



Departamento de Administración de Empresas

Trabajo de Graduación

**El efecto de amplificación de la demanda en la cadena
de abastecimiento.**

*Estudio mediante una simulación de modelos alternativos para
atenuar sus consecuencias.*

Alumno: Santiago Quinto SILVEYRA
(Legajo: 14.165)

Mentor: Sebastián GARCÍA-DASTUGUE

.....
Firma del Mentor

Victoria, Buenos Aires.
31/05/2006

Abstract.

El efecto de amplificación de la demanda es un fenómeno que se observa en las cadenas de abastecimiento, donde las pequeñas variaciones en la demanda del retailer se observan amplificadas en los proveedores (Forrester, 1961). También conocido como *bullwhip effect*, el efecto de amplificación de la demanda es el aumento de la variabilidad en las compras a los proveedores en relación a la demanda que afronta el comprador y su propagación a lo largo de la cadena de abastecimiento (Lee, et al., 1997a).

Este efecto provoca inconvenientes a la cadena en general y a cada uno de los integrantes de la misma. Entre estas consecuencias se pueden destacar: períodos de sub-utilización de la capacidad seguidos de capacidad insuficiente, cuellos de botella, urgencias de producción, dificultad para planificar, problemas en el control del nivel de inventario y aumento del stock de seguridad (Taylor, 2000; Chatfield et al., 2004). Las causas del efecto de amplificación de la demanda son: la actualización de pronósticos, los pedidos por lotes, la variación en el precio y el juego de expectativas de desabastecimiento. Las soluciones sobre las cuales se hizo foco son: compartir información, alinear la cadena de abastecimiento y mayor eficiencia operacional (Lee, et al., 1997b).

El propósito de este trabajo fue determinar cuál de las soluciones propuestas es la más eficaz para disminuir el efecto de amplificación de la demanda en una cadena de abastecimiento simple. Para ello se generó una simulación en base al “juego de la cerveza” (Sternan, 1989) y se propusieron escenarios alternativos para compararlos. Ésta comparación se hizo en base a dos resultados. La primera, en cuanto al costo de inventario total de cada cadena (o modelo). La segunda, en base a la amplitud del rango de variación de los pedidos en cada modelo.

Bajo estos modelos se llegó a la conclusión que la solución más eficaz para atenuar el efecto de amplificación de la demanda es la de alinear la cadena de abastecimiento (en cuanto a política de inventario). Como alternativa similar, compartir la información (de la demanda final) resultó eficaz para mitigar el *bullwhip effect*. Sin embargo, según cómo se utilice la información compartida, se concluyó que se logrará un mejor impacto en los costos de inventario (y quiebres de stock) o en la variabilidad de la demanda. Finalmente, la mayor eficiencia operacional, reflejada en la reducción de los tiempos de entrega (o lead times), no resultó ser una alternativa eficaz. Mientras

reducía los costos totales de la cadena, fue nulo el impacto en la variabilidad de la demanda.

Palabras clave.

Efecto de amplificación de la demanda – Bullwhip effect;

Simulación;

Dinámica de sistemas;

Juego de la cerveza – Beer Game

Sistemas de información;

Información compartida;

Socios estratégicos;

Colaboración;

Gestión de la cadena de abastecimiento – Supply Chain Management;

Demand Management;

Logística;

Coordinación de actividades en la cadena de abastecimiento.



Índice.

1. Introducción.	5
2. Preguntas de investigación.	6
Pregunta central:	6
Subpreguntas:	6
3. Marco teórico.	7
Introducción.	7
Efecto de amplificación de la demanda.	8
Definición.	8
Problemas que ocasiona.	9
Causas del efecto de amplificación de la demanda.	10
Mitigando el efecto de amplificación de la demanda.	12
4. Metodología	16
5. Presentación del Modelo Base.	18
Estructura y dinámica.	18
Determinando el tamaño de los pedidos.	20
Lead Time (o tiempo de entrega).	22
6. Escenarios alternativos al Modelo Base.	24
Escenario A: la demanda es conocida por todos; se desestima la demanda del cliente.	26
Escenario B: la demanda es conocida por todos; se utiliza el pedido del cliente inmediato.	28
Escenario C: se reduce el lead time de pedido.	29
Escenario D: reducción del lead time total.	30
Escenario E: el retailer concentra todo el inventario; el fabricante gestiona el inventario del retailer.	31
7. Resultados.	34
Resultados del Modelo Base.	34
Resultados del escenario “A”.	35
Resultados del escenario “B”.	36
Resultados del escenario “C”.	37
Resultados del escenario “D”.	38
Resultados del escenario “E”.	39
8. Conclusiones.	41
Análisis de costos.	41
Análisis de pedidos.	43
Conclusión general – síntesis.	45
9. Futuras líneas de investigación.	47
10. Bibliografía.	48
11. Índice de esquemas.	50
12. Índice de ecuaciones.	50
13. Índice de gráficos.	50
14. Índice de tablas.	51
15. Glosario.	51
16. Anexos	52

1. Introducción.

“La esencia de la formulación de una estrategia competitiva consiste en relacionar a una empresa con su medio ambiente” (Porter, 1991, p.23). Dentro de este medio ambiente se encuentran los clientes y los proveedores. La interacción de una empresa con sus clientes y proveedores puede contribuir a obtener una ventaja competitiva. Es por ello que la estrategia en el entorno actual de los negocios no se decide puertas adentro sino que es fruto de esta interacción con su medio ambiente más próximo. La competencia (y subsistencia) de las empresas depende de su eficiencia, y esta eficiencia puede encontrar su punto de apoyo en la relación con los clientes y proveedores (Porter, 1998).

Desde el punto de vista mencionado la empresa se estudia desde su relación en la cadena de abastecimiento con el resto de sus componentes. La participación de la empresa (y de cada parte dentro de ésta) como eslabón de una cadena o como parte de un sistema cobra mayor importancia hoy en día. Estudiar (o gestionar) a la empresa como parte de una cadena implica lidiar con mayor complejidad.

Esta complejidad es inherente a los sistemas y es conocida como la **dinámica de sistemas**. En el flujo de producto que atraviesa las múltiples empresas desde el producto original hasta el cliente final que forman una cadena de abastecimiento, la dinámica de sistemas genera el efecto de amplificación de la demanda. El efecto de amplificación de la demanda se observa en la amplificación en la variabilidad de las cantidades requeridas de clientes a proveedores. Sin embargo las causas de las oscilaciones del efecto de amplificación de la demanda se encuentran en la dinámica misma de la cadena y guardan una estrecha relación con las **decisiones** que se toman para **decidir** los pedidos a los proveedores (Forrester, 1961).

El **efecto de amplificación** de la demanda genera una distorsión en la señal de demanda final (Forrester, 1961); lo que resulta en que cada miembro de la cadena de abastecimiento reaccione en exceso, produciendo costos para la cadena en general y de cada uno de sus componentes, tales como excesos de inventarios, corridas de producción urgentes o quiebres de stock.

Existen distintas soluciones que buscan paliar este efecto, que es también conocido como el efecto látigo (o *bullwhip effect*) (Lee et al., 1997b). Para mejorar la eficiencia del flujo de producto entre proveedores y clientes es necesario integrar y alinear la información en la cadena.

El objetivo propuesto para este trabajo fue analizar qué tipo de **información** (de demanda, de pedidos, de políticas) sería la que permita **disminuir el efecto** de amplificación de la demanda. En otras palabras, se modeló qué información es más **eficaz** compartir entre las empresas de la cadena de abastecimiento y cómo utilizarla. La **propuesta** de este trabajo fue evidenciar la **diferencia** que existe en el **impacto** en la cadena de abastecimiento en cuanto al efecto de amplificación de la demanda según **qué información** se comparte y de **qué manera**, entre los eslabones de la cadena. Para este análisis se tomó como punto de partida el “juego de la cerveza” (Sternan, 1989).

En el “juego de la cerveza” se representa una cadena de abastecimiento formada por cuatro eslabones para observar la dinámica de sistemas en una cadena de producción y distribución. En el “juego de la cerveza” cada parte componente de la cadena toma decisiones sobre cuánto comprarle al proveedor para satisfacer los pedidos de su cliente. A través de estas decisiones cada eslabón intenta minimizar el costo de mantenimiento de inventarios y satisfacer todos los pedidos de su cliente.

Sobre la base del juego de la cerveza se elaboró un modelo de simulación mediante el cual se reproduce el funcionamiento de la cadena de abastecimiento bajo diversas condiciones. A un Modelo Base se le hicieron ciertas modificaciones para generar múltiples escenarios. Cada uno de estos escenarios presenta resultados cuantificables que fueron comparados entre sí para contrastar los diferentes impactos de las variaciones propuestas.

Sobre este marco, el estudio tiene especial foco en el carácter **explicativo**. Se analizó el impacto de cada una de las variables manipuladas en el modelo de la cadena de abastecimiento elegido.

2. Preguntas de investigación.

Pregunta central:

¿Qué información compartida es más eficaz en la reducción del efecto de amplificación de la demanda?

Subpreguntas:

¿Qué impactos tienen las distintas formas de alinear o integrar información en la cadena de abastecimiento? ¿Son diferentes?

3. Marco teórico.

Introducción.

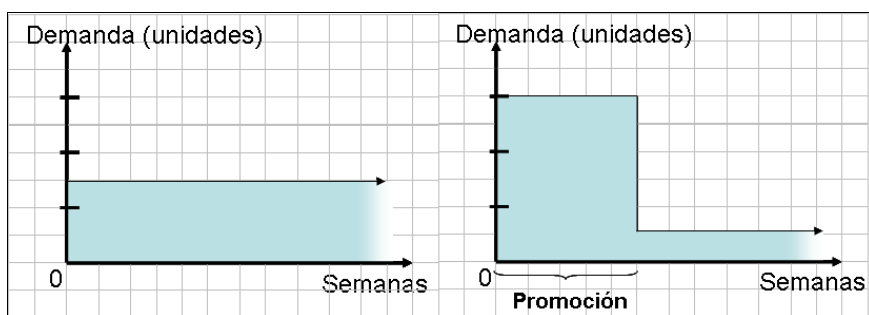
La cadena de abastecimiento es una red (o sistema) de empresas relacionadas entre sí. El Global Supply Chain Forum (GSCF) define a la gestión de la cadena de abastecimiento como “la integración de los procesos clave de negocios desde el consumidor final hasta los proveedores originales que proveen productos, servicios, e información, que agregan valor a los clientes y otros *stakeholders*” (GSCF, 2005).

Uno de los procesos de negocio clave de los que se refiere el GSCF es el proceso “Demand Management”. “Demand management is the Supply Chain Management process that balance costumers’ requirements with the capabilities of the supply chain. With the right process in place, management can match supply and demand proactively and execute the plan with minimal disruptions. The process is not limited to forecasting. It includes synchronizing supply and demand, increasing flexibility, and reducing variability” (Lambert, 2004, p.16).

En esta línea se distinguen el “demand planning” del “demand management”. El primero incluye los procesos que realiza una organización para anticiparse a la demanda, y disponer de la capacidad necesaria para equipararla, es decir, incluye los pronósticos de demanda y el manejo de inventarios (Bolton, 1998).

“Demand Management” es definido como “the identification, reduction, and elimination (where possible) of the causes of costumer demand volatility with the objective of providing a smooth demand signal to increase supply chain visibility, planning accuracy and reduce total supply chain cost” (Bolton, 1998, p.139). Sin embargo, obtener una demanda alisada (“smooth demand”) resulta complejo debido a que toda demanda presenta variabilidad. Esto se debe principalmente al comportamiento de los consumidores. En primer lugar el consumidor puede, por ejemplo, crear estacionalidad en la demanda. Esto se puede deber tanto a las estaciones climáticas (verano-invierno), así como otras características, tales como el momento en que se dispone del salario, que pueden generar que el consumidor gaste en éste momento (principio de mes) y no en otro. Sin embargo, las prácticas de management puede inducir la variabilidad en la demanda. Esto puede observarse en las promociones o descuentos en los que el consumidor puede sacar provecho de la rebaja en el precio. Con una reducción en el precio el consumidor compra mayor cantidad de un producto pero no comprará luego, pues ya lo tiene “en stock”. En otras

palabras, como se observa en el esquema 1 adelantará el consumo, lo cual no significará que consumirá más.



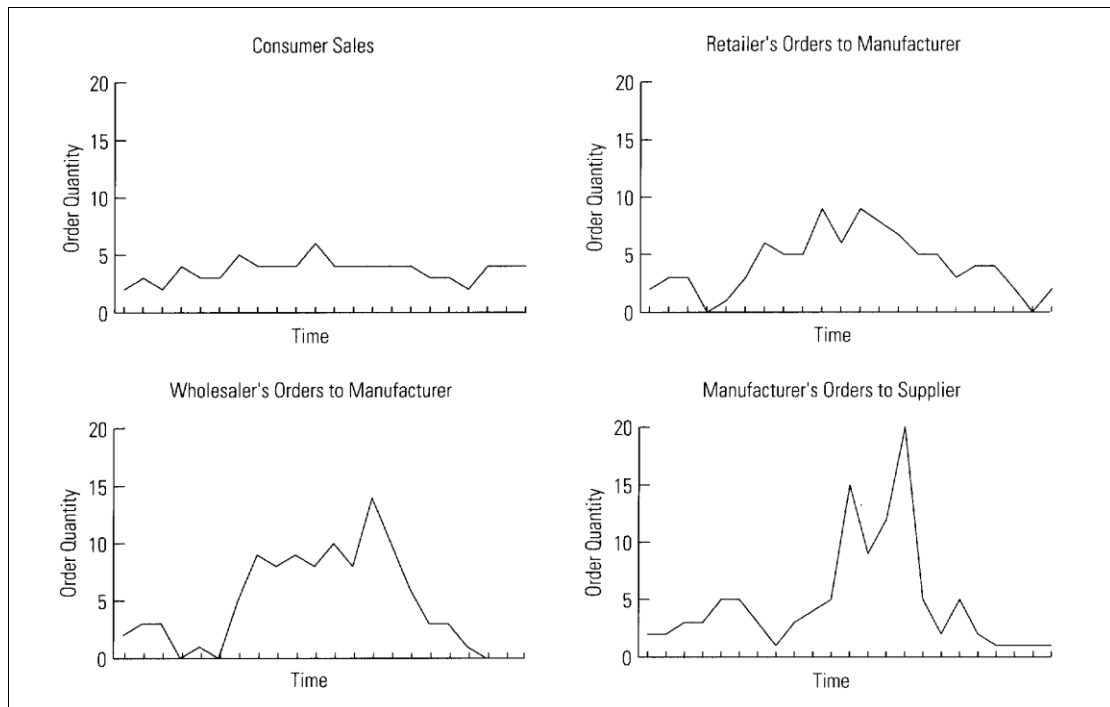
Esquema 1 – Ejemplo de prácticas de management que inducen variabilidad en la demanda.

Efecto de amplificación de la demanda.

En esta sección, en primer lugar se definirá el efecto de amplificación de la demanda. Segundo se describirán los problemas que ocasiona. En tercer lugar se explicarán las causas que generan dicho efecto. Finalmente, se expondrán las alternativas para mitigar el efecto de amplificación de la demanda.

Definición.

