento de materia prima = 3000 L/d.
8. Estándar de despacho de productos terminados = 600 kg/d.
9. Estándar de producción: 7 kg/h/d.

10. Ratio de materiales = 0.20 unidades de pt por unidad de mp ajustado por variación de fuerza laboral.
11. Demora en el despacho de leche = 1 d.

### Resultados del Ensayo 5

En este ensayo la variable externa de pedidos de clientes cambia desde 100 hasta 0 unidades de pedido en el día 15 y así se mantiene constante hasta el final de la simulación. Se observa en la Figura 68 que los pedidos de clientes y los pedidos entregados tienen el mismo comportamiento, es decir, declinan desde 100 hasta 0 en el día 15. La tasa de producción comienza a subir por el efecto de la materia prima inicial y de los pedidos iniciales, pero luego disminuye hasta 0; el pedido de materia prima es el último en declinar (ver Figura 69).

El nivel de inventario de la materia prima baja desde su valor inicial de 600 unidades; el nivel de pedidos pendientes cae hasta 0 y el inventario de productos terminados deseado también disminuye.

Figura 68.

#### Tasas

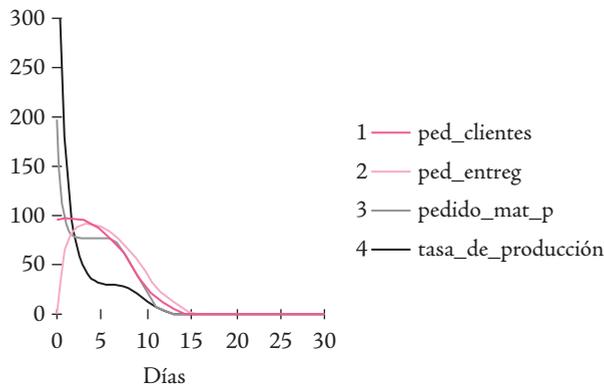
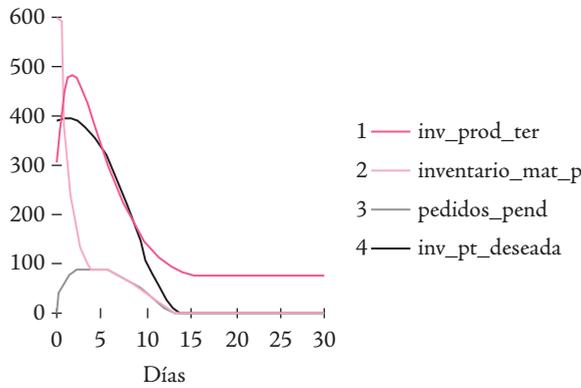


Figura 69.

## Niveles



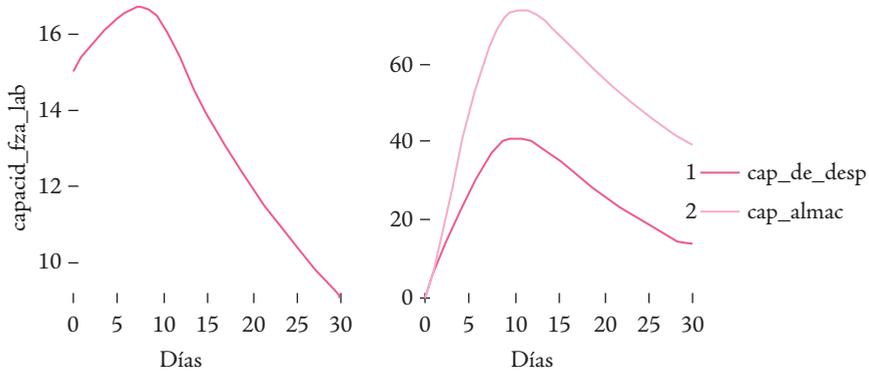
Elaboración propia de los Autores.

El nivel de inventario de productos terminados al principio sube porque no hay pedidos o están declinando, o por el nivel de materia prima acumulado, y luego se estabiliza en 100 unidades hasta el final de la simulación (ver Figura 69).

La capacidad de fuerza laboral que se muestra en la Figura 70 se inicia con 15 personas y disminuye a 0 hasta el final de la simulación. Las variaciones de capacidad de almacenamiento adicional para agregar a las capacidades fijas declinan, lo cual señala la no necesidad de hacer ajustes ni en capacidad de almacenamiento ni en despacho.

Figura 70.

### Niveles de Capacidad



Elaboración propia de los Autores.

**Conclusión de este Ensayo:** las políticas de capacidad fija para inventario de materia prima y de despacho son excesivas para este comportamiento de demanda.

A lo largo del período de simulación de 30 días siempre el nivel de productos terminados fue superior al de pedidos pendientes. Es decir, la cobertura del inventario de seguridad de 2 días para el inventario de productos terminados no se justifica en pedidos en declinación (pedidos que están próximos a vencerse).

## Sistema Pedido – Producción – Entrega

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) se han convertido en uno de los motores principales para el crecimiento de la inversión, del empleo y para el desarrollo de la competitividad de un sector industrial, de una región o de un país. Esta realidad la confirman múltiples estudios y experiencias en distintos países (Linares, 1996). En el caso de América Latina, las pymes representan, en promedio, un 90% del conglomerado de las empresas, emplean alrededor del 70% de la mano de obra y con-

tribuyen con un porcentaje que fluctúa entre el 20% y el 30% del PIB; en Venezuela aportan un 13% del PIB y emplean, conjuntamente con las microempresas 1.300.000 personas aproximadamente, o sea el 55% de la población económicamente activa (Francés, 2001: 53).

Sin embargo, en Venezuela el cierre de pequeñas o medianas empresas ha sido notorio en los últimos años; de un total de 11.640 en año 1998, han sobrevivido 4.903, las cuales trabajan actualmente entre un 50 % y un 60 % en promedio de su capacidad instalada; si bien hay que admitir un crecimiento desde el año 2004 de un 30% en el uso de la capacidad de transformación, este crecimiento muestra síntomas de estancamiento.

Dicho estancamiento en el crecimiento o cierre de empresas tiene múltiples causas, entre ellas: bajo desarrollo gerencial y limitaciones en la formulación de planes de producción y estrategias competitivas; atomización, diversificación excesiva de la producción y escasa especialización; obsolescencia de equipos y gran dependencia de insumos, maquinarias y tecnología importada; falta de información relacionada con procesos técnicos y pocas relaciones con centros de investigación de universidades, y carencia de mecanismos financieros apropiados, ágiles, suficientes y oportunos (Jurisch y Centeno, 2002: 30).

Por ello, el objetivo del presente Estudio es modelar políticas operacionales tipo proceso, capacidad o inventario simulando escenarios expansivos o restrictivos del comportamiento de la demanda, que impacten a la organización, específicamente en el nivel de entrega de pedidos a los clientes (Schroeder et al., 2005: 254) lo que incide significativamente en la competitividad del Sector Metalmecánico.

Se propone aquí simular en una base al tiempo, políticas que sean consecuencia de estrategias operacionales en empresas del sector antes señalado, lo que facilita la planificación de la producción (Hopeman, 1993: 37) y sirve de entrenamiento a la gerencia de la pyme transformadora.

La información a partir de la cual se desarrolla esta Investigación fue reunida mediante unas entrevistas estructuradas a gerentes de empresas metalmecánicas radicadas en la ciudad de Guayana, Venezuela, utilizadas como referencia para hacer el modelo de lineamientos de la Dinámica de Sistemas (Martín, 2003: 35).

Los resultados de dichas entrevistas, hechas a 10 representantes de las 26 empresas registradas como metalmecánicas en la Asociación de Industriales Metalúrgicos y de Minería de Guayana (AIMM) permitieron realizar, en primer lugar, el Modelo esquemático del Proceso de un Taller Metalmecánico denominado en este Estudio como *Pedido-Producción-Entrega* (PPE) y en segundo lugar y como paso previo al Modelo Informático, llevar a cabo el Modelo conceptual de relaciones causales.

De inmediato se presenta la descripción del Proceso PPE y del Modelo de Relaciones Causales; posteriormente, utilizando el Modelo Informático, se simulan o ensayan 4 posibles escenarios que van desde una pérdida acelerada de clientes hasta la modificación de la capacidad de recibo de materia prima y finalmente las conclusiones del caso objeto de estudio.

### *Modelo Esquemático del Proceso Pedido – Producción – Entrega*

---

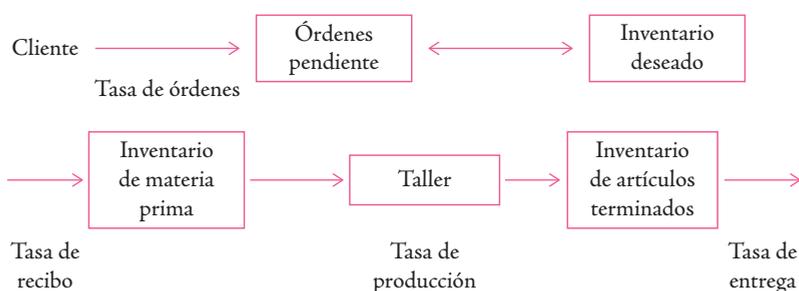
Antes de dar comienzo al diseño del Modelo Informático necesario para simular el proceso, es preciso especificar el Modelo del PPE que se muestra en la Figura 71 y pretende ser una representación del sistema real. En este caso se seleccionaron 10 talleres y a partir de entrevistas estructuradas a sus dueños o gerentes se establecieron las etapas y los tiempos necesarios en cada paso para suplir el pedido de los clientes.

Este esquema es muy común para talleres que trabajan por pedido o mantienen un nivel de inventario de productos terminados que les permite suplir a sus clientes. Desde luego, los sistemas de producción

de este tipo también hacen uso de otras funciones empresariales como mercadeo, personal, contabilidad o finanzas, aspectos que pueden ir agregándose hasta completar la totalidad de la empresa. Por ahora, se trabaja con Inventario de Materia Prima, Taller de Transformación y Embarque, observando cómo reaccionan estos niveles ante los cambios en las órdenes de los clientes y los cambios en la capacidad de almacenamiento de materia prima y embarque.

Figura 71.

### Modelo Esquemático del Proceso Pedido – Producción - Entrega



Tomado de *Administración de producción y operaciones: planeación, análisis y control* por Hopeman, 1993:57.

### Modelo de Relaciones Causales

En consecuencia, con el modelo esquemático del Proceso Pedido – Producción - Entrega que se observa en la Figura 71 se elabora un modelo de relaciones causales del proceso del taller. Se parte del principio de que muchas situaciones de procesos industriales o de otra índole pueden mejorarse con el desarrollo de un modelo que muestre las interacciones como relaciones causa-efecto (Senge y Roberts, 1995: 130).