El efecto de amplificación de la demanda (o *bullwhip effect*) fue identificado Forrester: “It is often been observed that a distribution system of cascade inventories and ordering procedures seems to amplify small disturbances that occur at the retail level” (Forrester, 1961, p.22). Este efecto se refiere al “phenomenon where orders to the supplier tend to have larger variance than sales to the buyer (i.e., demand distortion), and the distortion propagates upstream in an amplified form (i.e. variance amplification)” (Lee et al., 1997a). Como se puede observar en el esquema 2, la variación en la demanda se vuelve mayor a medida que se transmite aguas arriba en forma de pedidos. Es por ello que la curva de la demanda final es mucho más estable que la de las órdenes del distribuidor a su proveedor.



Esquema 2 – El efecto de amplificación de la demanda: aumento en la variación de las órdenes “aguas arriba” – Lee, et al. (1997b)

Problemas que ocasiona.

El efecto de amplificación de la demanda es afectado por el flujo de información de la cadena de abastecimiento, expresado en órdenes o pedidos (Chatfield et al., 2004). La información ha cambiado la forma de gestionar la cadena de abastecimiento, y estas nuevas formas requieren menos inventarios. Sin embargo el manejo de información se vuelve extremadamente complejo. Es en el manejo de la información donde aparece el efecto de amplificación de la demanda, no sólo limitando sus ventajas, sino que produciendo un incremento en los costos.

“The bullwhip effect has a number of baneful consequences on the operation of a supply chain. Because of the higher variance, more safety stocks have to be carried with consequently more investment, extra production capacity, and increased storage space. Periods of intense utilization are followed by periods of underutilization. This oscillation requires that the supply chain harness enough resources to meet the inflated periods” (Chatfield et al., 2004, p.340-341). Desde otro punto de vista, se puede complementar los problemas que causa el efecto de amplificación de la demanda con las siguientes consecuencias.

- “scheduling difficulties in manufacturing, particularly bottleneck plants;

- difficulties in managing labour requirements which could swing from overtime to short time response to variations in demand;
- problems in controlling inventory levels and resulting warehouse requirements;
- poor customer service particularly in terms of late deliveries (...);
- excessive administrative effort and fire fighting in relation to late deliveries” (Taylor 2000, p.516).

En resumen, el efecto de amplificación de la demanda causa pérdidas en las empresas que conforman la cadena de abastecimiento. Todos los eslabones se ven afectados por los quiebres de stock o grandes cantidades de stock inmovilizado, la utilización de las capacidades por debajo de su nivel óptimo o – por el contrario – no dar a vasto con la demanda, con dificultad para planificar y las urgencias innecesarias. Todo esto, en definitiva, causa deficiencias en la atención al cliente y un aumento en los precios que éste ha de pagar (pues aumentan los costos).

Causas del efecto de amplificación de la demanda.

Las causas del efecto de amplificación de la demanda, desde un punto de vista general, tienen su raíz en la dinámica de sistemas (Forrester, 1961). En la misma línea, el *bullwhip effect* se muestra como el resultado de la interacción estratégica y racional entre los miembros de la cadena de abastecimiento. Esto se explica debido a que el management de cada empresa en la cadena toma decisiones “miopes”, es decir, tomar decisiones sólo con información sobre la operación local de la empresa sin contemplar las decisiones de los demás eslabones, lo que produce que actuando aisladamente se perjudiquen entre sí (Lee et al., 1997b). Esto se debe a que las decisiones están teñidas por las circunstancias en las que se encuentra el agente que decide, y se ven directamente afectadas por la información con la que cuenta quien toma la decisión (Forrester, 1961).

Las causas detectadas (Lee et al., 1997b), entonces, son las siguientes:

- *Actualización de los pronósticos de demanda.* En general los pronósticos se basan en información histórica. Como se observa en el juego de la cerveza, las órdenes recibidas en el presente hacen que se estime o pronostique el pedido en base a ella. Lo que sucede es que el pedido que llegó fue previamente estimado por un pronóstico. Esto hace que el pronóstico de ventas del último

eslabón (aguas abajo) llegue aguas arriba con varias actualizaciones, lo que lo vuelve más impreciso. Según los autores esta es una de las causas que más contribuyen al efecto de amplificación de la demanda.

- *Pedido por lotes.* Para reducir costos de transporte, por ejemplo, suelen hacerse pedidos por lotes para aprovechar el flete y cargarlo entero. El pedir por lotes (a diferencia de pedidos continuos) favorece la creación de ciclos de pedido. Esto hace que al hacer pedidos por lotes se cargue a las órdenes con mayor incertidumbre, pues hay que estimar las cantidades que se comprarán durante un ciclo (futuro) y no sólo lo que se precisa en el momento.
- *Fluctuación en el precio.* Comprar por adelantado, ya sea para no correr el riesgo de una suba de precios o para aprovechar promociones o descuentos hace que las compras no representen la demanda real, pues se compra por en ciclos. Nuevamente, estimar las cantidades en ciclos resulta más difícil, por lo que se agrega incertidumbre en el pedido.
- *Juego de expectativas de desabastecimiento.* Si el cliente cree que habrá un desabastecimiento de los productos, comprará con antelación mayor cantidad que lo habitual, para no sufrir la falta de producto. Esto llevará, nuevamente, a realizar pedidos por lotes y las consecuencias explicadas en las causas anteriores.

Una vez definida las causas, existe un factor que alimenta el efecto de amplificación de la demanda. Este factor es el tiempo de entrega (o *lead time*). El tiempo de entrega no es una causa directa, sino que más bien hace que la amplificación en la variabilidad de la demanda se vuelva más acentuada (Chatfield et al., 2004), es decir, incrementa la amplificación de la demanda.

La incidencia de la duración del lead time en la variabilidad es la siguiente: con un mayor tiempo de entrega, el consumidor buscará tener un stock de seguridad, ya que en caso de desabastecerse, tardará mayor tiempo en reabastecerse. Esto se debe a que el stock de seguridad se calcula en base al promedio y la variación de la demanda del consumidor con el tiempo de entrega. Si el tiempo de entrega es mayor, un pequeño cambio en el comportamiento de la demanda del consumidor hace que el stock de seguridad aumente enormemente. Esto hace que los pedidos al proveedor aumente lo que finalmente se traduce como un aumento en la variabilidad (Simchi-Levi et al., 2000).

Mitigando el efecto de amplificación de la demanda.

El efecto de amplificación de la demanda no puede ser totalmente eliminado. Esto se debe a que, como se dijo anteriormente, es inherente a la dinámica de sistemas, presente en todas las cadenas de abastecimiento. El efecto de amplificación de la demanda inevitable es conocido como “*core*” *bullwhip* (Sodhi, 2004).

Sin embargo, el bullwhip effect se puede mitigar. La alternativa directa es atacar las causas: (a) evitar la actualización de pronósticos de demanda; (b) deshacer pedidos por lotes; (c) estabilizar los precios (d) eliminar el juego de expectativas de desabastecimiento (Lee et al., 1997b). Las soluciones de raíz basadas en coordinación de mecanismos para contrarrestar la dinámica de sistemas son las siguientes: “information sharing, channel alignment, and operational efficiency” (Lee et al, 1997b, p.98).

Si a lo largo de la cadena de abastecimiento se comparte la información (del tipo que sea: pronósticos o niveles de stock, entre otros) se logrará reducir el efecto de amplificación de la demanda. Esto se debe a que si, por ejemplo, se comparte la demanda final con el fabricante, éste sabrá, estimativamente, cuál será el nivel de producción a planificar en el futuro. Teniendo este tipo de información, no se incurrirá en la actualización de pronósticos y se reducirá el juego de expectativas de desabastecimiento.

La alineación de la cadena significa la coordinación en los precios, el transporte y la gestión de inventarios. Si bien este tipo de alineación es en rigor compartir información, implica una coordinación mas profunda ya que involucra a las estructuras y a la toma de decisiones de las empresas dentro de la cadena de abastecimiento. Para alinear la gestión de inventarios, los precios o el transporte es necesario contar con capacidades similares a las del cliente o proveedor, estructuras de costos equivalentes y un grado de compromiso mayor del que se requiere para compartir los pronósticos de demanda. Mediante la alineación de los eslabones de la cadena se reducirá la variación en los precios, el juego de expectativas de desabastecimiento y no se actualizarán los pronósticos aguas arriba.

La eficiencia operacional es la que se refiere a la reducción de costos y/o de tiempos de entrega, a mejorar el desempeño de las empresas componentes de la cadena de abastecimiento. Implica un énfasis constante en la mejora continua de estos procesos, de manera de obtener precios más constantes, lotes más pequeños, y tiempos de

entrega más puntuales y rápidos. De esta manera, las consecuencias del efecto de amplificación de la demanda se verán reducidas.

Desde un punto de vista más general se proponen las siguientes soluciones:

- *Reducir la incertidumbre.* Para ello se puede centralizar la toma de decisiones. Si toda la cadena utiliza la demanda actual del consumidor como información, podrá crear pronósticos más eficaces, basados en información cierta. Sin embargo, se debe tener la misma política de inventario y la misma técnica de elaboración de pronósticos.
- *Reducir la variabilidad.* El efecto de amplificación de la demanda puede disminuirse si se reduce la variabilidad inherente en el proceso de demanda del consumidor. Esto se puede hacer reduciendo la variabilidad entre los eslabones de la cadena.
- *Reducción de tiempos de entrega.* Como fue descrito anteriormente, la elaboración de stock de seguridad depende de los pronósticos de demanda y de los tiempos de entrega. Si estos segundos son mayores, un pequeño cambio en la demanda hará que el stock de seguridad necesario sea mayor, por lo que incrementará los pedidos a los proveedores. Por lo tanto, si se reducen los tiempos de entrega, las variaciones en el stock de seguridad será menor, porque se podrá ajustar más rápido.
- *Socios estratégicos.* La presencia de socios estratégicos trae aparejadas las soluciones mencionadas con anterioridad: alineamiento de la cadena, compartir información y centralización de decisiones. Es por ello que las alianzas estratégicas con clientes y proveedores disminuye el efecto de amplificación de la demanda (Simchi-Levi et al., 2000).

De todos modos, “the bullwhip effect cannot be eliminated fully by sharing customer demand information with the agents in the supply chain” (Chatfield et al., 2004, p.342), “centralizing demand information sharing can significantly reduce, but will not eliminate, the bullwhip effect” (Simchi-Levi et al., 2000, p.91).

Compartir información es central en todas las soluciones descriptas. Cuando el tiempo de entrega no puede ser reducido (porque llegado a un punto es físicamente imposible reducirlo) la performance de la cadena de abastecimiento depende necesariamente de la estructura del flujo de información y de la política de pedidos. Compartir

información es más importante, incluso, que los métodos utilizados para la generación de pronósticos y la velocidad de transmisión de la misma (Ge et al., 2004). “Information sharing reduce total variance amplification and stage (node to node) variance amplification (...) information sharing decelerates the bullwhip effect as we go up the supply chain, which could be the result of planning ahead, since the upper supply chain echelons would be responding to consumer demand information before demands actually show up in the form of an order from the downstream partner” (Chatfield et al., 2004, p.351).

Incluso se puede argumentar que “the improvement of information sharing among different parts of the chain and the structural changes in information flow are the most effective means for supply-chain performance improvement” (Ge et al., 2004, p.508).

La información a compartir que puede ayudar a mitigar el efecto de amplificación de la demanda incluye: información de demanda final, información de pedidos estimados del cliente inmediato, niveles de stock, ceder la gestión de inventarios a un proveedor (como es el caso del Vendor Management Inventory), e información de índole estratégica como puede ser establecer dónde se concentrará la mayor cantidad de inventario en la cadena¹.

“There is a belief within industry that capturing and sharing real-time demand information is the key to improved supply chain performance” (Cachon y Fisher, 2000, p.1032). Acelerar la velocidad en el flujo de información puede acortar los lead times.

En los últimos tiempos ha cobrado significativa importancia la colaboración entre empresas en materia de información, sobre de planeamiento y pronósticos. La coordinación de los pronósticos hace posible tomar ventaja de la pericia de los demás miembros de la cadena. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si una empresa fabricante conoce que lanzará una promoción y se lo informa al retailer, de manera que éste sepa de ante mano que es muy posible que la demanda sea mayor.

Además, colaborar mediante compartir información hace que las empresas tengan acceso a mejor información, en cuestiones esenciales de la demanda futura. Además, permite reducir el problema de trabajar en forma aislada, de forma de hacer pronósticos que pueden llegar a ser contradictorios (Smáros, 2003). Definiremos a la colaboración en el planeamiento como una relación “based on information exchange

¹ Esta es una manera de compartir la política de inventario, y por ende, información.

in support of joint strategic, tactical and operational planning, forecasting and demand fulfillment processes” (Barratt, 2004, p.74). Como se vio anteriormente, esto permite a la empresa reducir el *bullwhip effect*, y con ello numerosas ventajas, como la reducción de inventarios, menores tiempos de entrega, integración entre los procesos de pronosticar y reabastecimiento, así como compartir la agenda de promociones.

Lidiar con el efecto de amplificación de la demanda es complejo. Esto se debe, principalmente a que las principales causas que lo originan son características propias de cualquier cadena de abastecimiento y es causado por más de una variable: juego de expectativas en el precio y en la disponibilidad, vender en lotes y pronosticar sobre pronosticado. Es por ello que el efecto se puede disminuir y no eliminar. Asimismo, existen factores que aumentan este efecto sobre la cadena de abastecimiento, como ocurre con las demoras en la cadena. El efecto de amplificación de la demanda produce un aumento en los costos de cada uno de los eslabones de la cadena (y por ende de toda la cadena). Existen distintos niveles de acción. Algunos atacan las causas directamente (por ejemplo, reducir la variación en el precio), y otros en cambio buscan soluciones más radicales, como puede ser alinear las empresas en la cadena o buscar socios estratégicos. Alinear a las empresas, entonces, puede llevar a reducir la variación en el precio, lo que hará que el efecto de amplificación de la demanda se vea reducido.

San Andrés

4. Metodología

El “juego de la cerveza” desarrollado por Sterman (1989) es un modelo elaborado en base al modelo de Forrester (1961). En este juego los jugadores experimentan por sí mismos los efectos de amplificación en la variación de la demanda. Es por ello que el “juego de la cerveza” es quien mejor describe esta problemática (Lee, et al., 1997b).

Se elaboró un modelo de simulación base que reproduce el “juego de la cerveza”. Al igual que el “juego de la cerveza”, este **modelo “base”** representa una cadena de abastecimiento con un fabricante, un distribuidor, un mayorista y un minorista. Cada eslabón de la cadena debe satisfacer la demanda de su cliente inmediato. Para obtener producto cada “jugador” debe hacer pedidos a su proveedor, y cuenta, además, con capacidad de almacenamiento. La principal diferencia que existe entre la simulación y el “juego de la cerveza” es que en la simulación no interactúan personas sino que se desarrolla el modelo de simulación^{II}.

La simulación reproduce la dinámica del modelo en el tiempo, es decir, los distintos elementos que lo conforman interactuaron según estaba pautado en las variables configuradas en la simulación. Esta simulación del modelo proyectado en el tiempo arrojó resultados que fueron el objeto de análisis. Las variables tenidas en cuenta para obtener los resultados son las siguientes:

- cantidad de productos en stock por período;
- quiebres de stock u órdenes adeudadas por período;
- cantidad de productos demandados en cada orden por período.