En la Figura 72 se refleja la totalidad del modelo de relaciones causales del Proceso PPE, y considerando tanto el proceso reforzador como los sistemas compensadores, se establecen las relaciones causa-efecto más

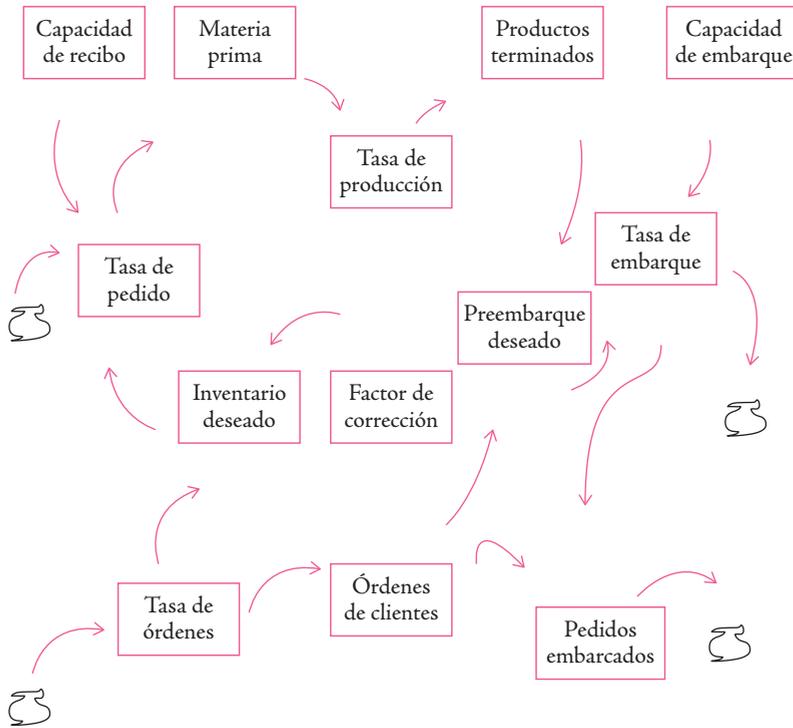
importantes y los cambios en el proceso de flujo. Este tipo de modelo consiste en relacionar promedios de flujo, niveles y estados; Por ejemplo, si el nivel de interés es la población, entonces este dependerá de la interacción con la tasa de nacimiento, la tasa de mortalidad y los estados de fertilidad y mortalidad. Para un nivel de población y una fertilidad dadas, una tasa de nacimiento particular tenderá a incrementar el nivel de la población, indicando un ciclo de retroalimentación positiva. Asimismo, para un nivel de población y una mortalidad dadas, la tasa de mortalidad particular tenderá a disminuir el nivel de población; por lo tanto, esto indica un ciclo de retroalimentación negativa.

En este caso particular, el nivel de inventario de la materia prima va a depender de la tasa de pedidos y de la tasa de producción. La tasa de pedidos hará aumentar el nivel de la materia prima y la tasa de producción o la velocidad con que la materia prima se transforme en productos terminados hará caer el nivel. De igual manera sucede con el nivel de productos terminados, que disminuirá por la tasa de embarque.

El nivel de órdenes de los clientes influye tanto en los niveles de materia prima como los de productos terminados, y crecerá, a su vez, por la tasa de las órdenes. La Figura 72 muestra las relaciones causales del Proceso Pedido-Producción-Entrega de un taller típico de metalmecánica.

Figura 72.

## Relaciones causales del Proceso Pedido – Producción - Entrega



Elaboración propia de los Autores.

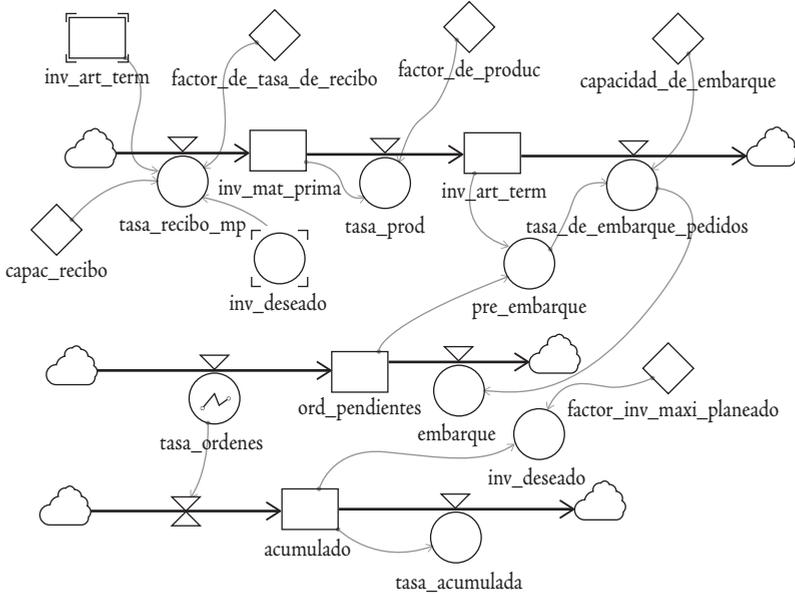
## Resultados del Modelo Informático

El modelo formulado a través de las relaciones causales involucradas en el proceso, o utilizando algún arquetipo sistémico, facilita la creación del modelo informático mostrado en la Figura 73. La definición de los elementos de un sistema es imprecisa y no se sabe con exactitud qué pautas de conductas producirán los sistemas. En el modelo informático de un sistema se puede ver lo que sucede cuando llevamos nuestras premisas a sus conclusiones lógicas. En este caso se hará una simulación de las políticas que en materia de capacidad o inventario puede aplicar la Gerencia,

dadas las variaciones en los pedidos (órdenes de clientes); estas simulaciones se denominarán ensayos y se mostrarán cuatro de ellas.

Figura 73.

### Modelo Informático del Proceso Pedido – Producción - Entrega



Elaboración propia de los Autores, Desarrollado en Powersim.

### *Ensayo en el cual se aceptan todos los pedidos recibidos*

El siguiente ensayo muestra los resultados de una política gerencial orientada a recibir todos los pedidos, independientemente de la capacidad necesaria para responder oportunamente. Las Figuras 74 y 75 ilustran el resultado de las interacciones del modelo a lo largo de 30 unidades de tiempo, que es la base utilizada en todos los ensayos. La única variable que cambia es la tasa de órdenes (ver Figura 4) que aumenta hasta 60 unidades de pedidos, de manera sostenida, hasta el período 25.

Figura 74.

### Variaciones de Tasas

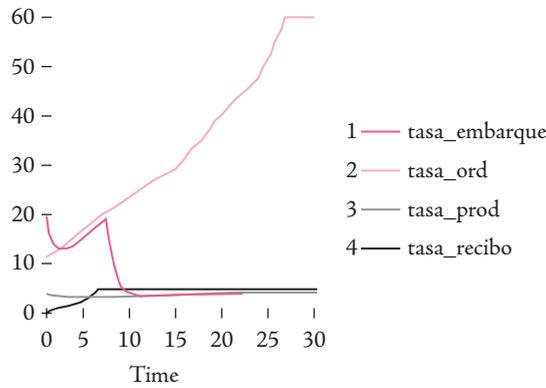
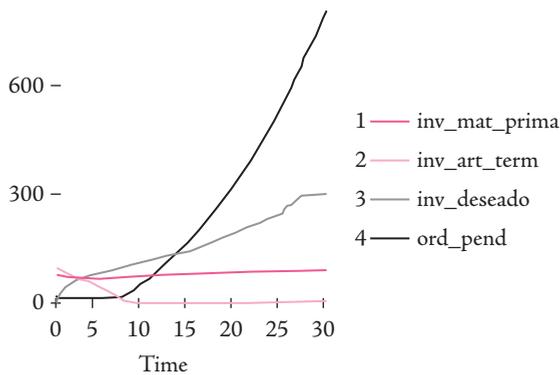


Figura 75.

### Variaciones de Niveles



Elaboración propia de los Autores.

La tasa de embarques declina luego de un pico de incremento en la semana 6 hasta igualarse a partir del período 10 con las tasas de recibo y producción. Se observa que aun cuando reciba más pedidos no aumenta la tasa de embarque, y, en consecuencia, la tasa de recibo de materia prima y de producción permanecen estables, porque no ha ocurrido cambio en la capacidad de recepción de materiales ni en la capacidad de producción.

Al analizar los niveles (ver Figura 75) crecen tanto el nivel de órdenes pendientes como el del inventario deseado, que reflejan el impacto del promedio ponderado a partir del período 5 donde comienzan a crecer. Se observa disminuir el inventario de artículos terminados hasta 0 en el período 10, lo que, dada la gran cantidad de pedidos recibidos, provoca un aumento en la cantidad de órdenes pendientes y, por lo tanto, un incremento del incumplimiento a los clientes.

La Gerencia de Producción que simula esta condición podría explorar los efectos de cambiar algunas políticas para aliviar ciertos problemas, tales como: incrementar la producción, aumentar el sobretiempo, o subcontratar los pedidos; también puede reforzar rápidamente las tasas de recibo de materia prima.

### *Ensayo con aumento de 20 a 30 unidades de pedidos*

Este ensayo de simulación es parecido al anterior, pero con la diferencia de aceptar pedidos de manera controlada. Se comprobarán los efectos del aumento de un paso en la tasa de órdenes de 20 a 30 unidades de pedido (ver figura 76). Este solo cambio generará numerosas oscilaciones en el sistema y aunque la variación ocurra solo en un período y la nueva tasa de órdenes permanezca constante después de ese paso, las órdenes pendientes crecerán. La tasa de embarque se atrasa unos dos períodos y luego se equilibra con la tasa de órdenes, pero en un nivel inferior junto con las tasas de recibo y de embarque.

Figura 76.

### Variaciones de Tasas

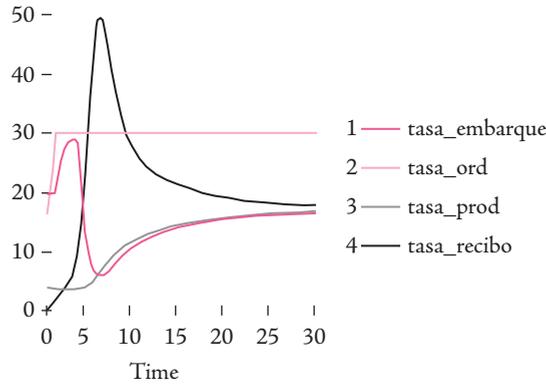
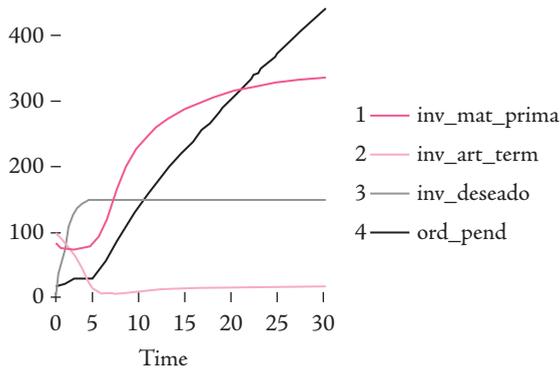


Figura 77.

### Variaciones de Niveles



Elaboración propia de los autores.

La tasa de recibo sube rápidamente a medida que, a lo largo de la simulación, el inventario deseado supera al inventario de artículos terminados. El mecanismo que causa tal aceleración es la relación entre el inventario deseado y el inventario de artículos terminados. Esta relación cambia durante el curso de la simulación a medida que el inventario deseado se estabiliza en cerca de 150 unidades de pedido y el inventario de

artículos terminados en aproximadamente 20 unidades de pedido (ver Figura 77).

Se observa que la tasa de recibo oscila y es una característica de la corrección exagerada y de la amortiguación mientras transcurre la simulación. La tasa de producción depende parcialmente del inventario de materias primas, en el cual el factor de productividad define la fracción de materia prima que se procesa en cada período. Durante las primeras etapas de la simulación con la demanda en 30 unidades de pedido (UP) la tasa de producción está limitada a menos de 20 UP a pesar de que el inventario de materia prima se reposiciona en una cantidad mucho mayor, a consecuencia de una tasa de recibo hasta 50 UP en el período nueve y después de descender se estabiliza alrededor de las 20 UP hasta el final de la simulación, al igual que la tasa de producción (ver Figura 78).

Con respecto a los cambios en los volúmenes de inventario (ver Figura 77) las órdenes pendientes crecen de manera importante, y en consecuencia, la gerencia debe tomar las acciones apropiadas para evitar incumplimientos innecesarios y el inventario deseado se mantiene constante después del período cinco. Las órdenes pendientes siguen una ruta ascendente antes de estabilizarse. Sin embargo, el volumen deseado de inventario es el promedio móvil ponderado de las órdenes anteriores. Puesto que cubre 10 períodos de tiempo, tiene una característica natural de desahogo caracterizada por el aumento de un paso en el cambio en la tasa de órdenes.

El inventario de materia prima y el de artículos terminados presentan características de oscilación. Esta oscilación inicial y posterior estabilización está relacionada con las tasas de recibo y producción respectivamente. Se recordará que el nivel de inventario de materia prima está en función de la tasa de recibo y producción, por lo tanto, está influido por estas trayectorias en el cambio de la tasa. En forma similar, el inventario de artículos terminados está en función de la tasa de producción y em-

barque. Aunque ambas tasas se equilibran después del período 15, el inventario de productos terminados baja en principio y luego se estabiliza.

### *Ensayo con incremento de capacidad de recepción de materia prima*

---

En este ensayo se trabajará con una política de capacidad que es el aumento de la capacidad de recepción de materia prima de 2 a 20 UP como parámetro tope de capacidad (ver Figura 78). La tasa de recibo rápidamente se posiciona en 5 UP por período, mientras las de producción y embarque tienden a igualarla casi al término de la simulación, luego de un acercamiento gradual. Este cambio no genera oscilaciones. La tasa de órdenes permanece igual en 20 UP, constante a lo largo de la simulación.

Figura 78.

---

#### Variaciones de Tasas

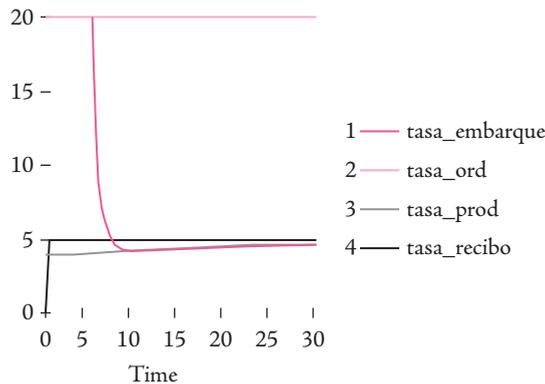
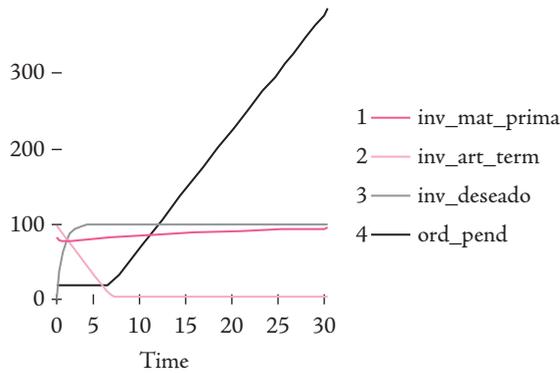


Figura 79.

### Variaciones de Niveles



Elaboración propia de los Autores.

Las órdenes pendientes crecen linealmente a partir del período 8, tal como en el ensayo anterior, lo que significa que el aumento en la capacidad de recepción, como política aislada, tampoco fue suficiente para reducir las probables demoras en las entregas de los pedidos, dado el bajo inventario de artículos terminados y a pesar de que el inventario de materia prima aumenta en la simulación.

Para minimizar los reclamos, la gerencia debe seguir ensayando otras políticas, tales como disminuir el tiempo de espera del cliente. En resumen, con este ensayo de continuar recibiendo órdenes de manera constante a razón de 20 UP por período si solo se mejora la capacidad de recepción de la materia prima, tampoco se reduce el nivel de órdenes pendientes, el cual crece linealmente a partir del período 7 (ver Figura 79).

### *Ensayo con pérdida de mercado acelerada*

La Figura 80 muestra el resultado de las interacciones del modelo a lo largo de 30 unidades de tiempo. La única variable que se cambia es la tasa de órdenes que declina desde 20 UP hasta 0 unidades en el período 11. Este ensayo puede ser el escenario de una pérdida constante y acelerada

de mercado en el tiempo, para productos metalmecánicos, y si no se hace ningún cambio en las otras variables ocurrirán los resultados mostrados en los distintos niveles (ver Figura 80).

Figura 80.

### Variaciones de Tasas

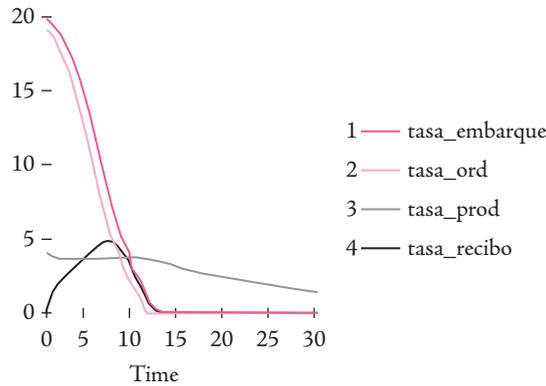
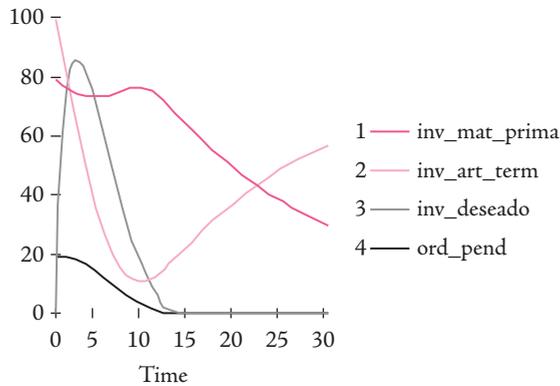


Figura 81.

### Variaciones de Niveles



Elaboración propia de los Autores.

El inventario deseado declinaría más lentamente que la demanda real debido al promedio móvil analizado durante 10 períodos. Cuando el

inventario deseado se compara con el inventario de artículos terminados se observa una tendencia hacia la baja a partir del período 13 e incide en un aumento en la tasa de recibo durante 8 períodos, seguido por una disminución de esta tasa durante el resto de la simulación. La razón de que esto ocurra es que durante los primeros períodos las órdenes fueron tomadas principalmente del inventario de artículos terminados y se da una situación en la que el inventario real resulta menor que el inventario deseado. Esto, a su vez, es provocado por la restricción en la tasa de producción, la cual representa la vigésima parte de la materia prima que entró en producción durante cualquier período dado; esto restringe el flujo durante los primeros períodos; en este caso el problema crítico es el elevado inventario residual de productos terminados que resulta en esas circunstancias (Hopeman, 1993: 58).

Una revisión de los cambios en los volúmenes muestra que el inventario deseado disminuye uniformemente, de acuerdo con las declinaciones reales de la demanda. La restricción de la productividad hace que al principio aumente el inventario de materias primas en el mismo orden en el que se reciben más unidades de las que se producen. Después del período 11 el inventario de materia prima comienza a descender a medida que las unidades producidas exceden a las unidades recibidas en cada iteración. El inventario de artículos terminados ha bajado durante 10 períodos, a medida que los embarques se hacen con las existencias. Después del período 10 el inventario de artículos terminados continúa acumulándose en el mismo orden en el que la demanda disminuye y la producción en el taller continúa.

La comparación de tasas indica lo que está sucediendo con el taller: la tasa de órdenes baja hasta cero en forma lineal mientras que la tasa de embarques desciende en forma similar con los embarques hechos de existencias del inventario de artículos terminados. Por otro lado, la tasa de recibos aumenta durante 9 períodos para compensar los retiros hechos del inventario de artículos terminados y luego disminuye a medida que el

exceso de existencias se hace evidente. Por último, la tasa de producción primero está restringida, luego sube ligeramente por varios períodos y posteriormente cae a medida que se va reduciendo el inventario de materia prima.

La gerencia que simula esta condición podría explorar los efectos de cambiar algunas variables para aliviar ciertos problemas, tales como el aumento del factor de productividad o la rápida restricción de las tasas de recibo; también podría comenzar a comprender un poco mejor los modelos de interacción implicados entre las tasas de flujo, los volúmenes y las capacidades en la producción. Tal modelo de simulación también permite probar, por anticipado, los efectos de las decisiones en un simulador gerencial.

### *Discusión de Resultados*

---

Cuando se aceptan todos los pedidos de los clientes, aunque superen la capacidad de entrega de la empresa, es de esperarse que el nivel de pedidos pendientes aumente considerablemente. La curva de órdenes pendientes (ver Figura 5) muestra un comportamiento exponencial creciente a partir de la semana 8; esto sucede porque se toman decisiones con base en las capacidades de materia prima, de producción y de despacho sin considerar el nivel de pedidos apropiado para dichas capacidades.

Si se propone un incremento escalonado de pedidos de 20 a 30 UP se observa que el inventario de artículos terminados disminuye hasta cero en el período 10, lo que dada la gran cantidad de pedidos recibidos provoca un aumento en la cantidad de órdenes pendientes y el consiguiente incremento del incumplimiento a los clientes.

Se demuestra con estos dos resultados que dicho modelo de empresa no responde apropiadamente a los pedidos de los clientes al aceptar todo lo solicitado e incluso cuando el crecimiento es controlado, sus respectivas capacidades en recepción de materia prima, producción y embarque no son suficientes.

Un comportamiento distinto en el nivel de pedidos pendientes se hace evidente cuando se mantiene el nivel de pedidos constante a lo largo de la simulación, es decir, 20 UP, el inventario de materia prima y artículos terminados presentan características de oscilación. Esta oscilación inicial y posterior estabilización está relacionada con las tasas de recibo y producción respectivamente. Se cree que por el hecho de recibir de manera constante pedidos se pueden controlar las variables de recepción de materiales, de producción y de despacho; sin embargo, no sucede así, por ser la tasa de 20 UP muy elevada. En cambio, con una tasa constante en 5 UP, las capacidades de recepción de materia prima, de producción y de despacho responden apropiadamente, es decir, no reflejan demoras en la entrega.

Muchos talleres, dada la incertidumbre del mercado, se acostumbraron a recibir todos los pedidos de los clientes obligados por procesos licitatorios que otorgan pedidos con base en el menor precio, independientemente de si tienen la capacidad o no para cumplir apropiadamente. Lo recomendable según el modelo PPE, para aliviar ciertos problemas de entrega, es mejorar la capacidad de producción con sobretiempos, subcontratando pedidos o haciendo alianzas de cooperación entre empresas y aumentar rápidamente la tasa de recibo de materia prima.

Al disminuir los pedidos de manera acelerada de 20 UP hasta 0 UP en 11 unidades de tiempo se demuestra que debe aumentarse rápidamente la productividad de la empresa y restringir la llegada de materia prima para no perder cuotas de mercado, y reducir costos por inventarios excesivos de productos terminados.

Cuando se utiliza el modelo simulado se hace más explícito cómo funcionan las relaciones entre las tasas de flujo, los niveles y las capacidades y ante una disminución drástica de la demanda, que aquí denominamos pedidos, en un lapso corto se observa cómo se incrementa la materia prima y los productos terminados debido a la carencia de despachos. Es obvio que este comportamiento suceda: no hay pedidos de clientes, por

lo tanto, aumenta la materia prima si se continúa comprando de la misma manera, y se incrementa el inventario de artículos terminados porque el taller sigue produciendo al ritmo que llega la materia prima. El crecimiento de artículos terminados presenta como comportamiento una curva exponencial decreciente que es compatible con el comportamiento del nivel de materia prima que a partir del día 15 comienza a decrecer.

## Sistema de Gestión de Proyectos (GEPI)

En este capítulo se presenta el Modelo Conceptual de la Gerencia Estratégica de Proyectos para Industrias (GEPI) orientado al Sector Industrial mediante el uso de la herramienta de los lazos causales y tomando en consideración las variables más influyentes del Portafolio de Proyectos de las Industrias (PPI).