Una vez armado el Modelo Base, se generaron modelos alternativos. Estos modelos alternativos fueron elaborados de manera tal que representen distintos escenarios en la realidad. Las distintas alternativas al Modelo Base se crearon con algún cambio en sus variables, con el objeto de que cuando se simule, genere nuevos resultados. Finalmente, los resultados de estos escenarios fueron comparados y analizados para descubrir el impacto de la estructura, los sistemas de información y los plazos en el efecto de amplificación de la demanda. Mediante esta comparación se establece la performance (medida en costos, variaciones en los pedidos y en los niveles de inventario) de cada uno de los **escenarios**.

^{II} El software utilizado para crear el modelo de simulación fue el Arena de Rockwell Software.

Este trabajo se ha desarrollado bajo esta metodología debido a la complejidad en la problemática del efecto de amplificación de la demanda. Los modelos son representaciones abstractas de los sistemas en la realidad. Al ser un modelo abstracto, los resultados que de él se obtengan pueden considerarse de manera general, por lo que tienen un mayor alcance. Un modelo en una simulación busca representar la dinámica de un sistema en el tiempo, buscando entender como se comporta el sistema dada ciertas condiciones (Kelton et al., 2001). Es por ello que una simulación se utiliza cuando el sistema es lo suficientemente complejo para ser abordado mediante un análisis matemático. La simulación, a diferencia del análisis matemático, permite el desarrollo de los procesos en el tiempo y observar, actividad por actividad, las consecuencias que generan unos en otros (Forrester, 1990).



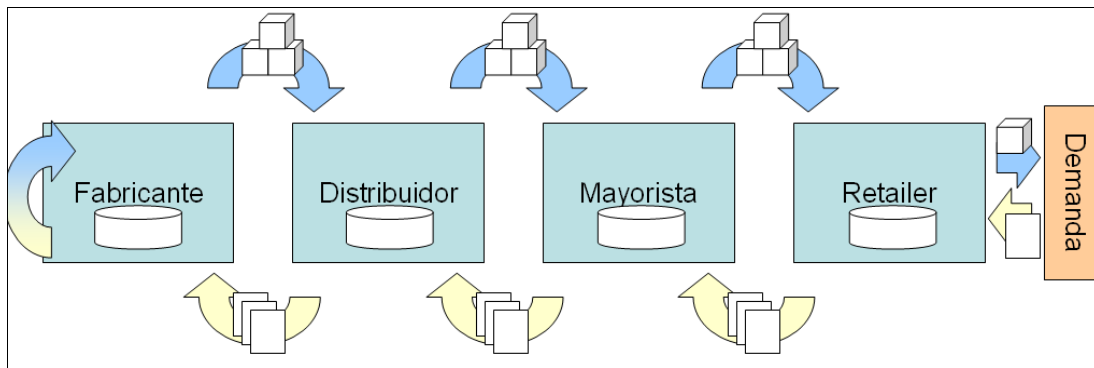
Universidad de
San Andrés

5. Presentación del Modelo Base.

La primera parte del trabajo consiste en elaborar un Modelo Base sobre el cual se realicen las modificaciones para detectar posibles mejoras. Como se indicó en el apartado de metodología, el Modelo Base replica casi exactamente al “juego de la cerveza”. En primer lugar se hará una presentación sobre la estructura del modelo y la dinámica con la que opera. A continuación se describirá cómo se toman las decisiones de abastecimiento. Luego se explicará cómo opera el lead time en el modelo. En cuarto lugar se expondrán los escenarios propuestos como alternativas al Modelo Base. Por último se presenta un resumen de la sección.

Estructura y dinámica.

El Modelo Base cuenta con 4 (cuatro) eslabones de la cadena de abastecimiento: un fabricante, un distribuidor, un mayorista y un detallista (o *retailer*). La demanda final es el motor del modelo, ya que es quien origina los pedidos de producto al retailer quien le pide al mayorista, y de esta forma continúa aguas arriba hasta el fabricante. La demanda no es considerada un jugador más ya que es una variable la variable independiente de la investigación y, por lo tanto, no tiene capacidad de decisión en el modelo (pues está predeterminada por el usuario). Por ser el modelo una simulación basada en el juego de la cerveza, se han tomado 4 (cuatro) jugadores. De todos modos, 4 (cuatro) jugadores es una generalidad. Si bien una cadena de abastecimiento puede ser más numerosa, la longitud del modelo presentado puede tomarse como una parte de una cadena. De la misma manera, puede tratarse de una parte dentro del proceso productivo de una empresa. Por ello, los nombres actúan como etiquetas para hacer más fácil el entendimiento del modelo. Por ejemplo, lo que en el modelo presentado se llama “fabricante” podría ser un proveedor de materias primas, e incluso el retailer puede ser el fabricante del producto final. De todas maneras los nombres se mantendrán a lo largo del trabajo para que se facilite su comprensión. Esta estructura básica se puede observar en el esquema 3.



Esquema 3 – Representación del funcionamiento del Modelo Base.

Como se observa en el esquema 2, el flujo de producto, a lo largo de la cadena, será “aguas abajo”, es decir, se originará en el fabricante para llegar finalmente al retailer y al consumidor del bien. El flujo de información (los pedidos, y la información de demanda implícitos en ellos) será en sentido inverso, “aguas arriba”: partirá de la demanda final (el consumidor) hacia el fabricante.

Cada jugador debe ajustar el inventario de manera de no tener exceso de material inmovilizado y no quebrar el stock. Tanto uno como el otro son los únicos costos que tiene el jugador en este modelo. Los quiebres de stock, es decir los pedidos incumplidos, tendrán un costo que duplica al costo de inventario. El costo de quebrar el inventario será de 2 (dos) mientras que el de mantener el stock será de 1 (uno). El inventario es el resultado de las entradas menos las salidas. Los pedidos de su cliente (inmediato) le irán disminuyendo, pedido a pedido, la cantidad de existencias en el inventario, por lo que ha de ser tenido en cuenta a la hora de realizar los pedidos. Para lograr el una cantidad de stock óptima, la manera con la que cuenta el jugador, es tomar decisiones acerca de la cantidad de producto que desea de su proveedor (inmediato).

El juego de la cerveza, y por ende este modelo, simplifican la realidad. Sin embargo, estas simplificaciones vuelven el efecto de amplificación de la demanda más evidente. Esto se debe a que bajo condiciones irreales (como son: demanda estable, competencia inexistente y capacidad infinita), que vuelven al sistema más simple, existe, de todos modos, el efecto de amplificación de la demanda. Este supuesto explica el modelo en casi todas sus simplificaciones.

El modelo tendrá una duración de 100 (cien) semanas (casi dos años). La semana es la mínima unidad de tiempo, es decir, la decisión de cada eslabón sobre el pedido a

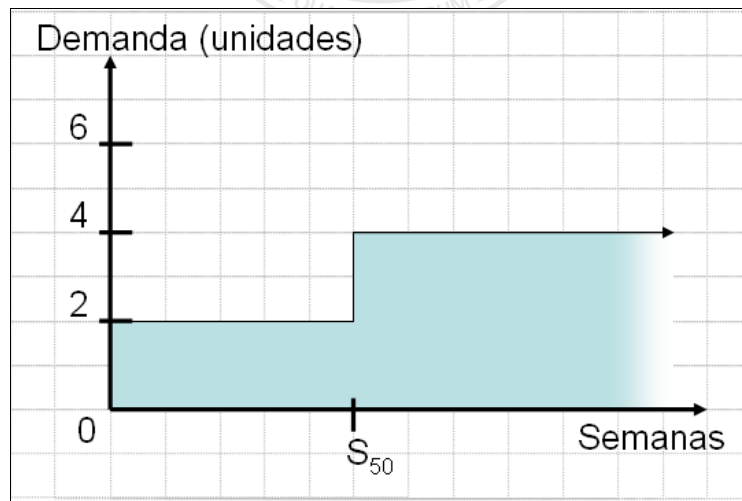
realizar será semanalmente. La simulación tomará los pedidos de cada jugador y entregará los productos que hayan sido requeridos 1 (una) vez cada 7 (siete) días.

Los pedidos y los niveles de inventario pueden ser tan elevados como se desee. Detrás de esta simplificación se encuentra la posibilidad de alquilar capacidad de producción (o producir horas extra), almacenamiento o flete.

Asimismo, los pedidos pendientes (por no tener el proveedor stock para satisfacer el requerimiento del cliente) se mantienen vigentes hasta ser cumplidos. Si bien puede no ser una práctica recomendada, esto es algo que ocurre en la realidad.

Una condición es que la demanda es estable y constante, presentando sólo un incremento. Sin embargo, como se explicó anteriormente, bajo esta fuerte simplificación, el efecto de amplificación no hace más que volverse más evidente. Esto se debe a que si bajo condiciones atípicas de invariabilidad el efecto existe, más notable será su efecto en una cadena de abastecimiento cuya demanda tenga mayor variabilidad.

La demanda, en el modelo será de 2 (dos) unidades por semana, y en la semana 50 (S_{50}) ascenderá a 4 (cuatro) hasta la culminación de la simulación, como se observa en el esquema 4, a continuación.

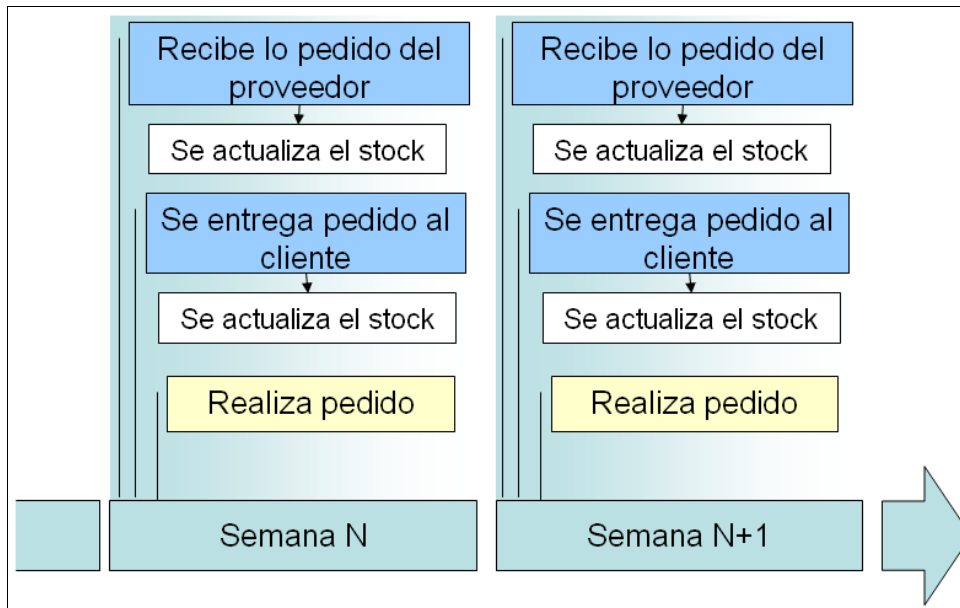


Esquema 4 – Comportamiento de la demanda para todos los modelos

Determinando el tamaño de los pedidos.

Los pedidos a los proveedores son, junto con las entregas al cliente, lo que determina el nivel de stock, como se vio anteriormente. La participación del jugador en la cadena está limitada únicamente a la elección de la cantidad de unidades a pedir. En ella, por lo tanto, estará implícita la política de inventario.

El mecanismo por el cual cada eslabón de la cadena pide es el siguiente. A la empresa foco (el eslabón de la cadena sobre el cual se detenga el análisis – aunque ocurre para todos de igual manera), le arriba la entrega del proveedor. Salvo que el pedido haya sido nulo, el nivel de inventario será incrementado. Acto seguido, se despachará la entrega correspondiente a lo que haya pedido el cliente, ajustándose nuevamente el nivel de inventario. Con este nivel de inventario actualizado, cada eslabón de la cadena decidirá un nuevo pedido. Esto se puede ver en el esquema 5, a continuación:



Esquema 5 – Representación de la dinámica para cada eslabón por período.

En la simulación la decisión sobre el pedido en sí resulta una ecuación. Como se verá luego, ésta es una de las mayores diferencias con el juego de la cerveza. La idea subyacente en la ecuación es que el nivel de stock sea suficiente como para no quebrar el stock con frecuencia, pero no exageradamente alto como para tener un alto costo de capital inmovilizado.

El pedido será la suma del stock mínimo (o de seguridad) menos las existencias en stock más el último pedido. Esta ecuación está determinada por un método de reposición periódica (una vez por semana), donde la cantidad pedida es variable. Esta variabilidad responde a que el pedido es la diferencia entre la cantidad de producto que se posee y el valor de inventario deseado. Para explicar la ecuación del modelo definiremos las variables: NQ_i como a la cantidad actual de existencias en stock, donde i puedo tomar los valores: R (retailer), M (mayorista), D (distribuidor) y F

(fabricante); P_i al pedido del cliente, LT al lead time y π a la demanda del consumidor final. Así la ecuación 1 representa el pedido al proveedor (f_i), de forma generalizada:

$$f_i = (P_i \times LT) - NQ_i + P_i \quad 0 \leq f_i < \infty$$

Ecuación 1 – Ecuación genérica de decisión del Modelo Base.

En esta ecuación $P_i \times LT$ representa el stock de seguridad, donde P_i representa al pronóstico de demanda. Para el fabricante LT será igual a 1 (uno), mientras que para el resto será 2 (dos) – estos valores se explicarán en el apartado siguiente. En todos los casos, sin embargo, dentro del modelo el LT se mantendrá constante dentro de cada simulación.

En el caso del retailer, P_i será reemplazado por π (la demanda), que como se dijo anteriormente, tomará como valor 2 (dos) durante 50 (cincuenta) semanas y 4 (cuatro) las 50 (cincuenta) restantes. En el resto de los eslabones P_i significará lo que el cliente inmediato le pide a su proveedor. Por ejemplo P_R será el pedido que el retailer le hace al mayorista, desde el punto de vista del mayorista. Claro está que P_R será igual a f_R . Si $(P_i \times LT) = NQ_i$, entonces el stock de seguridad estará al nivel requerido, por lo que $f_i = P_i$. Esto significa que el pedido será igual a la entrega.

Esta ecuación será $f_i = 0$, si y sólo si $(P_i \times LT) + P_i < NQ_i$, pero nunca será negativo, es decir, no se pueden hacer devoluciones.

En la forma de decidir el pedido es donde existe mayor diferencia con el juego de la cerveza como tal. En dicho juego, los participantes (personas humanas) tienen sus decisiones teñidas por factores no racionales. Estos componentes que hacen que las decisiones no sean del todo racionales pueden ser el miedo, características personales, su aprendizaje de los errores (lo que no quiere decir que este aprendizaje sea necesariamente algo que mejore la decisión) o el humor de quien esté jugando el juego. En cambio, en el modelo, al ser una ecuación, la decisión es racional y constante a lo largo de toda la simulación.

Lead Time (o tiempo de entrega).

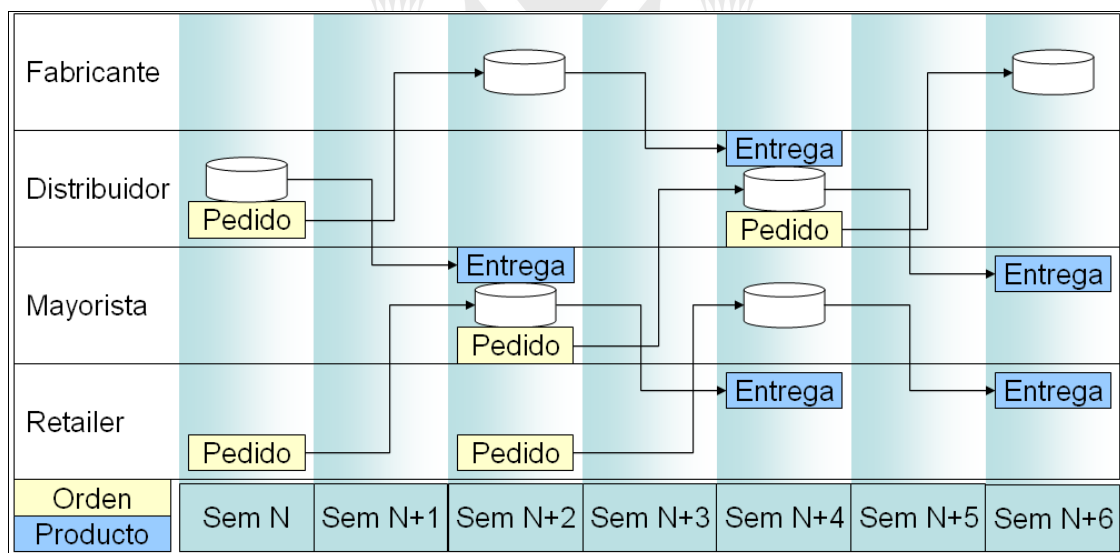
En este trabajo se hará una distinción dentro del lead time para hacer la exposición del modelo de manera más clara. Se llamará “entrega” al flujo de producto del proveedor al cliente, y se llamará “pedido” a la orden del cliente al proveedor. De esta manera el

lead time total estará compuesto por un “lead time de entrega” y un “lead time de pedido”.

La duración del lead time es la suma de los procesos necesarios para que la entrega y la orden arriben al destinatario. Dentro de estos procesos pueden estar incluidos desde procesos internos de aprobaciones, actividades de abastecimiento, certificaciones aduaneras, hasta el transporte, la fabricación, el empaquetamiento o el ensamblaje del producto.

El lead time, es un factor necesario para el cálculo del stock de seguridad. Es por esto que será uno de los factores que influirán en el nivel de stock.

Los valores del modelo (y del juego de la cerveza) para cada uno de los lead times (el de entrega y el de pedido) es de 2 (dos) semanas. Por lo que si un jugador (el retailer, por ejemplo) hace un pedido en la semana N, como se observa en el esquema 6, recibirá la entrega en la semana N+4 (si el proveedor contaba con el stock suficiente).



Esquema 6 – Ejemplo de la dinámica de pedidos y entregas en la cadena.

Sin embargo, como se describió en el apartado anterior, la ecuación de pedido tomará la mitad del lead time real. Este cambio se debe a un ajuste de la racionalidad de la ecuación en el modelo a las decisiones que toma cada jugador en el “juego de la cerveza”, en el que los participantes no son plenamente conscientes de estas demoras a la hora de realizar los pedidos.

6. Escenarios alternativos al Modelo Base.

Una vez definido el Modelo Base, el siguiente paso es definir los escenarios alternativos, es decir las modificaciones sobre el Modelo Base. La función de estos escenarios es esencial para el objetivo del trabajo: buscar formas de hacer más eficiente la cadena de abastecimiento en cuestión.

Para plantear los escenarios las alternativas deberían, al menos en teoría, reducir el efecto de amplificación de la demanda atenuando alguna (al menos) de las causas que lo provocan. Estas causas, explicadas en el Marco Teórico, eran:

- Las compras (y ventas) por lotes;
- Fluctuaciones en el precio;
- Expectativas de desabastecimiento;
- Actualización de pronósticos.

A las que se les agregaba como factor de aumentar el efecto de amplificación de la demanda:

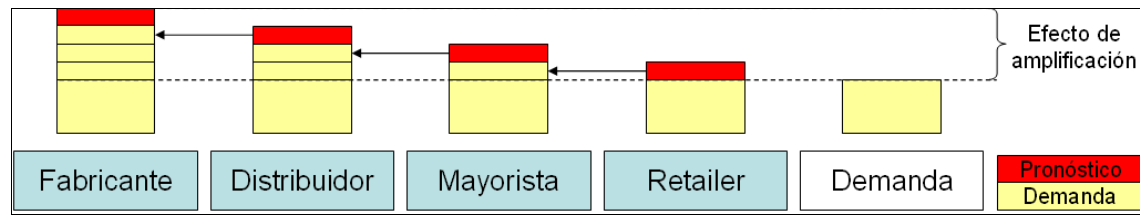
- Lead time.

Los escenarios estarán enfocados en los últimos dos factores: el lead time y la actualización de pronósticos.

En el primer caso, cabe recordar que el stock de seguridad es el producto del pronóstico (P_i) y, a la demora que existe entre que se realiza el pedido y se recibe la entrega (LT). Por consiguiente, un escenario en el que se reduzca el lead time tenderá a disminuir el stock de seguridad ($P_i \times LT$). Los cambios en los pedidos del cliente (y por ende los cambios en los pronósticos), con un menor lead time, repercutirán en menor medida en la cantidad de los pedidos al proveedor. Un menor stock de seguridad ($P_i \times LT$) hará que la variación en los pedidos ($f_i = (P_i \times LT) - NQ_i + P_i$) sea menor, y por ende el efecto de amplificación de la demanda.

Algo similar ocurre con la actualización de los pronósticos. Los pedidos al proveedor se elaboran en base a los pronósticos sobre las entregas al cliente. Asimismo, el pedido del cliente a su vez fue estimado en base al pronóstico que éste hizo sobre las entregas a su cliente. Por ejemplo, los pedidos que hace el distribuidor al fabricante estén calculados en base a lo que requiere para cumplir con la demanda del mayorista. El mayorista le demanda al distribuidor una cantidad calculada sobre lo que pronostica que deberá entregar al retailer. Esto produce, en definitiva, que la demanda

original del consumidor final se haya visto alterada por numerosas actualizaciones a lo largo de la cadena, como se observa en el esquema 7 a continuación.



Esquema 7 – Ejemplo de amplificación de la demanda debido a la actualización de pronósticos.

Sin embargo el esquema 7 es sólo un ejemplo de amplificación, ya que la amplificación puede ser tanto un aumento como una disminución en la demanda. Además, el efecto de amplificación, debido al lead time se traspa de un eslabón a otro en distintos períodos de tiempo. Lo que causa la actualización de pronósticos no es un aumento en la demanda, sino más bien un aumento en la variabilidad de la demanda, es decir, que sus valores que toma oscilan en un rango mayor. En otras palabras, la demanda del fabricante varía más que la del retailer, ya sea en aumento o en disminución (ver Anexo 1).

Las causas del efecto de amplificación de la demanda han de ser tenidas en cuenta para el posterior análisis de los escenarios. A continuación, se presentarán y describirán los distintos escenarios:

1. La demanda es conocida por todos los jugadores (y lo único que se tiene en cuenta), Escenario A;
2. La demanda es conocida por todos por no se desestima el pedido del cliente inmediato, Escenario B;
3. Se reduce el lead time de pedido, Escenario C;
4. Se reduce el lead time total, Escenario D;
5. El fabricante conoce la demanda y gestiona el stock del retailer, Escenario E;

En la tabla 1 se resumen los 6 (seis) modelos desarrollados: el Modelo Base y las 5 (cinco) configuraciones alternativas para comparar las variables que los vuelven distintos:

Escenarios	Dem. Pedido	Dem. Entrega	f_i Pedido A	f_i Pedido B	Jugadores
1. π conocida por todos.	2	2	$= \pi + (\pi * 2) - NQ$	(todas iguales)	4

2. π conocida por todos	2	2	$= P_i + (\pi * 2) - NQ$	(todas iguales)	4
3. Conocer P_i	0	2	$= (P_i * 2) - NQ + P$	(todas iguales)	4
4. Reducción de lead time total	1	1	$= (P_i * 2) - NQ + P$	(todas iguales)	4
5. Stock en R, fabricante conoce π	2	2	$f_f = (\pi * 8) - NQ_R + \pi$	Pasan lo que llega, no deciden.	1 y 3
Modelo Base	2 sem.	2 sem.	$= (P_i * 4) - NQ + P_i$	(todas iguales)	4

Tabla 1 – Configuración de los Escenarios: el Modelo Base y 5 (cinco) escenarios alternativos.

Cada uno de los 5 (cinco) escenarios que presentan configuraciones alternativas será desarrollado de la siguiente manera: en primer lugar se presentará las características mas relevantes; en segundo lugar se marcarán (si las hay) las diferencias con el juego de la cerveza; en tercer lugar se buscará su aplicación en la realidad; y finalmente se evaluará sobre qué línea de acción contra el efecto de amplificación de la demanda se está haciendo hincapié.

Escenario A: la demanda es conocida por todos; se desestima la demanda del cliente.

En este escenario todos los jugadores en el presente conocen la demanda final. A diferencia del Modelo Base, donde sólo el retailer tiene información sobre la demanda del consumidor, en este escenario, el fabricante conoce al mismo tiempo que el retailer el comportamiento de la demanda.

La principal diferencia con el Modelo Base es que el retailer comparte con todos los integrantes de la cadena la información que posee: la demanda. De esta manera, los demás eslabones de la cadena se manejan con información libre de distorsiones. En otras palabras, al saber todos cuál es la demanda, es más fácil detectar cuándo un pedido no refleja la demanda final, y que por lo tanto está viciado por el efecto de amplificación de la demanda.

En este escenario se podría decir que la cadena de abastecimiento tiende un modelo de similar a Collaborative Planning Forecasting and Replenishment (CPFR), ya que la manera de determinar los pedidos y la información para calcularlos es la misma.

Tanto el lead time de pedido como el de entrega se mantienen en dos semanas cada uno. Sin embargo, al conocer la demanda final, cada jugador decidirá la cantidad por pedido con la información de la demanda. El pedido del cliente, en este escenario, no será tenido en cuenta^{III}. Esto llevará a la empresa a que calcule su inventario de seguridad con el lead time de entrega de 2 semanas^{IV}, pues la información de la demanda es un dato inmediato, es decir, el lead time de pedido es inexistente.

Por ello la ecuación que represente la decisión que tome cada eslabón de la cadena para abastecerse será:

$$f_i = (\pi \times 2) - NQ_i + \pi$$

Ecuación 2 – Escenario A

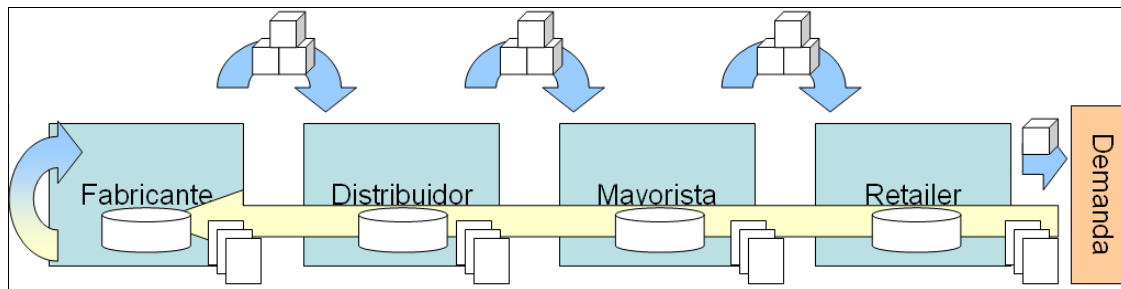
En la ecuación 2, recordemos, i puede tomar los valores: R (retailer), M (mayorista), D (distribuidor) y F (fabricante); mientras que π corresponde a la demanda y reemplaza a P_i en todas las ecuaciones de pedidos, ya que se comparte esta información; y NQ_i corresponde al nivel de stock presente.

La variación introducida en este escenario está alineada con la solución a la actualización de pronósticos. Al tomar como única información la demanda final, los pedidos no acarrear el error propio de los pronósticos. Esto se debe, como se explicó anteriormente, a que cada pedido no contiene implícito una cantidad de stock de seguridad. A este pedido, el proveedor no le agrega lo que calcula de stock de seguridad y sobre esta cantidad hace el pedido a su proveedor. De esta manera se no aumenta el efecto de amplificación de la demanda.

Finalmente, la dinámica del escenario puede resumirse en el esquema 8, que se presenta a continuación.

^{III} En este escenario quién toma la decisión usará sólo la demanda como información para fijar la cantidad por pedido. Sin embargo, bien podría usar la información del cliente inmediato combinada con la información de la demanda. Eso es lo que sucede en el escenario B.

^{IV} En el modelo base la ecuación toma “2” como lead time cuando en realidad el lead time es “4”. En cambio, en los escenarios “A”, “C” y “D” se toma el mismo lead time de la realidad del modelo: “2”.



Esquema 8 – Representación del funcionamiento del escenario A

Escenario B: la demanda es conocida por todos; se utiliza el pedido del cliente inmediato.

En este escenario, al igual que el anterior, todos los jugadores conocen la demanda final sin retrasos (lead time de pedido). A diferencia del anterior en este escenario la decisión estará fundada tanto en la información de la demanda del consumidor como en la del cliente inmediato (en el caso del retailer coincidirán). Por esta razón, el lead time real será de 4 (cuatro) semanas, pero el que utilizará en la ecuación será de 2 (dos) semanas, ya que al considerar el pedido del cliente inmediato las condiciones del modelo base no se verán alteradas, en cuanto a las demoras. Ahora bien, como se conoce la información de la demanda final, ésta será la que se usará para calcular el stock de seguridad, ya que es la demanda real. Sin embargo, como se dijo, se utilizará para completar el pedido lo que está siendo requerido por el cliente inmediato.

La ecuación que represente la decisión que tome cada eslabón de la cadena será la ecuación 3:

$$f_i = (\pi \times 4) - NQ_i + P_i$$

Ecuación 3 – Escenario B

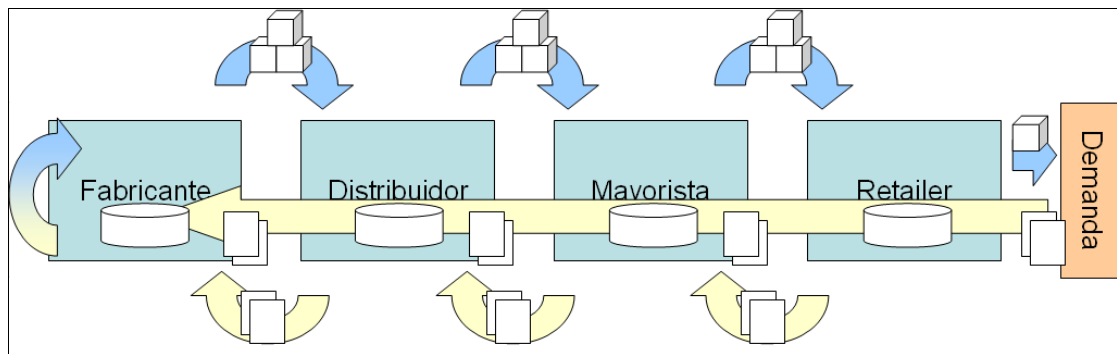
Donde, nuevamente, i puede tomar los valores: R (retailer), M (mayorista), D (distribuidor) y F (fabricante); mientras que π corresponde a la demanda y reemplaza a uno de los P_i en las ecuaciones de pedidos de todos los integrantes (menos en el caso del retailer), ya que se comparte esta información; y NQ_i corresponde al nivel de stock actual que posee cada uno de los eslabones de la cadena.