Para la elaboración del Modelo Conceptual, las primeras acciones precisan establecer los factores e influencias representativas en la estructura sistémica prevaleciente. En este caso, se muestran los factores presentes en el crecimiento de los niveles de producción a partir de niveles de portafolios de proyectos, desde la perspectiva de base observacional bibliográfica y de investigaciones al respecto.

Desarrollar el Modelo Conceptual de relaciones causales facilita la elaboración del Modelo de Flujo GEPI, necesario para hacer los ensayos de portafolios de proyectos y explorar el comportamiento del nivel de producción por medio de la comparación con niveles de portafolios y proyectos diferentes.

La construcción del modelo causal se inició en el marco de los aportes propuestos por Checkland (1981) para identificar el propósito esencial de la actividad del sistema, apoyándose en la Definición-Raíz que se expuso en el Capítulo III. Es importante aclarar que para desarrollar el Modelo Conceptual se utilizó como herramienta el concepto de Definición-Raíz propuesto por Peter Checkland en la Metodología de Sistemas Suaves (MSS).

## *Modelo Conceptual GEPI de lazos causales - Gerencia Estratégica de proyectos para industrias*

---

Esta segunda fase implicó definir las relaciones causales entre los elementos que integran el sistema en un modelo causal que se denomina de ahora en adelante Modelo Conceptual de Interrelación Dinámica para pronósticos de resultados de planificación-inversión y ejecución de proyectos industriales, según el Modelo GEPI, teniendo en cuenta que este solo muestra los lazos causales y no recoge otras características, tales como información sobre el tiempo de simulación o sobre la naturaleza y la magnitud de las variables.

En la Figura 82 se puede ver el Modelo GEPI; se representaron las relaciones que implican algún bucle de retroalimentación y las de origen externo; asimismo, se muestran los seis bucles de retroalimentación que estructuran el modelo.

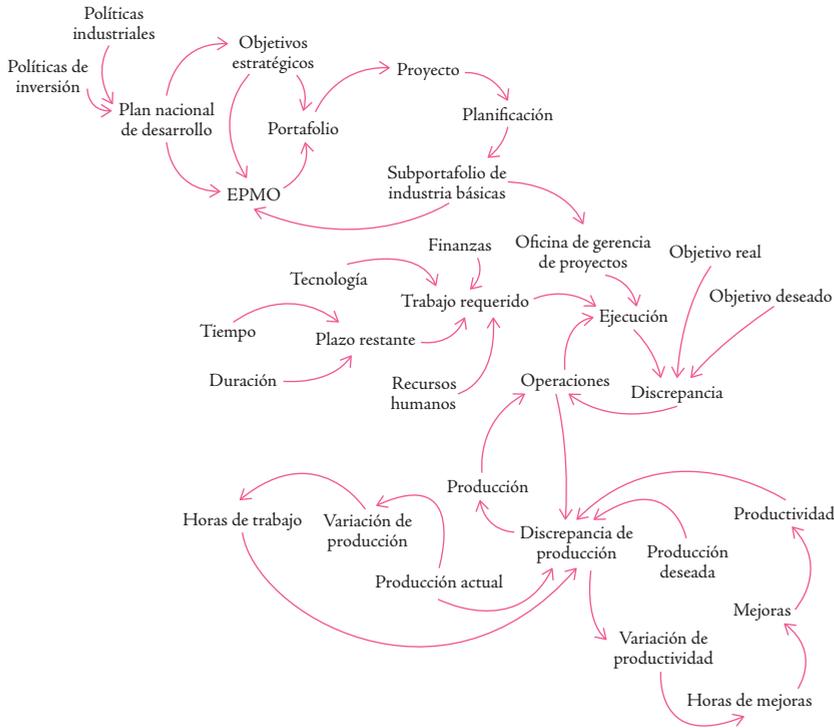
El Modelo Conceptual que se plantea en este libro está compuesto por seis bucles de retroalimentación que se describen a continuación:

- Bucle 1: refuerzo de estrategias del Plan Nacional de Desarrollo o Plan Estratégico Sectorial o Plan Estratégico Corporativo.
- Bucle 2: refuerzo del portafolio de proyectos.
- Bucle 3: reajuste del portafolio por autorización de proyectos en la Oficina de Gerencia de Proyectos (PMO).
- Bucle 4: reajuste del proyecto por ejecución, cierre o diferimiento.
- Bucle 5: reajuste por recuperación de producción.
- Bucle 6: refuerzo de la productividad por mejoras operativas.

Los Bucles 1, 2 y 6 son bucles de retroalimentación positiva, es decir, tienden a desestabilizar el comportamiento del sistema y a disparar la salida del mismo; en cambio, los Bucles 3, 4 y 5 son bucles de retroalimentación negativa que regulan y equilibran el sistema.

Figura 82.

## Modelo Conceptual de Gerencia Estratégica de Proyectos para Industrias (GEPI)



Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, Desarrollado en Vensim, 2019: 151.

Con la finalidad de analizar la gestión estratégica de proyectos, el modelo considera la interacción de los siguientes subsistemas: estratégico, proyectos y producción. Los subsistemas o constructos consideran dimensiones para el análisis y son agentes críticos en el objeto de estudio del presente Trabajo; el modelo ayuda al proceso de toma de decisiones para:

- Mostrar el alineamiento de la estrategia corporativa.

- ✦ Reflejar cómo las industrias deben asignar los recursos a los proyectos.
- ✦ Identificar cómo los proyectos que se autorizan en el portafolio agregan valor a la organización en términos de producción y productividad.

Con frecuencia, el proceso de toma de decisiones puede mejorarse con el desarrollo de un modelo que muestre las interacciones como relaciones causa-efecto. La Dinámica de Sistemas proporciona un lenguaje de modelado beneficioso, en el cual se enlazan esta clase de modelos que relacionan flujos y niveles; enseguida se describen los bucles y su influencia en cada una de las variables que se consideraron en el Modelo GEPI.

### *Bucles del Modelo*

---

Bucle 1: de retroalimentación positiva que relaciona causalmente tres variables externas: las Políticas Industriales, las Políticas de Inversión y el Plan Nacional de Desarrollo (PND) -en el caso del Sector público- o el Plan Estratégico Corporativo -en el caso del Sector privado-, con las dos variables internas del sistema: la Oficina Corporativa de Gerencia de Portafolio y los objetivos estratégicos.

Para mayor comprensión de las políticas se revisaron las definiciones planteadas por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), que es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de promover y acelerar la industrialización de los países en desarrollo en el plano mundial, regional, nacional y sectorial. Este organismo define las Políticas industriales como la consecución de un equilibrio entre las siguientes acciones claves:

1. Fijar condiciones estables a largo plazo para favorecer el funcionamiento eficaz de una economía de mercados, promoviendo y manteniendo un elevado nivel de competencia que fomente la competitividad empresarial.

2. Elegir los instrumentos adecuados para acelerar el ajuste estructural mediante el incremento de la capacidad de innovación, el impulso a la creación, el desarrollo de las pequeñas y medianas empresas, y la inversión en el recurso humano.
3. Actuar como moderador del cambio estructural, de cara a la organización, tomando iniciativas cuando la importancia económica, política y social lo requiera (Comisión Económica para América Latina - CEPAL, 2017: 35).

Ortega (2015: párrafo 14) en su artículo *Algunos conceptos de política industrial* presenta otra definición:

Las Políticas Industriales son el paquete de medidas que determina el Estado para fomentar el desarrollo de industrias o sectores industriales, con el objetivo claro de aportar al crecimiento de la economía, promover la generación de fuentes de empleo y contribuir con “la ampliación del mercado y sobre todo, con la acumulación de excedentes que posibiliten el aumento de la inversión productiva en un país.

- Las principales motivaciones que presiden la elaboración de acciones regionales son las siguientes:
- El elevado grado de concentración geográfica de la población.
- Los niveles migratorios condicionados por la concentración productiva.
- Las diferencias en los niveles de renta per cápita.

Por otro lado, las Políticas de Inversión las define Buján (2018: párrafo 5) como:

El mapa de ruta que guía el proceso de inversión de una cartera o portafolio. En estas el inversor especifica el tipo de riesgos que está dispuesto a asumir, los objetivos de la cartera y sus restricciones, así como las necesidades de liquidez y otras circunstancias específicas del inversor y de su portafolio.

Según Buján (2018: párrafo 12):

Lo primero que se debe hacer es una correcta planificación financie-

ra, después de haber definido las necesidades y el horizonte temporal con base en el binomio rentabilidad-riesgo de las opciones disponibles. Con base en esto se comprende cada uno de los portafolios, partiendo de la asignación estratégica de activos.

Estas dos variables, las Políticas Industriales y las Políticas de Inversión, constituyen el impulso externo para el Plan de Desarrollo de la Nación o para el Plan Estratégico Corporativo. Henry Mintzberg (1990: 38) en su libro *El Proceso estratégico: conceptos, contextos y casos* define la estrategia como el patrón o el plan que integra las principales metas y políticas de una organización y que a su vez establece la secuencia coherente de las acciones que se deben realizar.

La Planificación Estratégica se probó inicialmente en la industria privada y luego -en los años noventa del siglo pasado- se introdujo como una forma moderna de gestionar las instituciones públicas. Sobre esto comenta Armijo (2011: 11) en su Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES):

El uso de la Planificación Estratégica en el ámbito público se concibe como una herramienta imprescindible para la identificación de prioridades y asignación de recursos en un contexto de cambios y altas exigencias por avanzar hacia una gestión comprometida con los resultados.

Armijo (2011: 15) también afirma que “teniendo esto en consideración, el proceso de elaboración de un Plan Estratégico en el ámbito público debe ser simple e incorporado en la rutina de la toma de decisiones directivas, así como en el proceso presupuestario” En el caso del Modelo GEPI se consideran importantes las variables de entrada externas para iniciar el modelo propuesto.

El Plan Estratégico Corporativo en el ámbito privado o el Plan Nacional de Desarrollo en el Sector público son instrumentos formales y legales por medio de los cuales se trazan los objetivos estratégicos, y

posteriormente, el nivel de cumplimiento de estos objetivos estratégicos permite la evaluación de su gestión. En la parte general se señalan los propósitos y objetivos de largo plazo, las metas y prioridades de la acción en el mediano plazo, y las estrategias y orientaciones generales de las políticas económica, social y ambiental que serán adoptadas por el gobierno corporativo o por el gobierno del país (según sea el caso). Por otro lado, el Plan de Inversiones contiene los presupuestos plurianuales de los principales programas y proyectos de inversión y la especificación de los recursos financieros requeridos para su ejecución y sus fuentes de financiación.

Bucle 2: corresponde al refuerzo del portafolio de proyectos. Es un bucle de polaridad positiva que implica las relaciones causales de los objetivos estratégicos y el portafolio de proyectos gestionado por la Oficina de Gestión de Portafolios de Proyectos Estratégicos (Enterprise Portfolio Management Office-EPMO por sus siglas en inglés).

Todos los proyectos que se generan en las estrategias conforman el portafolio, y un portafolio es una colección de elementos (proyectos, programas y otros trabajos, tales como mantenimiento y operaciones en curso) que se agrupan para facilitar la gestión efectiva de ese trabajo en busca de alcanzar los objetivos estratégicos (Project Management Institute-PMI, 2017). Estos portafolios son administrados por los equipos de planificación que en este caso particular se agruparán en un nuevo subportafolio para las industrias o para el sector productivo.

La Oficina de Gerencia de Proyectos (PMO) corporativa es un cuerpo o entidad dentro del Sector de industrias que tiene varias responsabilidades asignadas en relación con la dirección centralizada y coordinada de aquellos proyectos que se encuentran bajo su jurisdicción, y es la responsable de administrar todos los recursos humanos, físicos, tecnológicos y financieros necesarios en la realización del trabajo requerido para completar los proyectos durante su ciclo de vida o duración.

Estas relaciones causales se muestran en el bucle de reajuste por autorización de proyectos de la Oficina de Gerencia de Proyectos (PMO); es un bucle de polaridad negativa que, conjuntamente con los Bucles 1 y 2, estabilizan el sistema.

Estas relaciones causales están basadas, en primera instancia, en los conceptos presentados en el Capítulo III del presente Libro en el apartado correspondiente a portafolios, y posteriormente son verificados en las observaciones realizadas a los documentos de metodologías de otras empresas.

Bucle 3: corresponde al reajuste del portafolio por autorización de proyectos en la Oficina de Gerencia de Proyectos (PMO). En la base observacional de la Gerencia Estratégica de Proyectos este bucle de desaceleración del sistema viene dado por la forma de priorizar y seleccionar los proyectos a los cuales se les asigna presupuesto para ejecución.

Bucle 4: es el reajuste del proyecto por ejecución y corresponde a un bucle negativo con impulsos de variables externas. Este punto coincide con una restricción en el modelo debido a que las variables externas (recursos financieros, recursos humanos, recursos tecnológicos), así como el tiempo representado en el cronograma de los proyectos son finitos y compiten por la asignación a los proyectos autorizados en el portafolio.

Este punto es medular en proyectos. La triple restricción constituye uno de los principios fundamentales de la Gerencia de Proyectos que se ha especificado desde la primera edición de la Guía fundamental para Gerencia de Proyectos publicada por el Project Management Institute (2017: 48); en su sexta edición se expone así la triple restricción:

En todo proyecto existen muchas restricciones, pero hay tres que se consideran especialmente más importantes y son comunes para todos los proyectos; estas son: el costo, el tiempo y el alcance, y conforman lo que se denomina la triple restricción de un proyecto.

En el caso del Modelo GEPI la triple restricción se incorpora en el Bucle 4; allí el impulso viene restringido por los recursos que compiten con los multiproyectos del portafolio y desaceleran el crecimiento del sistema.

Bucle 5: se relaciona con el reajuste por recuperación de producción. Este bucle tiene polaridad negativa y encaja con una desaceleración del sistema debido al cumplimiento de metas de producción por proyectos ejecutados y que tienen un límite de crecimiento en el momento en que disminuye la discrepancia de las brechas entre el objetivo de producción propuesto y las metas reales alcanzadas.

Bucle 6: el reajuste de la productividad por mejoras representa un bucle de crecimiento del sistema; su polaridad es positiva y refleja el incremento de la productividad por mejoras operativas.

Los proyectos se consideran el «vehículo para lograr los objetivos estratégicos» y son parte de la estrategia. Cada proyecto del portafolio terminado y entregado a Operaciones debe contribuir con el logro de las metas operativas y con la disminución de las brechas entre lo planificado y lo logrado. Finalmente, el modelo mide la variación de la productividad, ya que cada proyecto culminado debe producir mejoras operativas que se representan en este último bucle de reajuste.

Seguidamente se desarrolla el Modelo de Forrester o de Flujo para ensayar distintos escenarios y para probar la hipótesis planteada: *el esfuerzo financiero tiene mayor impacto en el portafolio de proyectos de las industrias básicas que cualquier otro tipo de esfuerzos*. En ese sentido, la modelación permite verificar la hipótesis (variable de prueba o input) y brinda una base para diseñar laboratorios de aprendizaje que son útiles para equipos de trabajo en la Gerencia de Proyectos.

## *Modelo de flujo de la Gerencia estratégica de proyectos para industrias (GEPiF)*

---

Para el desarrollo del Modelo de Flujo GEPiF se utilizó el software de simulación dinámica Vensim (versión PLE x 32); como se explicó anteriormente, este programa permite simular de una forma sencilla la complejidad de los sistemas reales; para esto se requiere una serie de símbolos que permiten representar situaciones y comportamientos determinados, los cuales se describen a continuación:

- ✦ Niveles: es un acumulador que incorpora flujos de entrada y flujos de salida con un valor inicial en cada período de tiempo durante el proceso de la simulación.
- ✦ Tasas: representan las entradas y salidas de los niveles; pueden estar formadas por constantes, variables y ecuaciones.
- ✦ Auxiliares: son variables expresadas en cálculos a través de una ecuación o expresiones matemáticas. Sirven para generar el cálculo de valores que serán utilizados por otros componentes del modelo.
- ✦ Constantes: valores que no cambian a lo largo de la simulación.

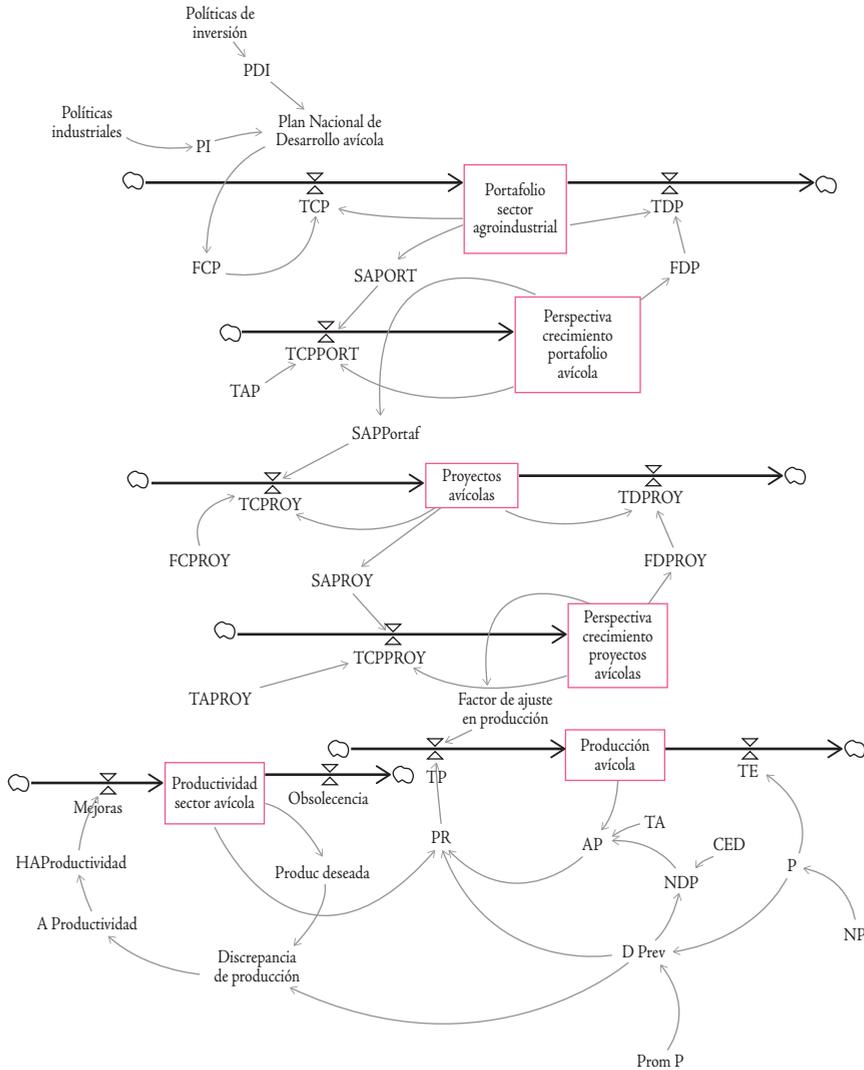
Para generar el Modelo de Flujo se representan las interrelaciones entre las diferentes unidades por medio del proceso operativo de funcionamiento generado en el Modelo Conceptual.

Se obtuvieron los valores de tasas, constantes y variables que introducidos en el Modelo de Flujo representan la conducta que sigue a la gestión de portafolios de proyectos en la industria básica, específicamente en el Sector de aluminio primario.

En la Figura 83 se muestra el Modelo GEPiF.

Figura 83.

## Modelo de Flujo de la Gerencia Estratégica de Proyectos (GEPiF)



Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, Desarrollado en Vensim, 2019: 218.

El Diagrama de Forrester GEPiF mostrado en la Figura 83 representa un sistema que responde a la Gestión Estratégica de Proyectos In-

dustriales que comienza con el ciclo de retroalimentación positivo. Un aumento en este ciclo despierta a un inmóvil ciclo de portafolio de proyectos negativo. El ciclo negativo no aparece espontáneamente, está presente en cualquier momento, pero su tamaño depende de la fuerza de las variables Políticas Industriales y Políticas de Inversión que se encuentran en el ciclo positivo.

Cuando el ciclo positivo incrementa todas las variables que aparecen involucradas en él, el ciclo negativo se ve también amplificado hasta que cambia la dominación y el ciclo negativo se hace dueño de la situación.

Al suponer un portafolio en un medio ambiente con recursos limitados, la variable crítica es el número de proyectos a los cuales se les puede asignar recursos para su realización. La cantidad de proyectos del portafolio aumenta debido a la tasa de crecimiento del portafolio; esta tasa de crecimiento refuerza el ciclo de retroalimentación positivo. Sin embargo, un ciclo de retroalimentación negativo está escondido. Al aumentar el número de proyectos y al ser fija la cantidad de recursos, la fuente de financiación que corresponde a cada proyecto desciende. Cuando el monto de los recursos no es suficiente, algunos proyectos empiezan a ser cerrados o diferidos en el portafolio. El ciclo negativo reduce la velocidad de crecimiento hasta que la cantidad de recursos es suficiente para soportar el número de proyectos del portafolio.

Los sistemas que siguen un comportamiento de crecimiento de poblaciones, como el de portafolio de proyectos, están caracterizados por contenciones o límites del crecimiento (este modelo de crecimiento de poblaciones se explica en el Anexo 3 de este Trabajo). En el caso de los proyectos, la limitación es la cantidad de recursos. Esta contención indica el número máximo de proyectos que el sistema puede soportar.

Varios niveles y flujos producen un comportamiento del tipo portafolio de proyectos. La Figura 50 representa una estructura del Modelo GEPIF que muestra de forma intuitiva ciclos de retroalimentación, la

limitación de un sistema de portafolios de proyectos en el Sector Industrias Básicas y su impacto en la variable producción.

Dos ciclos de retroalimentación regulan el flujo de salida del nivel. Un conector enlaza el valor actual del nivel al flujo de salida y origina un ciclo negativo. El segundo de los ciclos negativos pasa a través del factor de decrecimiento del portafolio, responsable de que cambie la dominación del ciclo. El nivel -inicialmente- crece solo si el factor de crecimiento del portafolio es más grande que su factor de decrecimiento. Cuando el factor de crecimiento del portafolio es más grande que el factor de decrecimiento, el flujo de entrada es mayor que el flujo de salida y el sistema crece exponencialmente.

El nivel, sin embargo, no puede crecer infinitamente. Cuando el nivel aumenta hace que la variable efecto del nivel se multiplique; esta variable determina el efecto del nivel en la variable tasa de decrecimiento del sistema. Cuando el efecto del nivel toma valores mayores a 1, la variable tasa de decrecimiento aumenta. Cuando el efecto del nivel aumenta hasta que las variables tasa de decrecimiento y tasa de crecimiento sean iguales, entonces el flujo de salida coincide con el flujo de entrada y cesa el crecimiento. El sistema se encuentra en equilibrio.