Este escenario puede ser interpretado como un punto intermedio entre dos extremos, el modelo base y el Escenario “A”. Esto se debe a que toma la información compartida para calcular el stock de seguridad (como en el Escenario “A”, aunque

con distinto lead time real), pero para calcular la reposición utiliza el pedido de su cliente inmediato (como en el Modelo Base).

Esta alternativa resulta más verosímil ya que no desoye el pedido más próximo del cliente inmediato, en definitiva el pedido a satisfacer. Como se explicó en el escenario anterior el plateau de este escenario está orientado a mermar la causante del efecto de amplificación de la demanda relacionada con la actualización de pronósticos. Sin embargo, al considerar el pedido del cliente, la decisión traerá aparejada el efecto de amplificación de la demanda, como se explico en el apartado Presentación de los escenarios.

Explicadas las variables y las diferencias con el escenario anterior y el Modelo Base, el actual escenario se puede representar mediante el esquema 9:



Esquema 9 – Representación del funcionamiento del escenario C.

Escenario C: se reduce el lead time de pedido.

En este escenario se aplica sólo un cambio con respecto al Modelo Base. Este cambio consiste en reducir el lead time de pedido a 0 (cero), como se ve en el esquema 9. Esto puede deberse a una eliminación o aceleración de procesos internos (de aprobaciones de compras, por ejemplo) o mediante un sistema EDI (Electronic Data Interchange) entre las empresas en la cadena. De esta manera los pedidos se hacen en forma inmediata por lo que el lead time real total se reduce de 4 (cuatro) a 2 (dos) semanas, bien reflejadas en la ecuación de pedido. Manteniendo las demás variables sin cambios la ecuación que determine el pedido será la ecuación 4:

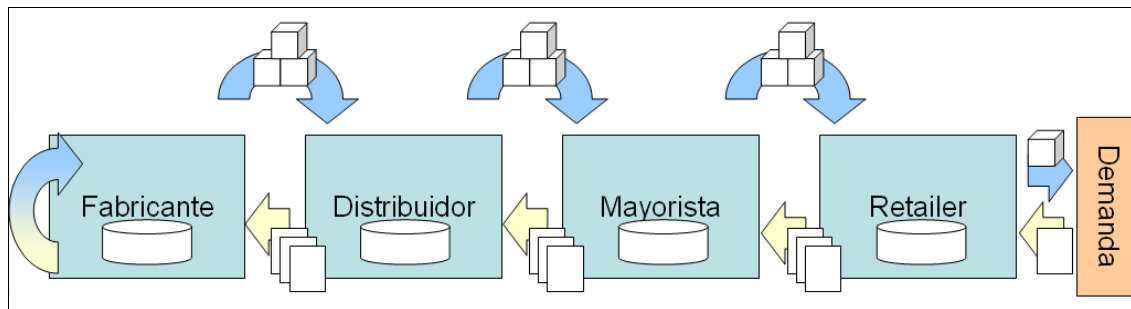
$$f_i = (P_i \times 2) - NQ_i + P_i$$

Ecuación 4 – Escenario C.

Donde, i puede tomar los valores: R (retailer), M (mayorista), D (distribuidor) y F (fabricante); mientras que P_i representa al pedido que se recibe del cliente; y NQ_i corresponde al nivel de stock del jugador bajo análisis.

Con este escenario se busca disminuir el efecto de amplificación de la demanda atacando la causal definida por Simchi-Levi et al (2000): el lead time. Como se explicó en el marco teórico, un lead time mayor provoca stock de seguridad mayores (ya que éste es el producto de el pronóstico y el lead time). Con stocks de seguridad menores, los pedidos serán menores, lo que puede llevar a la reducción del efecto de amplificación de la demanda ya que la variación de los pedidos del cliente tendrá menos efecto en las órdenes hacia el proveedor.

Este escenario puede verse representado en el esquema 10, que se presenta a continuación.



Esquema 10 – Representación del funcionamiento del escenario C.

Escenario D: reducción del lead time total.

Al igual que el escenario anterior se reduce – con respecto al Modelo Base – el lead time real total de 4 (cuatro) semanas a 2 (dos). Sin embargo, la composición de esta reducción difiere del Escenario “C”. En el actual escenario ambas partes componentes del lead time total (lead time de pedido y de entrega) reducen su demora de 2 (dos) semanas a 1 (una). Esto se puede deber a mejoras en cuanto al traspaso de información (menos trabas administrativas, por ejemplo) y al flujo de productos (procesamiento o transporte más rápido). Como no existen diferencias en la importancia de los lead time la ecuación que represente la decisión (ecuación 5) será igual a la anterior (ecuación 4)

$$f_i = (P_i \times 2) - NQ_i + P_i$$

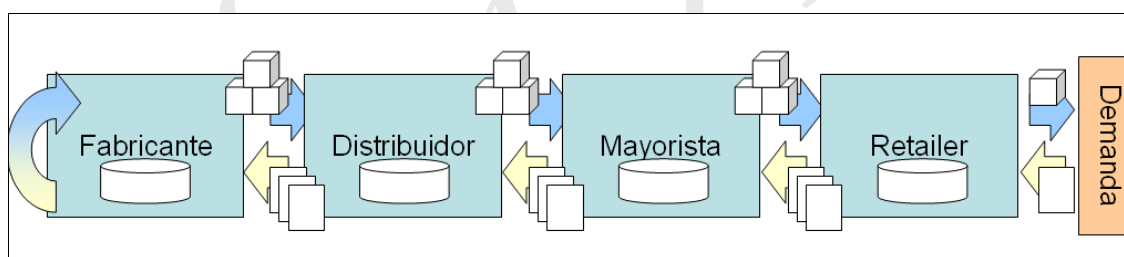
Ecuación 5 – Escenario D.

Donde i puede tomar los valores: R (retailer), M (mayorista), D (distribuidor) y F (fabricante); mientras que P_i representa la cantidad de producto que demanda el cliente; y NQ_i corresponde al nivel de inventario para abastecer a la demanda del cliente.

Sin embargo, que la ecuación de decisión 5 sea idéntica a la anterior no implica necesariamente que los modelos sean iguales. Es importante recalcar, que si bien las variables representadas en el algoritmo que expresa la decisión del jugador las dinámicas de cada uno de los escenarios difieren en gran medida. Esto se debe a que los tiempos en uno y en otro son distintos. En otras palabras, en el escenario “C” el jugador puede tener información sobre un pedido en el acto pero la entrega se demorará dos semanas. En cambio en escenario actual, si bien el pedido no es instantáneo, la entrega demora menos. Estas diferencias de tiempo pueden hacer la diferencia en cuanto a disponibilidad de stock.

En este caso, la búsqueda de enmiendas para reducir el efecto de amplificación de la demanda encuentra la misma solución que en el escenario anterior: reducir la demora en el flujo de información y de producto, es decir, en el lead time total. Como en el Escenario “C”, una reducción en el lead time lleva a tener menores inventarios de seguridad. Consecuentemente, tener menos inventarios de seguridad disminuye el efecto de amplificación de la demanda.

El esquema 11 representa el escenario “D”.

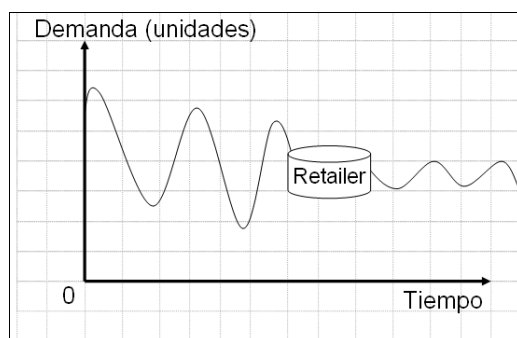


Esquema 11 – Representación del funcionamiento del escenario D.

Escenario E: el retailer concentra todo el inventario; el fabricante gestiona el inventario del retailer.

En este escenario el retailer concentra todo el inventario, lo que actúa como un colchón con el que se busca reducir la variación de la demanda sobre el resto de la cadena. Esto significa que el retailer posee un stock más abultado que el que naturalmente tendría con el objetivo de que el impacto de la variación en la demanda

no afecte aguas arriba (como indica el esquema 12). En la cadena como un todo, el propósito es que el inventario total para absorber las variaciones sea menor.



Esquema 12 – Impacto del Retailer en la demanda en la cadena.

Asimismo el fabricante conoce la demanda final y la utiliza para producir. Además, el fabricante conoce el inventario del retailer.

Esta situación puede darse en el caso del VMI (Vendor Management Inventory). En algunos casos, como el fabricante puede tener mejor información sobre la demanda^V, puede administrar el stock de su cliente. Es por ello que en este caso el fabricante administra el stock y es el único agente de decisión. El fabricante no retiene productos en stock (pues todos los concentra el retailer), sino que una vez terminados los procesos de, por ejemplo, producción los envía al distribuidor. Éste, a su vez, luego de llevar a cabo las actividades involucradas en su operación se lo vende al mayorista que luego se lo venderá al retailer. Esto significa que ni el fabricante, el distribuidor y el mayorista tendrán en stock productos terminados, sino solamente productos en proceso o elaboración.

Al ser el fabricante quien decide en el lugar del retailer (donde se encuentra el stock) el lead time de pedido es igual a 0 (cero), ya que el fabricante conoce en tiempo real cual es la demanda que afronta el retailer (y por ende el nivel de stock). Sin embargo, el lead time de entrega para que los productos lleguen del fabricante al retailer es de 8 (ocho) semanas, ya que los eslabones intermedios (distribuidor y mayorista) continúan presentes. Este aumento en el lead time de entrega es lo que hace que el stock de seguridad aumente.

^V Puede conocer, por ejemplo, que su departamento de marketing está lanzando una importante campaña y que piensan aumentar las ventas sensiblemente. Dado este caso, el fabricante conocerá mejor que el retailer (que además posee una cartera más variada y compleja de productos que el fabricante) la demanda del producto que fabrica.

El stock del retailer, como se dijo, será mayor al del retailer en el Modelo Base, pero con el objetivo de tener globalmente (en la cadena) un stock menor. La ecuación de pedido del fabricante, entonces, será la ecuación 6:

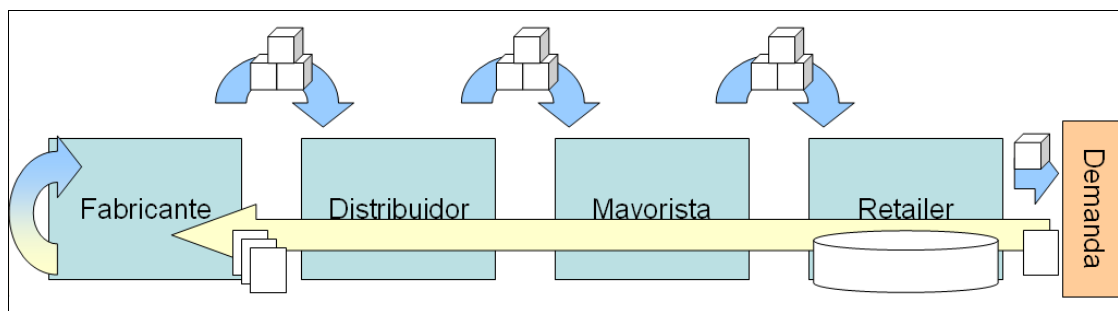
$$f_F = (\pi \times 8) - NQ_R + \pi$$

Ecuación 6 – Escenario E.

Donde, R corresponde al retailer y F al fabricante; mientras que π corresponde a la demanda y reemplaza a P_i en la única ecuación de pedido – ya que el fabricante, quien cuenta con esta información es el único que toma decisiones en este modelo; y NQ_R corresponde al nivel de stock actualizado del retailer.

Mediante este escenario se busca paliar el efecto de amplificación de la demanda a través de dos de sus causas. En primer lugar se reduce el lead time total, por lo que se atenúa el efecto de amplificación causado por las demoras. En segundo lugar, en cuanto a la actualización de pronósticos (manifestados en los pedidos), al ser el fabricante el único eslabón de la cadena que decide, las decisiones sufren menos actualizaciones y no se arrastra de eslabón en eslabón el efecto de amplificación de la demanda. Este escenario, a su vez, está en línea con la centralización de decisiones (Simchi-Levi et al, 2000). Esto, de todos modos podría llegar a ser más riesgoso por partida doble. El primer motivo es que los jugadores restantes no pueden enmendar cualquier error que cometa el fabricante. El segundo es que el fabricante se encuentra a 8 (ocho) semanas del momento de la venta por lo que cualquier intento de corregir algún desvío tardará dos meses en surgir efecto.

Este escenario quedará representado por el esquema 13:



Esquema 13 – Representación del funcionamiento del escenario E.

7. Resultados.

Luego de elaborar los modelos (el Modelo Base y los cinco escenarios alternativos), fueron “corridos” en la simulación. Como resultado de estas simulaciones se obtuvieron la cantidad de pedidos de cada jugador por semana y los niveles de stock por semana durante todo el lapso simulado (aproximadamente dos años).

A continuación se expondrán estos resultados mediante dos gráficos por escenario: uno reflejando los pedidos y otro los niveles de stock. En los primeros, además, estará representada la demanda. En los segundos, cuando la cantidad de unidades en stock figure negativa significa que la empresa en cuestión quebró su stock, y el valor negativo es la cantidad que le adeuda a su proveedor.

Resultados del Modelo Base.

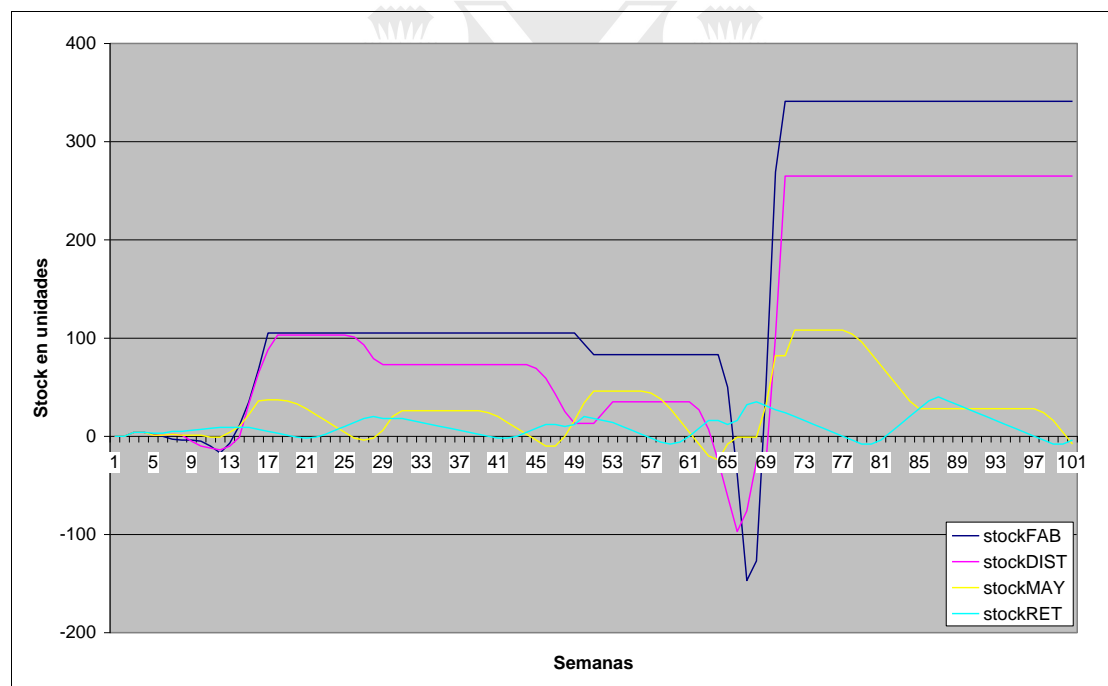


Gráfico 1 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el Modelo Base.