El volumen del flujo positivo no es constante. Por el contrario, el ciclo negativo va aumentando a medida que lo hace el nivel. El flujo de salida es el producto del nivel y la variable tasa de decrecimiento; aquí está la clave para entender cuál es el ciclo que domina: la tasa de decrecimiento aumenta cuando lo hace el nivel. Cuando este es pequeño, el ciclo de retroalimentación es negativo, pero cuando el nivel aumenta, el ciclo negativo se va haciendo cada vez mayor. Finalmente, la retroalimentación negativa conduce al sistema al equilibrio.

Esto ocurre con cada uno de los cuatro niveles que se representan en el modelo GEPIF (portafolio, proyecto, producción y productividad) lo que permite en cada ciclo de retroalimentación, al utilizar la lógica matemática de la Dinámica de Sistemas, ver el comportamiento del sistema

cuando se ajustan o se prueban niveles de portafolio y proyectos, y su incidencia en la producción y en la productividad, que analizamos aquí.

### *Ecuaciones del Modelo GEPIF*

---

En el caso del modelo GEPIF se deducen las ecuaciones siguiendo el modelo basado en ecuaciones, representado gráficamente en la Figura 83. Estas ecuaciones son las siguientes:

*Ecuaciones de nivel o de estado:* basadas en el modelo de símil hidrodinámico de Forrester.

$$\frac{d\text{portafolio}}{dt} = \text{Tasa de crecimiento del portafolio} \\ - \text{Tasa de decrecimiento del portafolio}$$

$$\frac{d\text{proyecto}}{dt} = \text{Tasa de decrecimiento del proyecto} \\ - \text{Tasa de decrecimiento del proyecto}$$

$$\frac{d\text{producción}}{dt} = \text{Tasa de Producción} - \text{Tasa de Entrega}$$

$$\frac{d\text{productividad}}{dt} = \text{Mejoras} - \text{Obsolescencia}$$

*Ecuaciones de flujo o de decisión:* basadas en el modelo de bucles de retroalimentación positivo y negativo de Forrester.

$$\text{Tasa de crecimiento del portafolio} \\ = \text{Factor de Crecimiento del Portafolio} * \text{Portafolio}$$

$$\text{Tasa de decrecimiento del portafolio} \\ = \text{Factor de Decrecimiento del Portafolio} * \text{Portafolio}$$

$$\begin{aligned} & \text{Tasa de decrecimiento de la Perspectiva del portafolio} \\ & = \frac{\text{Situación actual del Portafolio} - \text{Perspectiva del Portafolio}}{\text{Tasa de Ajuste del Portafolio}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Tasa de crecimiento del proyecto} \\ & = (\text{Factor de decrecimiento del proyecto} * \text{Proyecto}) \\ & + \text{Situación actual del portafolio} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Tasa de decrecimiento del proyecto} \\ & = \frac{\text{Proyecto}}{\text{Factor de decrecimiento del proyecto}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Tasa de crecimiento de la Perspectiva del proyecto} \\ & = \frac{\text{Situación actual del Proyecto} - \text{Perspectiva del Proyecto}}{\text{Tasa de Ajuste del Proyecto}} \end{aligned}$$

$$\text{Tasa de producción} = \text{Factor de Ajuste de la Producción} * \text{Producción}$$

$$\text{Tasa de entrega} = \text{Pedidos}$$

$$\text{Mejoras} = \text{HA} \text{Productividad}$$

Cada uno de los parámetros utilizados se ha considerado estrictamente mayor que cero. Las tasas de crecimiento y de decrecimiento de cada una de las variables de nivel se corresponden con los valores a los que se incrementan y disminuyen las variables de nivel o de estado.

### *Variables y parámetros del Modelo de Flujo GEPIF en lenguaje Vensim*

---

A continuación se describen las constantes, variables, flujos y niveles que tiene el Modelo GEPIF y se genera una breve descripción de la función que cumplen.

## *Variables de nivel*

---

Nombre: portafolio.

Significado: conjunto de proyectos que conforman el portafolio estratégico.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación de nivel:  $\text{INTEG (Tasa de Crecimiento del Portafolio - Tasa de Decrecimiento del Portafolio) / INTEG (TCP-TDP)}$ .

Descripción: determina acumulaciones del número de portafolios y consecuencias de las Políticas de inversión.

Nombre: perspectiva del portafolio (Perspectiva port.).

Significado: se refiere a la manera como la Gerencia Estratégica observa el desarrollo del Portafolio en cuanto a su concreción.

Unidad de medida: unidad.

Descripción: determina la percepción de la ejecución del portafolio.

Nombre: proyectos.

Significado: proyectos del portafolio de las industrias.

Unidad de medida: proyectos.

Ecuación de Nivel:  $\text{INTEG (Tasa de Crecimiento del Proyecto - tasa de decrecimiento del proyecto) / INTEG (TCPROY-TDPROY)}$ .

Descripción: determina acumulaciones de proyectos seleccionados del portafolio.

Nombre: perspectiva del proyecto (Perspectiva proy.).

Significado: se refiere a la manera como la Gerencia Funcional de Proyectos y Estratégica observa el desarrollo del Proyecto.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación de Nivel: tasa de crecimiento del proyecto.

Descripción: determina la perspectiva de los proyectos en ejecución.

Nombre: producción.

Significado: cantidades producidas en las industrias en un período de tiempo.

Unidad de medida: toneladas (t por tiempo).

Ecuación de Nivel: INTEG (tasa de Producción – tasa de entrega) IN-TEG (TP-TE).

Descripción: determina la cantidad producción en toneladas en un período de tiempo determinado.

Nombre: productividad.

Significado: valoración entre producto e insumo.

Unidad de medida: toneladas por hora hombre (T/h-h).

Ecuación de Nivel: INTEG (Mejoras – Obsolescencia).

Descripción: determina la cantidad de producción en toneladas producidas por hora/hombre realmente efectiva en un período de tiempo determinado.

### *Variables tasas o variables de flujo*

---

Nombre: tasa de crecimiento del portafolio-TCP.

Significado: es la tasa a la cual crecen los portafolios alineados con la Política de Inversión.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: factor de crecimiento del portafolio\*portafolio o (FCP\*Portafolio)

Descripción: determina la cantidad de componentes del portafolio que ingresan por unidades de tiempo.

Nombre: tasa de decrecimiento del Portafolio-TDP.

Significado: es la tasa a la cual decrecen los portafolios alineados con la Política de Inversión.

Unidad de medida: unidad por tiempo.

Ecuación del flujo: factor de decrecimiento del portafolio\*portafolio o (FDP\*Portafolio).

Descripción: determina la cantidad de componentes del portafolio ejecutados, cerrados o diferidos por unidades de tiempo.

Nombre: tasa de crecimiento de la perspectiva del portafolio-TCPPORT.

Significado: es la tasa a la cual crece la percepción de la Gerencia Estratégica sobre el desarrollo del portafolio.

Unidad de medida: unidad por tiempo.

Ecuación del flujo: [(Situación actual del portafolio – perspectiva del portafolio)/TAP)] o [(SAPORT-perspectiva Port) /TAP)].

Descripción: determina la tasa actual de la perspectiva del portafolio en ejecución.

Nombre: tasa de crecimiento del proyecto-TCPROY.

Significado: es la tasa a la cual crece la ejecución del proyecto.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: (Factor de crecimiento del proyecto\*proyecto) + situación actual del portafolio o (FCPROY\*Proyecto) + SAPPortaf.

Descripción: determina la tasa de crecimiento de la ejecución del proyecto.

Nombre: tasa de decrecimiento del proyecto-TDPROY.

Significado: es la tasa a la cual decrece la ejecución del proyecto.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: proyecto/factor de decrecimiento del proyecto o (Proyecto/FDPROY).

Descripción: determina la tasa de crecimiento de la ejecución del proyecto.

Nombre: tasa de crecimiento de la perspectiva del proyecto-TCPPROY.

Significado: es la tasa a la cual crece la percepción de la gerencia funcional, de Proyectos y Estratégica sobre el desarrollo del proyecto.

Unidad de medida: unidad por tiempo.

Ecuación del flujo:  $[(\text{Situación actual del proyecto} - \text{perspectiva del proyecto})/\text{TAPROY}]$  o  $[(\text{SAPROY-perspectiva del proyecto})/\text{TAPROY}]$ .

Descripción: determina la tasa actual de la Perspectiva del Proyecto en ejecución.

Nombre: tasa de producción-TP.

Significado: es la tasa a la cual crece la producción.

Unidad de medida: tonelada por unidad de tiempo (t/h).

Ecuación del flujo: factor de ajuste de la producción\*producción o (Factor de ajuste en producción\*PR).

Descripción: determina la tasa de producción por unidad de tiempo.

Nombre: tasa de entrega (TE).

Significado: tasa a la cual se entregan los productos.

Unidad de medida: tonelada por unidad de tiempo (t).

Ecuación del flujo: pedidos (P).

Descripción: determina la tasa a la cual se entregan productos según los pedidos de los clientes por unidad de tiempo.

Nombre: mejoras.

Significado: tasa a la cual crece hora-hombre de ajuste de producción.

Unidad de medida: horas-hombre.

Ecuación del flujo: horas de ajuste de producción o (HA Productividad).

Descripción: determina la tasa con la cual se incrementan las horas de ajuste de la producción.

Nombre: obsolescencia.

Significado: tasa a la cual decrece la productividad en la industria.

Unidad de medida: horas-hombre.

Ecuación del flujo: productividad.

Descripción: determina la tasa a la cual decrecen las horas-hombre de productividad.

### *Variables auxiliares*

---

Nombre: políticas de inversión (PDI).

Significado: políticas de inversión en determinado tiempo.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: STEP (variable de entrada del modelo).

Descripción: determina la cantidad de políticas de inversión.

Nombre: políticas industriales.

Significado: políticas en correspondencia con el desarrollo industrial durante determinado tiempo.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: STEP (variable de entrada del modelo).

Descripción: determina la cantidad de políticas industriales.

Nombre: Plan Nacional de Desarrollo.

Significado: Plan Nacional de Desarrollo.

Unidad de medida: constante.

Ecuación del flujo: Políticas Industriales + Políticas de Inversión (PDI+I).

Descripción: conjunto de criterios y directrices que regulan el monto, destino y ritmo del ejercicio de los recursos destinados para el portafolio de inversiones.

Nombre: factor de crecimiento del portafolio-FCP.

Significado: es el factor de crecimiento de portafolios en correspondencia con las Políticas.

Unidad de medida: 1/año

Descripción: es el valor de crecimiento del portafolio según las Políticas de Inversión del Sector industrial.

Nombre: situación actual del portafolio-SAPORT.

Significado: es la situación actual del portafolio de las industrias básicas.

Unidad de medida: 1/año.

Descripción: esta variable auxiliar describe la situación actual del portafolio.

Nombre: factor de decrecimiento del portafolio-FDP.

Significado: es el factor de decrecimiento del portafolio.

Unidad de medida: constante.

Descripción: esta constante describe el decrecimiento del portafolio.

Nombre: SAPPortaf.

Significado: situación actual de la perspectiva del portafolio.

Unidad de medida: constante.

Descripción: esta constante describe la situación actual de la perspectiva del portafolio.

Nombre: factor de decrecimiento del proyecto-FDPROY.

Significado: es el factor de decrecimiento del proyecto.

Unidad de medida: constante.

Descripción: esta variable auxiliar es el factor al cual decrece el proyecto según la perspectiva que se tenga del proyecto.

Nombre: situación actual del proyecto (SAPROY).

Significado: es la situación actual del proyecto que se está ejecutando.

Unidad de medida: constante.

Ecuación del flujo: proyecto.

Descripción: esta variable auxiliar es la situación actual del proyecto que está en ejecución.

Nombre: factor de ajuste de producción.

Significado: es el factor de ajuste de acuerdo con los proyectos ejecutados que incrementan la producción.

Unidad de medida: constante.

Descripción: esta variable auxiliar permite ajustar la producción de acuerdo con los proyectos finalizados que entran en operación e incrementan la producción.

Nombre: horas de ajuste de la productividad (HA Productividad).

Significado: son las horas/hombre de ajuste de la productividad.

Unidad de medida: constante.

Descripción: esta variable auxiliar permite ajustar las horas/hombre de productividad de acuerdo con los ajustes de la productividad.

Nombre: ajuste de la productividad (A Productividad).

Significado: son los ajustes de la productividad.

Unidad de medida: horas/hombre por tonelada producida (h/h/t).

Descripción: esta variable auxiliar permite ajustar la productividad a partir de la discrepancia de la producción.

Nombre: producción deseada.

Significado: diferencia de producción deseada.

Unidad de medida: toneladas (t).

Ecuación del flujo: productividad.

Descripción: esta variable auxiliar es la producción deseada a partir de la productividad.

Nombre: producción (PR).

Significado: producción.

Unidad de medida: toneladas (t).

Ecuación del flujo:  $(D \text{ Prev}-AP)*\text{Productividad}$ .

Descripción: esta variable auxiliar es la producción real.

Nombre: ajuste de producción (AP).

Significado: ajuste a la producción.

Unidad de medida: toneladas por mes (t/mes).

Ecuación del flujo: (número de pedidos – producción) o tiempo de ajuste  $[(NDP-\text{Producción})/TA]$ .

Descripción: esta variable auxiliar es el ajuste a la producción real.

Nombre: número de pedidos (NDP).

Significado: es el número de pedidos.

Unidad de medida: toneladas (t)

Ecuación del flujo:  $\text{Demanda Prevista}^* \text{cobertura de la existencia deseada}$   
 $(D \text{ Prev}^*CED)$

Descripción: esta variable auxiliar es el número de pedidos solicitados.

Nombre: Demanda Prevista (D Prev).

Significado: Demanda Prevista

Unidad de medida: toneladas (t).

Ecuación del flujo:  $\text{SMOOTH}(P, \text{Prom } P)$ .

Descripción: esta variable auxiliar que define los pedidos previstos.

Nombre: pedidos (P).

Significado: es la cantidad de pedidos.

Unidad de medida: toneladas (t).

Ecuación del flujo:  $\text{producción} + NP$ .

Descripción: esta variable auxiliar es la cantidad de pedidos.

Nombre: número de pedidos (NP).

Significado: es el número de pedidos.

Unidad de medida: unidad.

Ecuación del flujo: STEP (variable de entrada del modelo).

Descripción: esta variable auxiliar es el número de pedidos.

### *Constantes*

---

Nombre: (TAP) tiempo de ajuste del portafolio.

Significado: tiempo de ajuste del portafolio.

Unidad de medida: mes.

Ecuación del flujo: 3 meses.

Descripción: es el tiempo que tarda en ajustarse el portafolio de proyectos.

Nombre: (TAPROY).

Significado: tiempo de ajuste del proyecto.

Unidad de medida: constante.

Ecuación del flujo: 3 meses.

Descripción: es el tiempo que tarda en ajustarse el proyecto.

Nombre: factor de crecimiento del proyecto-FCPROY.

Significado: es el factor de crecimiento del proyecto.

Unidad de medida: constante.

Ecuación del flujo: 0.10 para simulación 1.

Descripción: esta constante es el factor según el cual crece el proyecto en el tiempo

Nombre: promedio de pedidos (Prom P).

Significado: es el promedio de pedidos.

Unidad de medida: unidad

Ecuación del flujo: constante (2).

Descripción: esta constante son los pedidos promedio.

Nombre: CED.

Significado: cobertura de la existencia deseada.

Unidad de medida: mes.

Ecuación del flujo: constante (8).

Descripción: esta constante es la existencia que se desea tener dada la nueva demanda.

Nombre: tiempo de ajuste (TA).

Significado: es el tiempo de ajuste para la producción.

Unidad de medida: mes.

Ecuación del flujo: constante (1).

Descripción: esta constante es el tiempo de ajuste para la producción.

### *Asignar valores a los parámetros del Modelo*

---

En el caso del modelado en Dinámica de Sistemas la precisión no suele aportar grandes ventajas, ya que aunque se conozca el pasado, es de mayor utilidad conocer si este valor se va a mantener en el futuro o no.

En los Anexos 1 y 2 se presenta el resumen del documento Vensim; allí se informan las ecuaciones de nivel, las ecuaciones de flujo, las ecuaciones de variables auxiliares y constantes, y los códigos y algoritmos en lenguaje Vensim para las dos pruebas realizadas. Los valores asignados en cada simulación obedecen a escenarios de pruebas en los cuales el experto construye laboratorios de aprendizaje dentro de un medio virtual.

## *Análisis de resultados*

---

Una vez validada la arquitectura del modelo se procede a incrementar la confianza en el mismo; se comprueba su robustez y su elasticidad mediante el análisis del comportamiento de una serie de escenarios alternativos y representativos del sistema real.

## *Análisis de escenarios*

---

Para continuar con la validación del modelo se ensayan portafolios de proyectos en el sector avícola colombiano de Cundinamarca cambiando los parámetros de entrada y adaptándolos a este nuevo sector y entorno.

## *Ensayo 1*

---

En la Figura 84 se presenta el Ensayo 1 con el sector avícola colombiano y se toman los siguientes valores iniciales:

Parámetros de decisión:

Nivel portafolio agroindustrial: 5 portafolios.

Nivel proyectos avícolas: 26 proyectos.

Nivel Producción avícola: 1 800 000 toneladas.

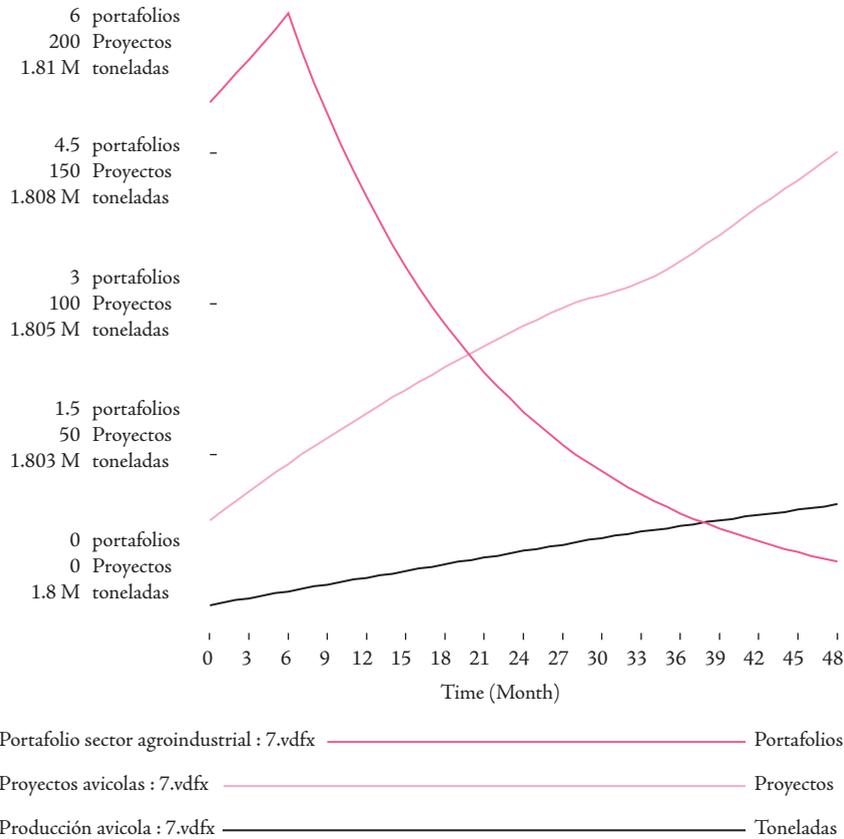
Tiempo de Ajuste Portafolio agroindustrial: 4 años.

Tiempo de Ajuste Proyectos avícolas: 1 año.

En los meses iniciales de la simulación se observa un incremento en los niveles del portafolio agroindustrial, de los proyectos avícolas y de la producción avícola, lo que muestra consistencia con las políticas del Estado colombiano de incrementar carteras de proyectos para impulsar la producción. Sin embargo, a partir del octavo mes y hasta el término de la simulación, la generación de portafolios para la planificación, inversión y ejecución de proyectos industriales disminuye gradualmente y tiene un

Figura 84.

## Ensayo 1. Sector avícola



Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, 2019: 219.

impacto en el crecimiento de los proyectos en marcha y en el ascenso moderado de la producción.

## Ensayo 2

En la Figura 85 se expone el Ensayo 2 en el sector avícola colombiano y se toman los siguientes valores iniciales:

Parámetros de decisión:

Nivel portafolio agroindustrial: 5 portafolios.

Nivel proyectos avícolas: 26 proyectos.

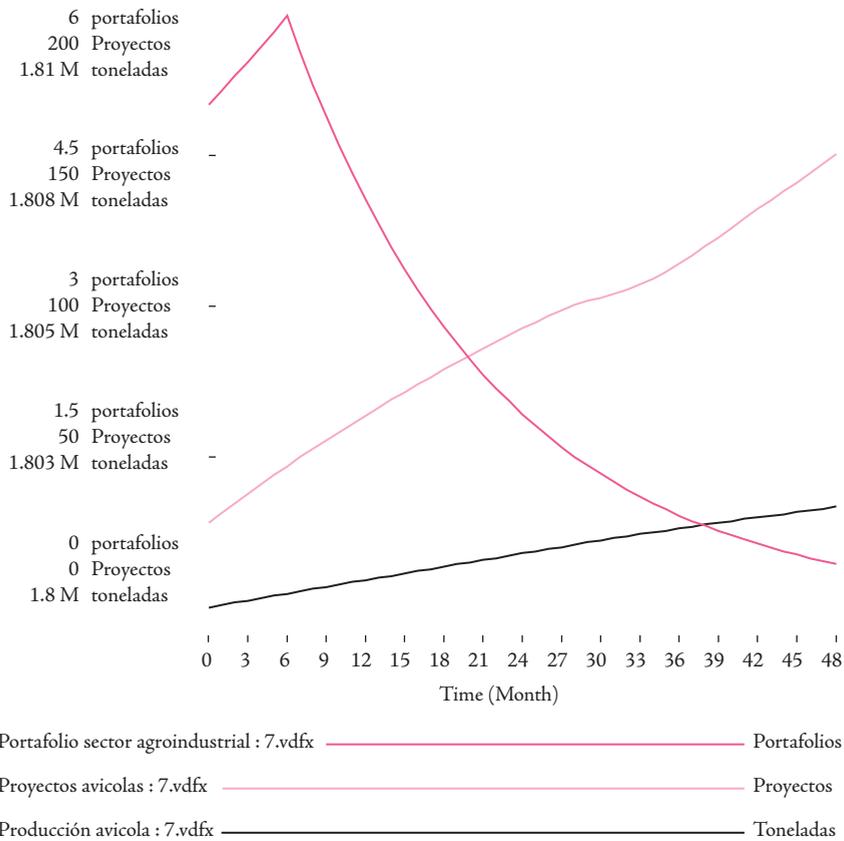
Nivel Producción avícola: 1 800 000 toneladas.

Tiempo de Ajuste Portafolio agroindustrial: 4 años.

Tiempo de ajuste Proyectos avícolas: 1 año.

Figura 85.

## Ensayo 2. Sector avícola



Tomado de la Tesis Doctoral *Modelo Basado en Ecuaciones de Interrelación Dinámica para Pronóstico de Resultados de Planificación-Inversión y Ejecución de Proyectos Industriales* por Carmelina Cadenas Anaya, 2019: 219.