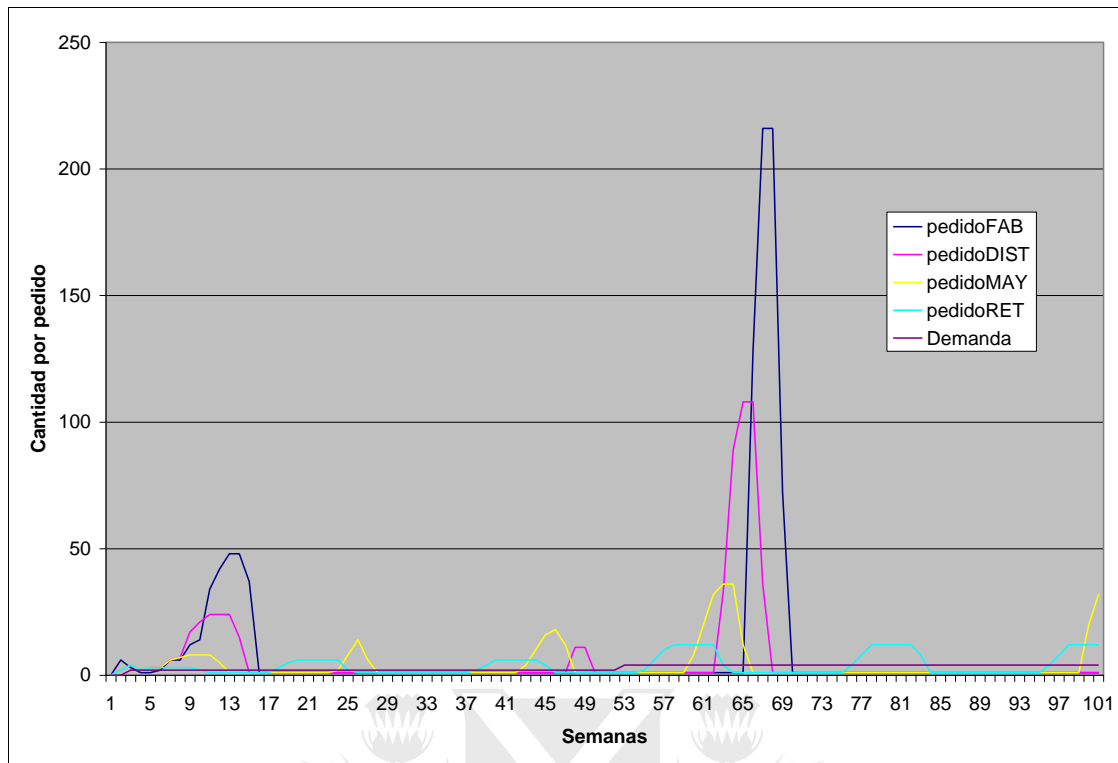


Gráfico 2 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el Modelo Base.

Resultados del escenario “A”.

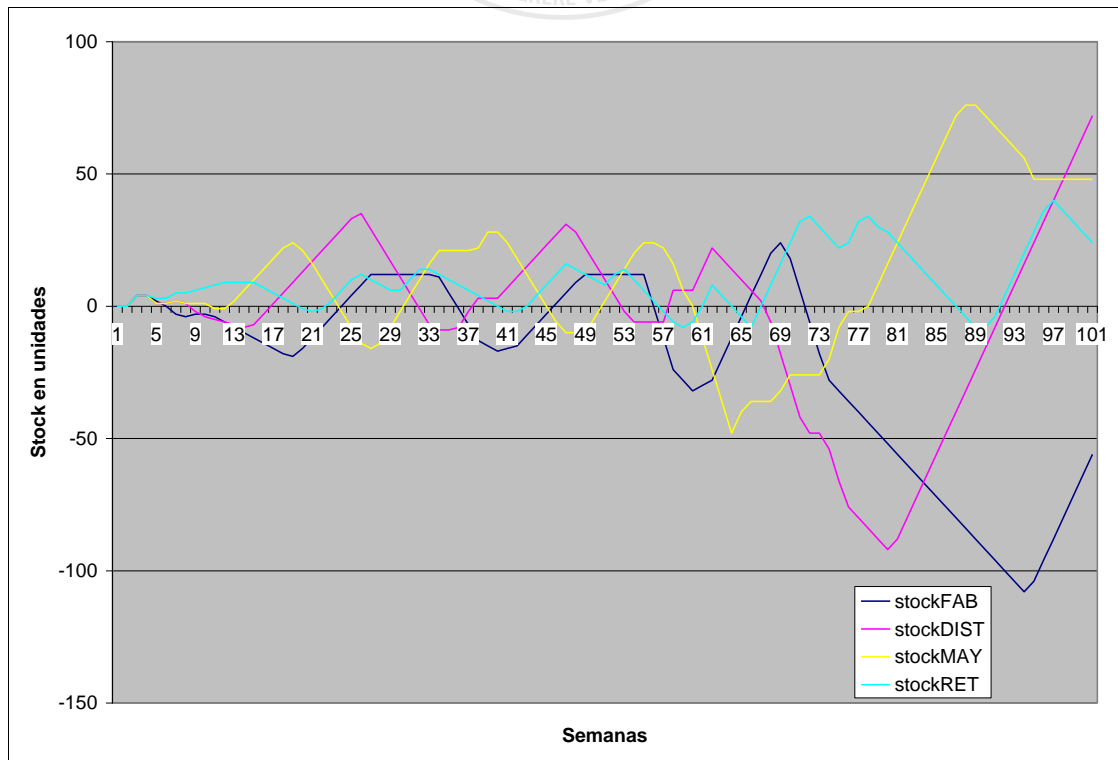


Gráfico 3 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “A”.

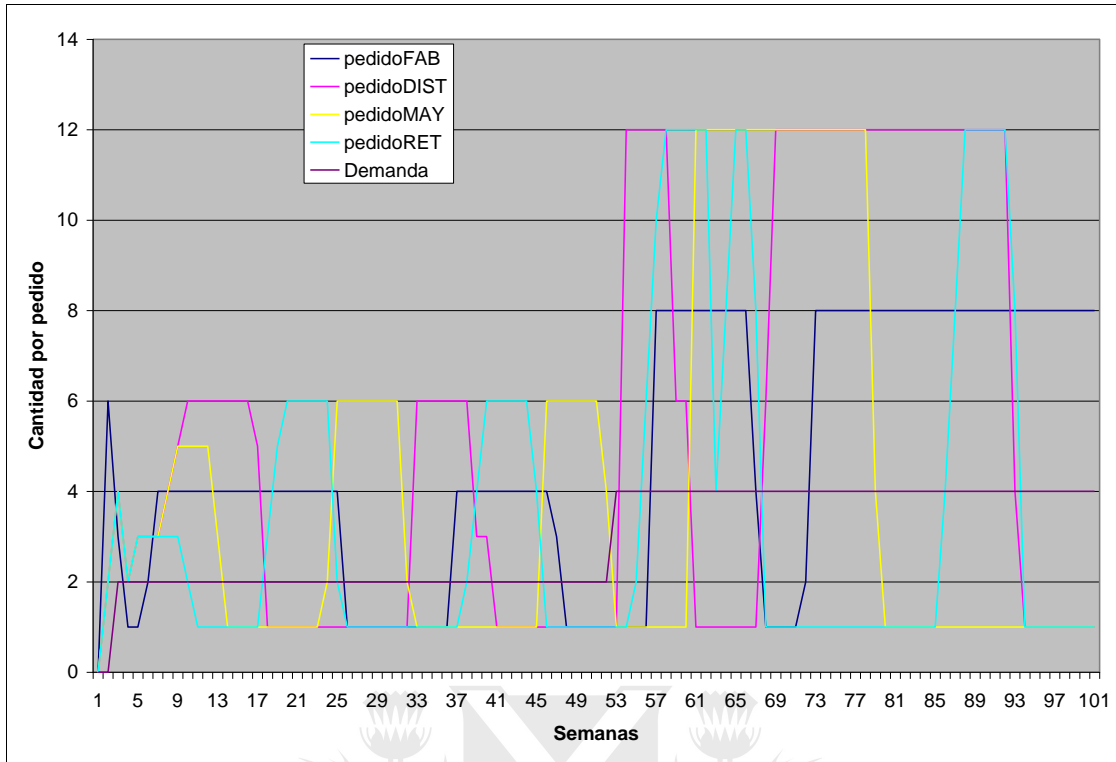


Gráfico 4 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “A”.

Resultados del escenario “B”.

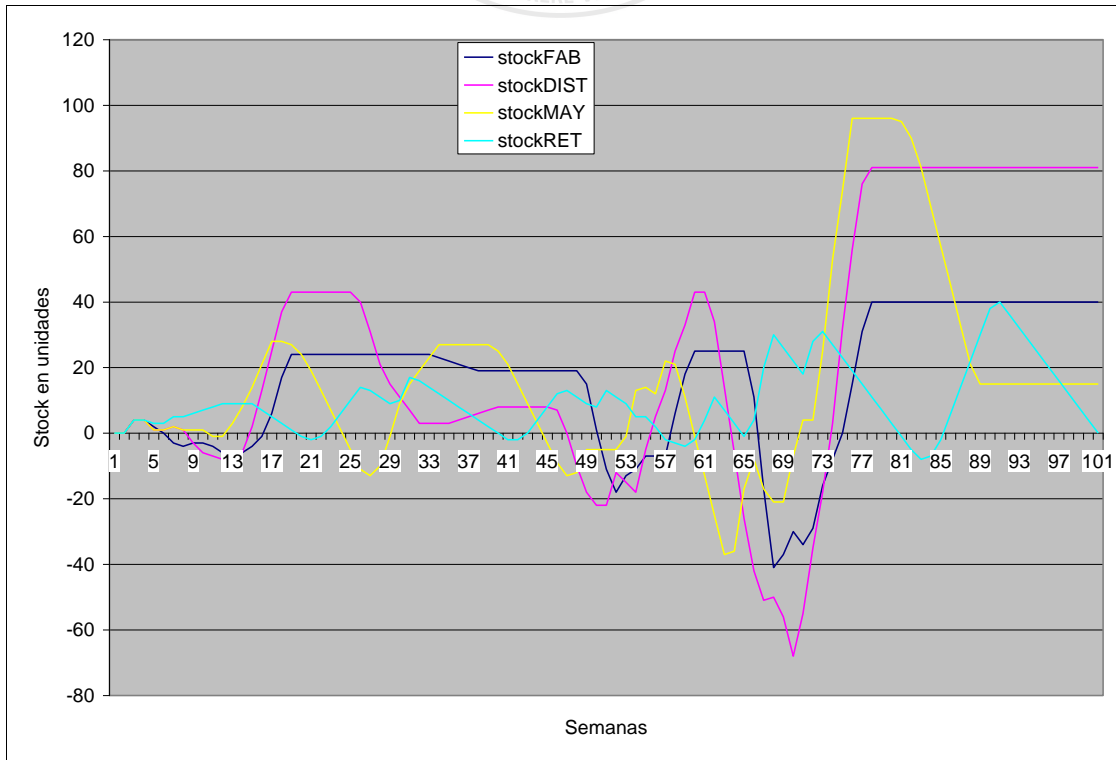


Gráfico 5 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “B”.

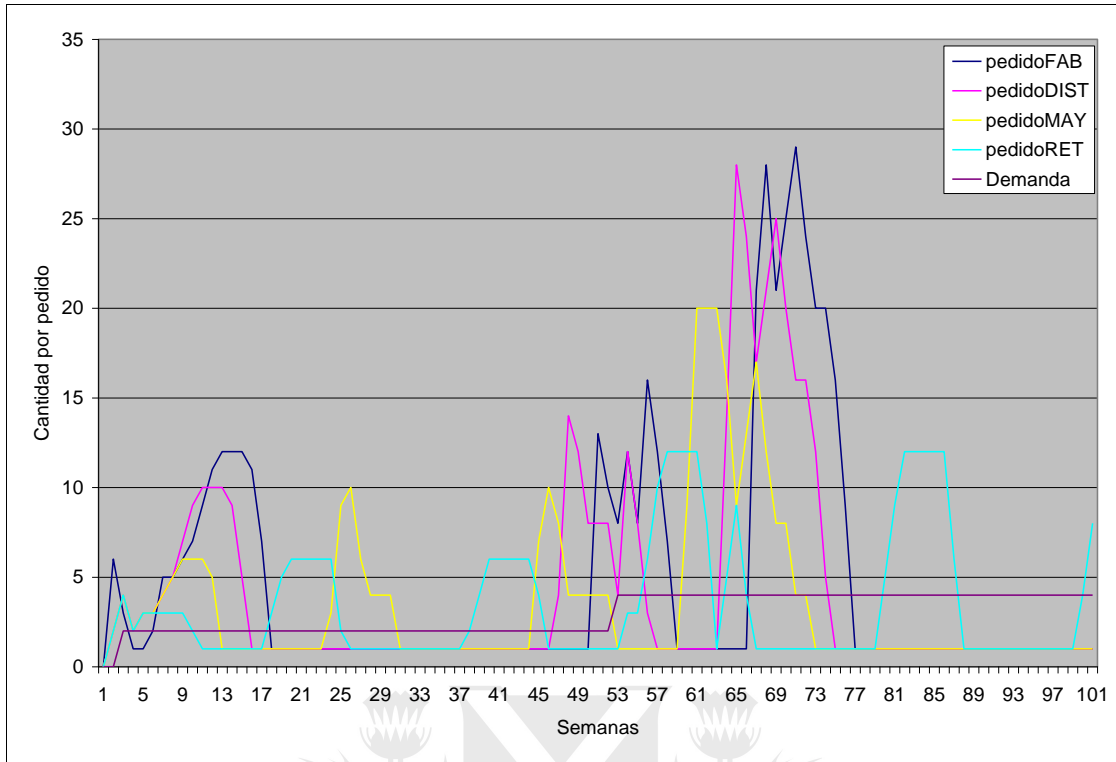


Gráfico 6 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “B”.

Resultados del escenario “C”.