En este ensayo se acortan los tiempos de ajuste, tanto en portafolio agroindustrial como en proyectos avícolas, y se observa una caída más brusca en las variables de nivel del portafolio agroindustrial, pero se mantiene el crecimiento de proyectos avícolas ya en marcha y la producción. Esto demuestra una dinámica de generación de políticas públicas en el sector, que de inmediato tienen un impacto significativo, pero luego su efecto es suavizado por los proyectos ya en marcha.

### *Discusión de resultados*

---

Se puede interpretar, de los dos escenarios, que las áreas estratégicas y operacionales del sector avícola colombiano sincronizan las estrategias considerando las capacidades de producción en equipamiento y fuerza laboral, mejoran el flujo del sistema en todos sus ámbitos e impulsan, desde las políticas industriales y de inversión, la creación de proyectos en números mayores al 10%.

Esta situación permite concluir que se confirma de nuevo -parcialmente- la hipótesis dinámica, es decir, que el esfuerzo financiero en los portafolios de proyectos no es el único factor de importancia que se tiene que considerar en la estrategia para impulsar el crecimiento sostenido de la producción en las empresas avícolas colombianas.

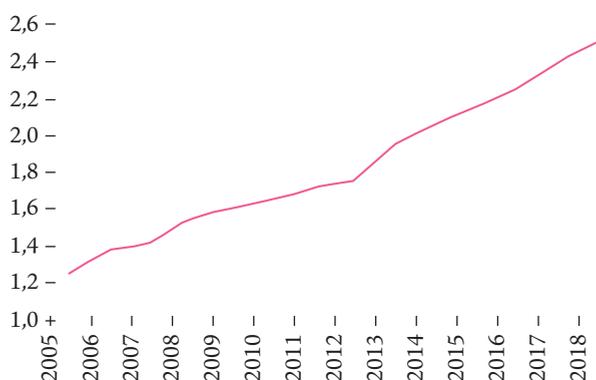
Los diversos esfuerzos tales como: esfuerzo en tiempo que se va a invertir, esfuerzo en el riesgo que se va a asumir, esfuerzo en recursos humanos (RRHH) que se va a destinar, esfuerzo en plataforma tecnológica que se va a usar, y esfuerzo en infraestructura que se va a utilizar, traducidos en el Diagrama de Forrester en las ecuaciones de flujo, son fundamentales y tienen incidencia en el crecimiento de este importante sector industrial. Dichos esfuerzos se ven reflejados en las tasas de entrega entre las áreas de Proyectos y Producción que, en el caso colombiano, mejoran considerablemente al estar en un promedio de seis meses, tanto en el Área de Portafolios como en el Área de Proyectos.

Esto demuestra la sensibilidad del modelo para incrementar la producción cuando las tasas de entrega de Proyectos a Producción son, en promedio, menores a un año. La evidencia permite concluir que todos los esfuerzos son variables esenciales que se deben considerar en el proceso de toma de decisiones en la Gerencia Estratégica de Portafolio de Proyectos.

Esta prueba puede validarse con la información que proporciona el sistema real. En la Figura 86 se muestran los resultados que se obtuvieron entre los años 2014 y 2018 en el Sector avícola.

Figura 86.

### Producción Avícola 2005 - 2018



Tomado del Documento *Pulso Avícola* por FENAVI 2018: 24.

La Federación Colombiana de Avicultores de Colombia-FENAVI (2018: 1) en su Boletín *Fenaviquin* afirma que:

El ritmo de crecimiento del sector avícola no tiene paralelo con otra actividad de la producción agropecuaria; durante catorce años ha logrado una tasa de crecimiento equivalente al año de 5.0%, de lejos por encima del crecimiento de la economía y, desde luego, del crecimiento vegetativo de la demanda que ha sido inferior al 1 %.

La Federación Colombiana de Avicultores de Colombia-FENAVI (2018: 1) también considera que:

Para 2019 en más de una década el sector avícola no ha tenido un crecimiento negativo, aunque en el renglón del huevo se registró una variación en esta dirección en los años 2007 y 2012, no obstante, se proyecta una tasa de -0.6 %.

## Anexo 1

### Ejercicio para la Metodología de los Sistemas Suaves (SSM)

**Objetivo:** Este ejercicio se diseña para tener una buena comprensión de la SSM y cómo utilizarla en la práctica.

Es necesario recordar aquí que no hay respuesta ‘correcta’ o ‘incorrecta’ para este ejercicio; lo que se requiere es presentar su pensamiento acerca de la situación problema y de un modelo de sistema relevante para ese pensamiento.

**Situación del problema:** una sociedad coral local de Calgary tiene siempre dificultad en los nombramientos de sus oficiales y comité, y para conseguir la participación de la gente en trabajos corales relacionados. Esta sociedad debe ejecutar un número de tareas no corales para su desarrollo. ¿Cómo podía esta dificultad ser dirigida y ser examinada?

**Requisito 1:** utilizar una visión enriquecida para dirigir la etapa «expresar la situación problema» [«Problem Situation Expressed»] en SSM para esta situación problema.

**Requisito 2:** formular una «Definición Raíz» [«Root Definition»] para esta situación problema.

**Requisito 3:** hacer un análisis de CATWOE. Este modelo se explica ampliamente en la página 135 de la Tesis Doctoral de la Doctora Carmelina Cadenas en su Definición Raíz.

**Requisito 4:** producir con base en la Definición Raíz. Tome como ejemplo las actividades: identificar necesidades de la comunidad local, atraer miembros, conseguir fondos para la coral y promover presentaciones de la coral, cuáles se pueden desarrollar para construir la situación problema.

**Requisito 5:** utilizar el método de comparación de la «visualización tabular» [«Tabular Display»] para realizar la comparación entre el mundo verdadero y el mundo intelectual.

## Ejercicio de niveles y tasas

---

1. El dueño de una casa invierte parte de su tiempo en la reparación de su propiedad para mantener sus condiciones físicas, ¿cuál es la variable de nivel en el lazo de retroalimentación que envuelve su decisión?, ¿cuál es la tasa variable?

-
-

2. La gente duerme parte del día para controlar la degradación de su vitalidad (incremento de su debilidad), ¿cuál es la decisión (tasa) en el lazo de retroalimentación que controla las decisiones de la gente?, ¿cuál es el nivel asociado?


3. Un ejecutivo compra más equipo de manufactura cuando la lista de órdenes sin satisfacer se eleva demasiado, ¿cuál es la variable de nivel que existe en este lazo de retroalimentación?

--

4. En el sistema del ejemplo precedente, ¿cuáles decisiones (o tasas) están involucradas?

--

5. De acuerdo con lo establecido en el ejemplo 3, ¿de qué nivel depende la rata de compra de equipo?

--

6. En el mismo ejemplo 3, ¿de qué nivel depende la tasa de producción?

7. Suponga que la tasa de gastos en publicidad depende de la lista de órdenes no satisfechas y de las condiciones financieras (digamos para simplificar, del balance bancario) de la compañía. La tasa de publicidad cambia la actitud de los clientes hacia el producto; la actitud del cliente influye sobre las órdenes; la lista de órdenes no satisfechas controla los embarques; los embarques incrementan las cuentas por cobrar; las cuentas por cobrar controlan el flujo de efectivo en el balance de bancos; el balance bancario se disminuye por la cancelación de las cuentas por pagar originadas en las obligaciones derivadas de la tasa de gastos de manufactura y de la tasa de publicidad; en este sistema descrito hasta aquí, ¿cuáles niveles se han mencionado?

8. En el ejemplo anterior, ¿cuáles tasas causan cambios en las cuentas por pagar?

9. En el ejemplo 7, ¿de cuál nivel depende la tasa de órdenes?

10. En el ejemplo 7, ¿cuáles tasas causan cambios en el nivel del balance bancario?

11. Como se estableció en el ejemplo 7, ¿hay alguna tasa de flujo que dependa de otra tasa de flujo?, ¿el valor actual de cualquier nivel depende directamente del valor actual de cualquier otro nivel?

12. En el ejemplo 7 considere el camino desde la tasa de publicidad a la tasa de ordenar, a la lista de órdenes por satisfacer, a las cuentas por cobrar y a la tasa de publicidad. Reinicie este camino en el lazo de retroalimentación identificando todos los niveles y tasas en forma alterna, y subrayando los niveles.

## Referencias

- Ackoff, R. (2004). *El paradigma de Ackoff*. México DF, México: Limusa.
- Aracil, J., y Gordillo, F. (1997) *Dinámica de sistemas*. Madrid, España: Editorial Alianza Universidad Textos.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamic. *System Dynamics Review*, 12(3), 183-210. Recuperado de [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199623\)12:3%3C183::AID-SDR103%3E3.0.CO;2-4](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1099-1727(199623)12:3%3C183::AID-SDR103%3E3.0.CO;2-4)
- Bertalanffy, L. W. (1968). *Teoría general de los sistemas*. México DF, México: Fondo de Cultura Económica.
- Chang, Y., y Makatsoris, H. (2001). Supply chain modeling using simulation. *International Journal of Simulation*, 2(1), 24-30.
- Checkland, Peter. (1981). *Pensamiento de Sistemas, práctica de Sistemas*. Londres, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Checkland, P. Aholes, J. (1994). *La metodología de los sistemas suaves en acción*. México DF, México: Limusa.
- Coyle, R.G. (1997). System Dynamics Modelling: A Practical Approach. *Journal of the Operational Research Society*, 48, 541-545. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/palgrave.jors.2600682?journalCode=tjor20>
- Forrester, J. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge, USA: Wright-Allen Press.
- Geoffrey G. (1980). *Simulación de sistemas*. México DF, México: Editorial Diana.
- Guasch, A., Piera, M., y Figueras, J. (2003). *Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Barcelona, España: UPC.

- Jain, S., Workman, R. W., Collins, L. M., y Ervin, E. C. (2001). Development of a high-level supply chain simulation model. *Simulation Conference, 2001 Proceedings of the Winter*, 2(2), 1129-1137.
- Macaulay, A. (1996). *Ingeniería de Requerimientos*. Londres, Reino Unido: Springer.
- Martín, J. (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. Madrid, España: Independently Published.
- Meadows, D., Meadows, D., y Randers, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*. Madrid, España: El País.
- Mentzer, J., Dewitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., et al. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1.
- Minegishi, S., y Thiel, D. (2000). System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 8(5), 321-339.
- Nonino, F., y Panizzolo, R. (2007). Integrated production/distribution planning in the supply chain: The Febal case study. *Supply Chain Management*, 12(2), 150.
- Rico, J. (1992). *Manual de modelos probabilísticos para la toma de decisiones*. Maturín, Venezuela: Universidad de Oriente.
- Senge, P. (1992). *La quinta disciplina*. Madrid, España: Juan Granica.
- Torcat, O. (2011). *Caracterización de las teorías administrativas desde la perspectiva de la conceptualización de los elementos organizacionales*. Ciudad Guayana, Venezuela: Universidad de Guayana.
- Trkman, P., Stemberger, M. I., Jaklic, J., y Groznik, A. (2007). Process approach to supply chain integration. *Supply Chain Management*, 12(2), 116.
- Vieira, G. E. (diciembre de 2004). Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena. Actas de la Conferencia de Simulación de invierno de 2004. *Conferencias de Simulación IEEE*. Washington DC, EE. UU.

- Wilson, B. (1990). *Sistemas: metodologías conceptos*. Nueva York, USA: John Wiley & Sons.
- Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C. y Ross, R. (1995). *La quinta disciplina en la práctica*. Barcelona, España: Granica.
- Germán Andrés Méndez Giraldo (2016). *Dinámica y pensamiento sistémico*. Bogotá, Colombia: Editorial UD, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.





E-ISBN: 978-958-5142-10-7