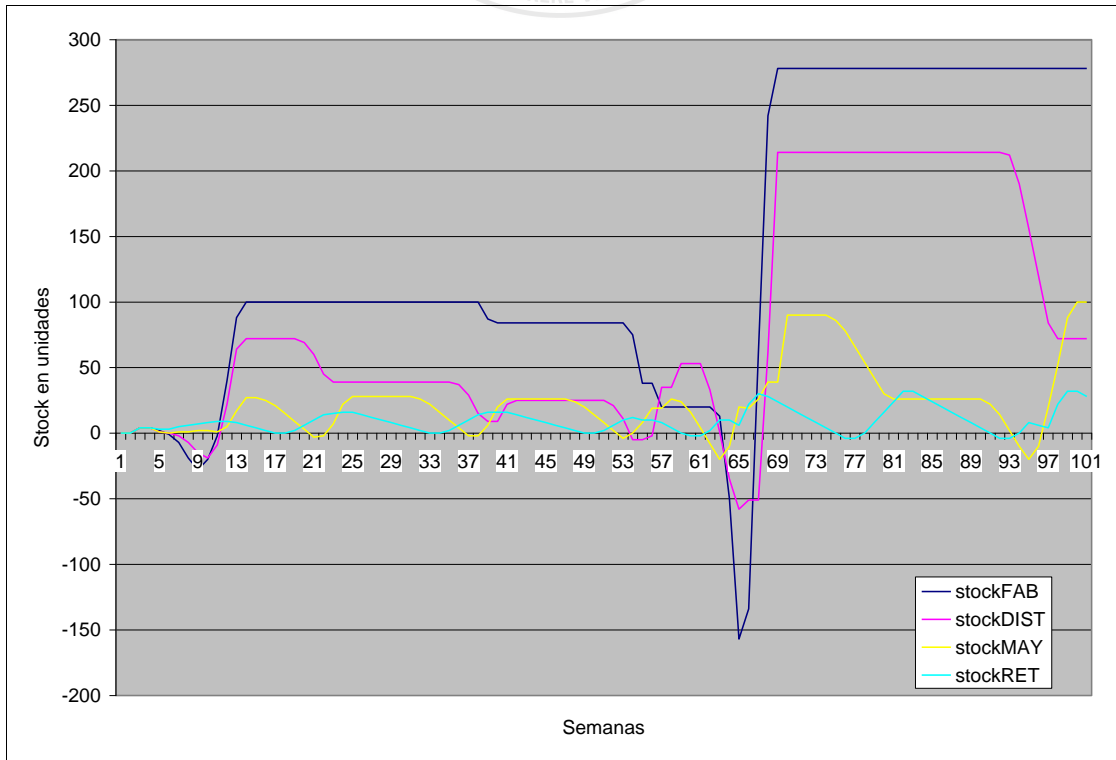


Gráfico 7 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “C”.

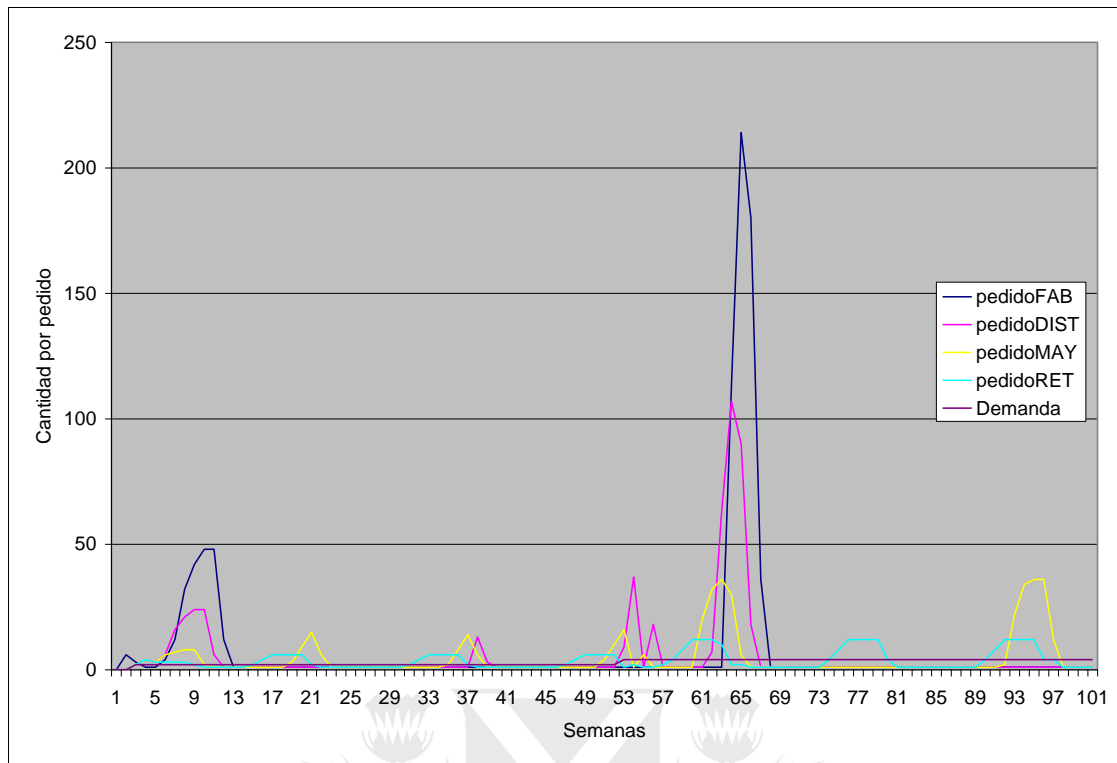


Gráfico 8 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “C”.

Resultados del escenario “D”

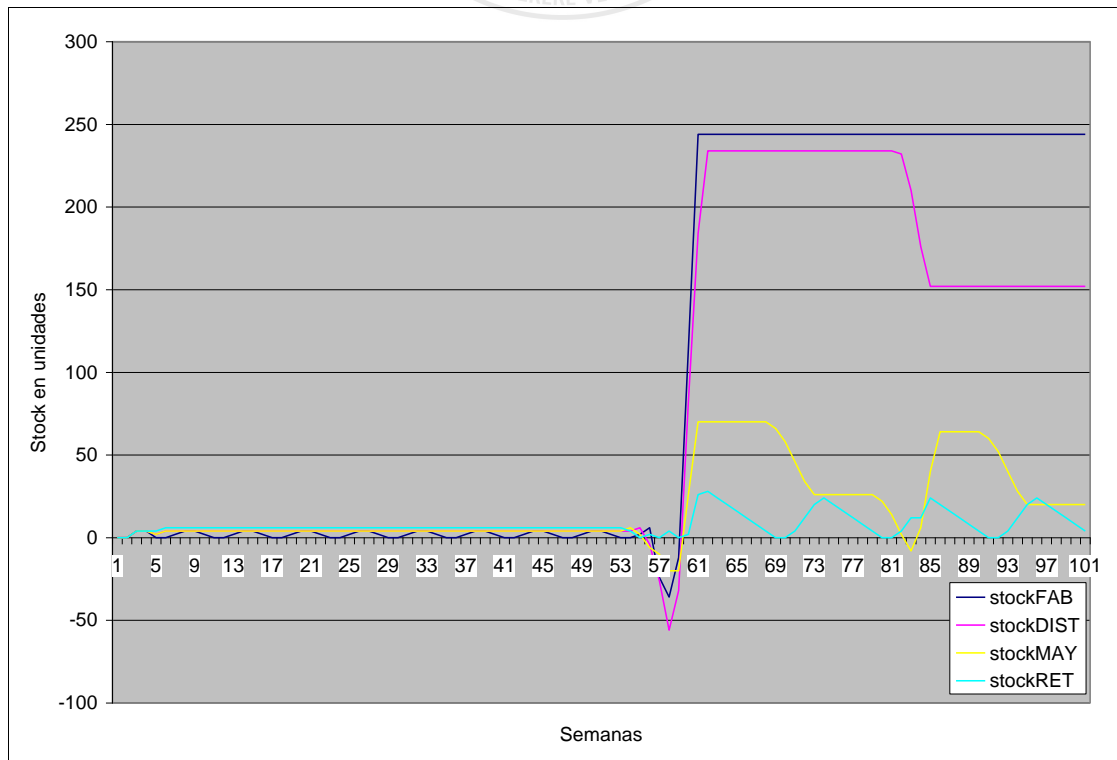


Gráfico 9 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “D”.

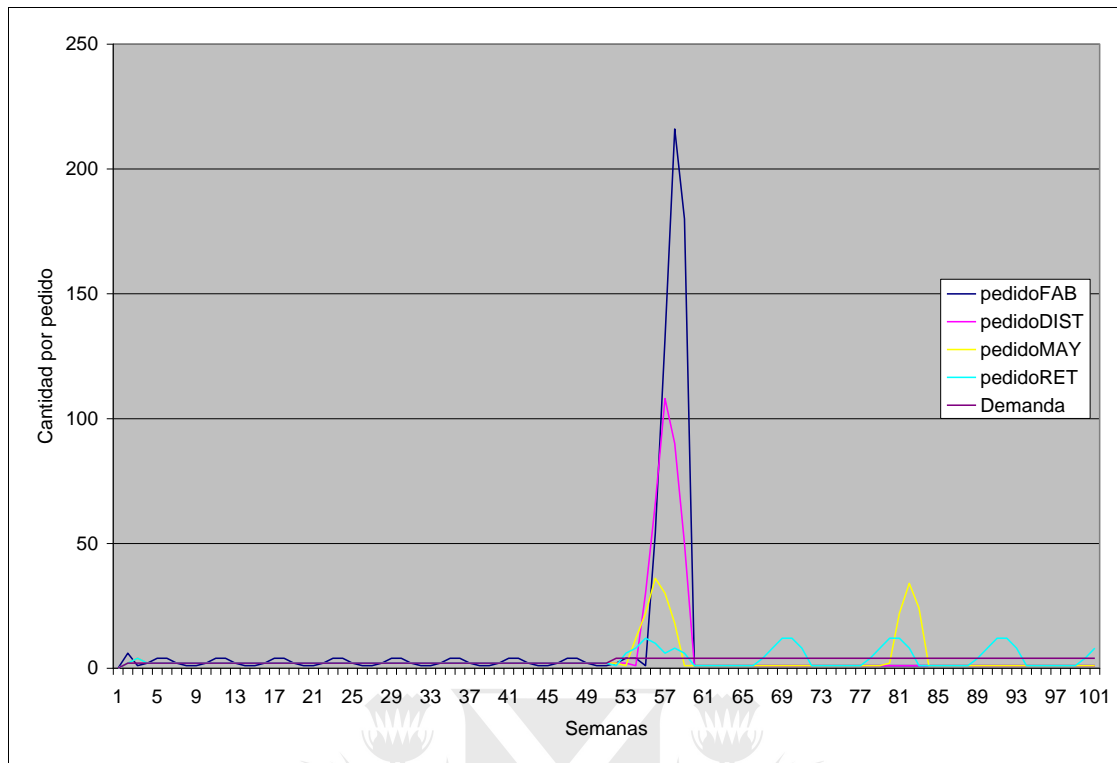


Gráfico 10 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “D”.

Resultados del escenario “E”.

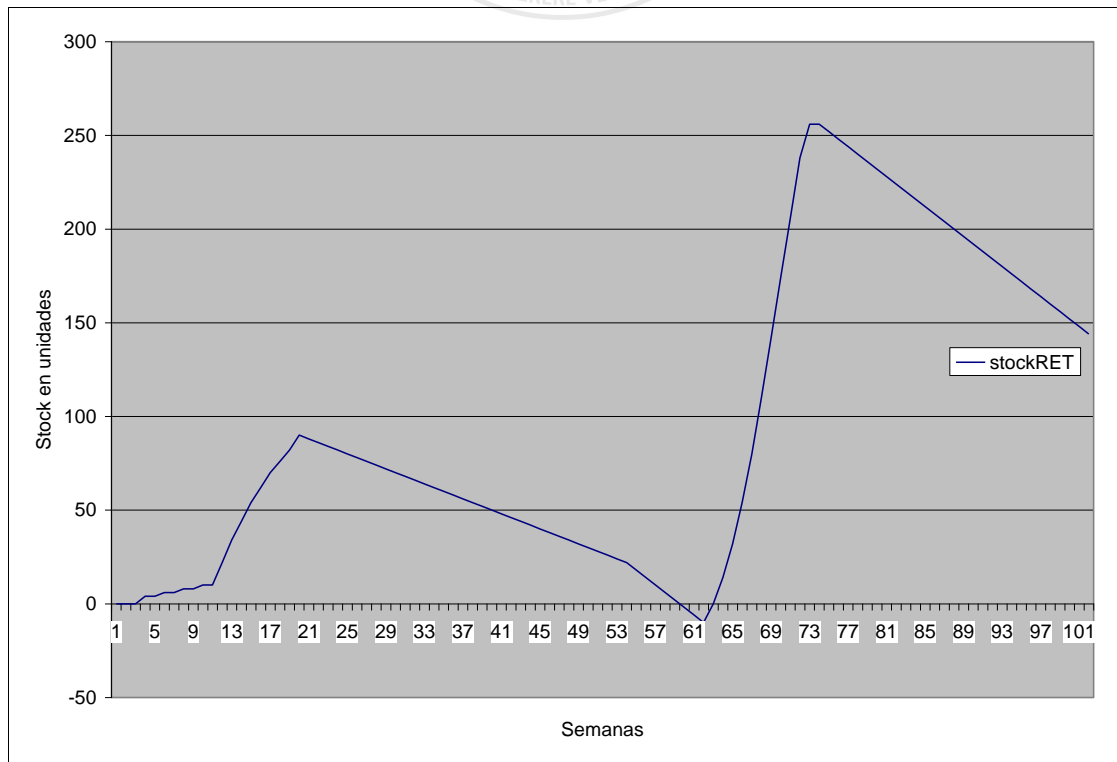


Gráfico 11 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “E”.

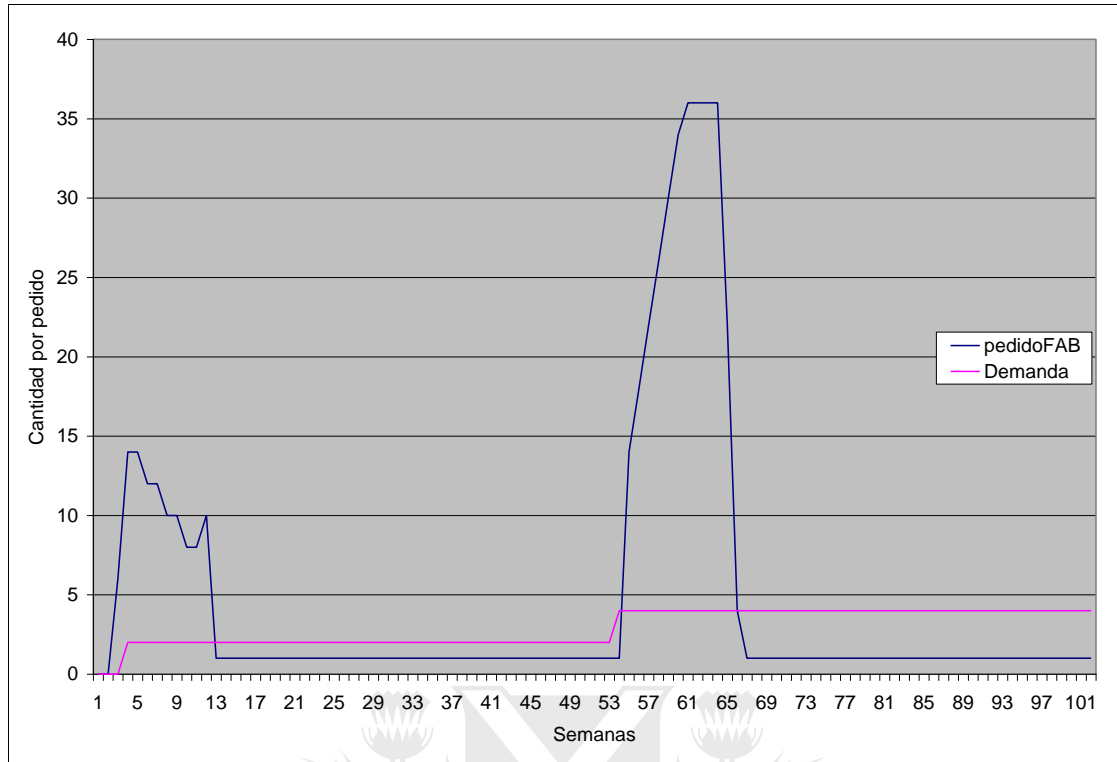
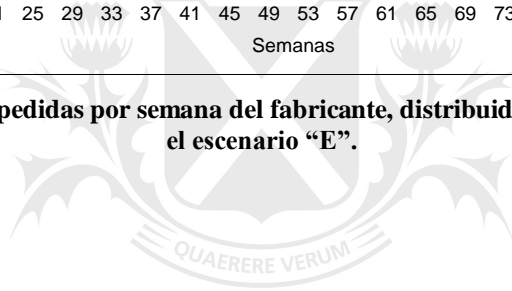


Gráfico 12 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “E”.



Universidad de
San Andrés

8. Conclusiones.

En primer lugar, se analizarán los resultados con respecto al costo total que implica cada modelo. En segundo lugar, se tomará en cuenta los resultados obtenidos en cuanto a las cantidades pedidas por jugador por semana en cada uno de los escenarios. Finalmente se hará una conclusión general sobre la síntesis de los dos análisis

Análisis de costos.

Para analizar los resultados obtenidos de la simulación, en primer lugar se pueden tomar los datos del nivel de stock y calcular el costo total de la cadena. Este costo se calculará de la siguiente manera: se sumarán todos los stock (sólo los positivos del gráfico) y se les sumará, multiplicado por 2 (dos) todos los quiebres de stock de los cuatro eslabones de la cadena. Con esta información se puede obtener el gráfico 13. En este gráfico se puede observar que los **modelos alternativos reducen**, en distinta medida, **los costos** con respecto al Modelo Base.

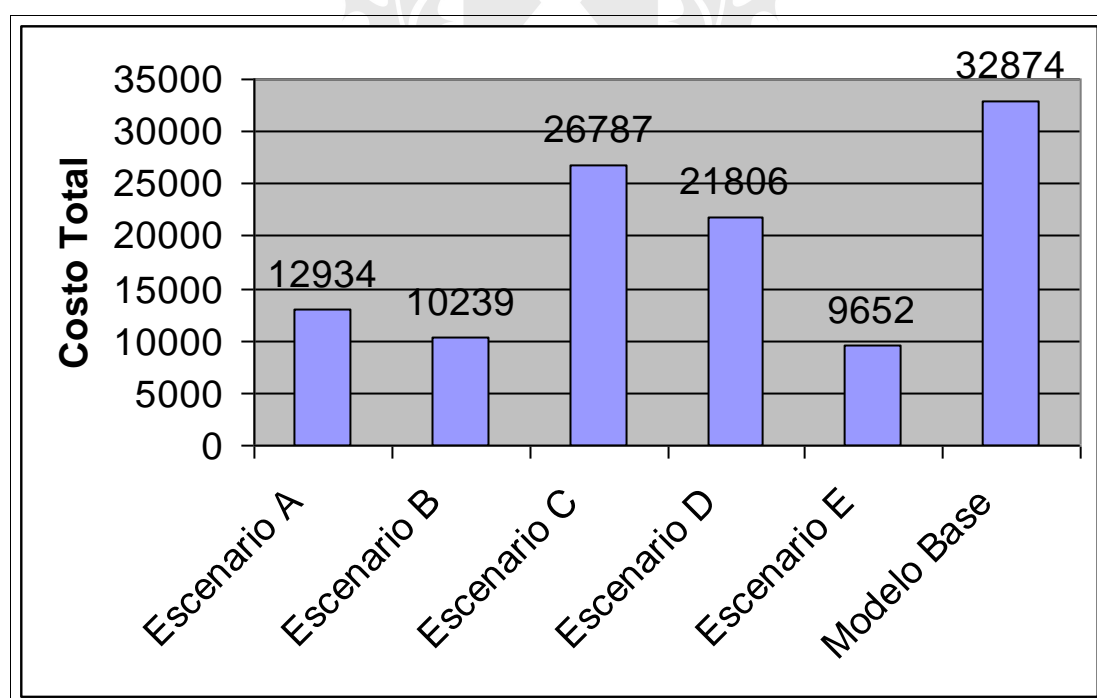


Gráfico 13 – Suma de los costos de cada uno de los modelos.

En los escenarios “A” y “B” el cambio que se les introdujo fue el que los todos los eslabones de la cadena conocieran la demanda del consumidor final. La primera conclusión a la que se puede llegar es que compartir información de la demanda final reduce los costos totales de la cadena.

En el caso del escenario “A” la información de la demanda se utilizaba en la ecuación de pedido tanto como para calcular el componente de stock de seguridad como para calcular la reposición. En este escenario el los costos en comparación con el Modelo Base se redujeron alrededor del 60%.

Sin embargo, en el escenario “A”, para la establecer la cantidad del pedido no se tuvo en cuenta la demanda del cliente inmediato para cada jugador. En el escenario “B”, en cambio, se tuvieron en cuenta tanto la demanda final como la demanda del cliente inmediato. En este caso, la reducción de costos con respecto al Modelo Base fue de casi el 70%.

Como segunda conclusión de estos modelos se puede establecer que compartir la información de la demanda sin desestimar la demanda del cliente inmediato resulta más eficaz para reducir el costo que provoca el efecto de amplificación de la demanda que desestimando este último.

El responsable de compartir información de la demanda final en estos escenarios es el retailer. Como se puede observar en la tabla 2, los costos del retailer para los tres modelos son similares. Sin embargo, aunque el retailer no obtenga ningún beneficio directo por compartir su información, que el resto de sus proveedores obtenga menores costos le resultará un beneficio indirecto. Esto es, si sus proveedores tienen menores costos, sus productos serán más baratos y entonces el retailer comprará mas barato y aumentará su margen.

Escenario A	Suma de stockFAB	5239
	Suma de stockDIST	3700
	Suma de stockMAY	2802
	Suma de stockRET	1193
TOTAL		12934
Escenario B	Suma de stockFAB	2549
	Suma de stockDIST	4060
	Suma de stockMAY	2534
	Suma de stockRET	1096
TOTAL		10239
Modelo Base	Suma de stockFAB	16514
	Suma de stockDIST	12114
	Suma de stockMAY	3056
	Suma de stockRET	1190
TOTAL		32874

Tabla 2 – Comparación discriminada de costos por eslabón de la cadena para el Modelo Base y los escenarios “A” y “B”.

En los escenarios “C” y “D” se redujo el lead time total en comparación al Modelo Base. En ambos escenarios se redujo el costo total con respecto al Modelo Base. En el

escenario “C” la reducción de costos fue de aproximadamente 19%. Esta reducción se debió a que se redujo el lead time de pedido en su totalidad.

En cambio, en el escenario “D” la reducción fue mayor al 33%. El cambio introducido en este escenario alternativo al Modelo Base fue que el lead time total se redujo a la mitad. Tanto el lead time de pedido como el de entrega se redujeron de 2 (dos) a 1 (una) semana cada uno.

Se puede concluir que es más eficaz la reducción del lead time de manera similar en sus dos componentes (el de pedido y el de entrega) que sólo eliminar el lead time de pedido. Sin embargo, este tipo de reducciones puede resultar muy costosa o, con las tecnologías existentes, físicamente imposible.

Finalmente, el escenario “E” es el que presenta reducciones mayores al 70%. El cambio que se propuso en esta alternativa fue unificar todo el stock de la cadena en el retailer y sea gestionado por el fabricante. Se puede concluir, en este caso que el escenario “E” es tan eficaz como el escenario “B”, dadas las condiciones de esta simulación, para paliar el efecto de amplificación de la demanda.

En este escenario los costos están asignados al retailer, pero pueden ser distribuidos entre cada uno de los integrantes o por completo al fabricante, que de todos modos obtendrá un beneficio con respecto al Modelo Base. Esto se explica en la tabla 3, en la que se puede observar que el costo del fabricante en el Modelo Base es de 16.514, mientras que el costo total del escenario “E” es de 9.652.

	Modelo Base	Escenario E
Suma de stockFAB	16514	0
Suma de stockDIST	12114	0
Suma de stockMAY	3056	0
Suma de stockRET	1190	9652
	32874	9652

Tabla 3 – Comparación de costos entre el Modelo Base y el escenario “E”.

Análisis de pedidos.

A diferencia del análisis de costos, en éste apartado se considerarán los resultados obtenidos en términos de pedidos. En el gráfico 14 se puede observar las barras que representan la suma de los pedidos máximos para cada escenario alternativo y el Modelo Base. Estas barras además, están divididas de manera tal que cada franja representa el mayor pedido de cada uno de los eslabones de la cadena.

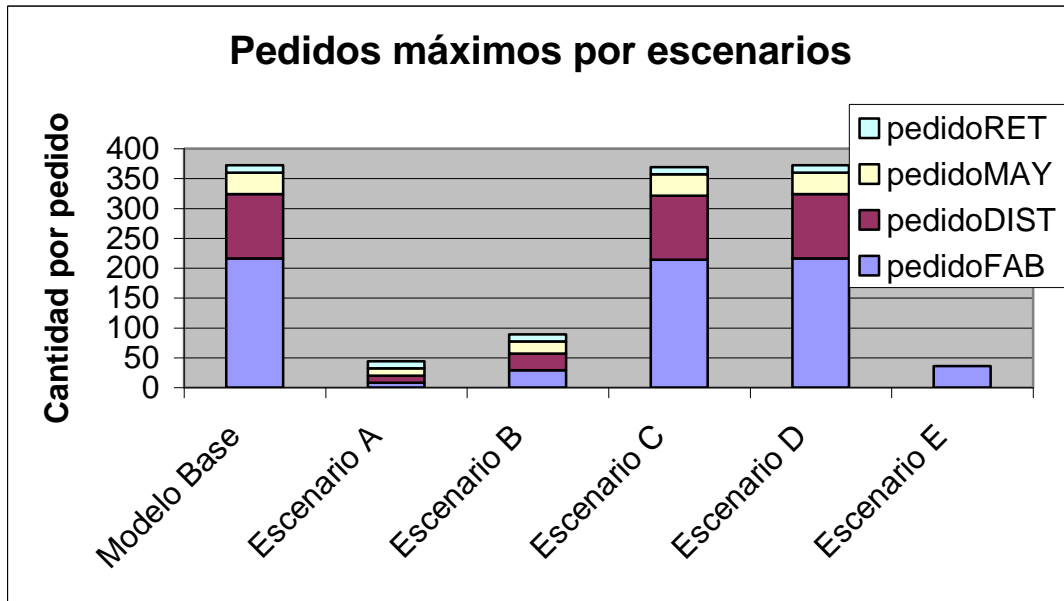


Gráfico 14 – Pedidos máximos por modelo, discriminado por eslabón de la cadena.

Uno de los problemas que causa el efecto de amplificación de la demanda es generar excedentes en horas de trabajo, cuellos de botella y trabajos urgentes. Mediante este análisis se busca determinar qué alternativa es más probable que genere menos de los efectos mencionados^{VI}. Teniendo en cuenta que el pedido mínimo es 0 (cero), el pedido máximo indicará el espectro dentro del cual estarán determinados todos los pedidos. Cuanto mayor sea la amplitud, mayor es la probabilidad que se provoque alguno de los efectos descritos anteriormente.

Como se puede observar en el gráfico 14, los escenarios que tienen un menor rango de variabilidad en sus pedidos son el “A”, “B” y “E”. En el caso de los escenarios “C” y “D”, cuya alternativa es la reducción en el lead time, su variación es casi tan amplia como la del Modelo Base.

Bajo este análisis, en los escenarios cuya alternativa para mitigar el efecto de amplificación de la demanda era compartir la información sobre la demanda del cliente final, el escenario “A” parece ser más eficaz que el “B” en cuanto a resolver la variabilidad en los pedidos. Como se observa en la tabla 4 en el escenario “E” (en el que el fabricante gestiona todo el stock concentrado en el retailer) el rango de la variación de los pedidos resulta aún menor (36, mientras que en escenario “A” es de 44).

^{VI} El efecto de amplificación de la demanda se observa, sobre todo, en la variabilidad de los pedidos “aguas arriba” en la cadena. La variabilidad en los pedidos causa los efectos descritos por Taylor (2000), como se vio en el marco teórico, tales como urgencias o cuellos de botella. Este indicador busca determinar qué tan probable de que ocurran estos efectos es, y no cuantas veces puede ocurrir.

	pedidoFAB	pedidoDIST	pedidoMAY	pedidoRET	TOTAL
Modelo Base	216	108	36	12	372
Escenario A	8	12	12	12	44
Escenario B	29	28	20	12	89
Escenario C	214	107	36	12	369
Escenario D	216	108	36	12	372
Escenario E	36	0	0	0	36

Tabla 4 – Pedidos máximos por jugador y por modelo.

Conclusión general – síntesis.

Existen tres soluciones para atenuar el efecto de amplificación de la demanda. La primera, consiste en compartir información entre los miembros de la cadena (también llamada reducir la incertidumbre); la segunda, en alinear la cadena de abastecimiento (también llamada aliarse con socios estratégicos); y la tercera, la eficiencia operativa (que puede verse reflejada en reducir los lead times) (Lee, et al., 1997b; Simchi-Levi, et al., 2000).

Los escenarios “A” y “B” son un indicio de que **compartir información** (de la demanda del consumidor final) **reduce el efecto de amplificación de la demanda**. Esto se puede observar en la reducción de costos de nivel de stock y en la reducción del rango de variabilidad. Sin embargo, en cuanto a costos, se puede establecer que existe una manera más eficaz de compartir información sobre el consumidor final. Esta alternativa es la planteada por el escenario “B” que utiliza la información de la demanda del consumidor final y la de su cliente inmediato para determinar la cantidad a pedir. Esta alternativa, como se ve en la tabla 5, reduce los costos totales de la cadena casi un 9% más que el escenario “A”. Sin embargo, en cuanto a reducir el rango de variabilidad, el escenario “A”, que considera sólo la demanda del consumidor final para determinar la cantidad de un pedido, lo reduce hasta un 12% más que el “B”.

El escenario “E” muestra que **alinear la cadena** (o tener socios estratégicos) **es la solución más eficaz**. Esta solución puede ser considerada un grado más profundo de compartir información, ya que no sólo se comparte información de niveles de stock o de demanda, sino que se comparte la gestión y los riesgos del negocio. En el escenario simulado, que el retailer concentre todo el stock y que el fabricante lo gestione, como se puede observar en la tabla 5, reduce los costos en más del 70% y reduce el rango de variabilidad en un 90% con respecto al Modelo Base.

Finalmente, los escenarios “C” y “D” muestran que la solución enfocada a la reducción del lead time tiene una eficacia parcial. Esto se explica en que, si bien estos

modelos reducen el costo total de la cadena (18,52% y 33,67% respectivamente), el rango de variabilidad de los pedidos, como se puede notar en la tabla 5, permanece casi intacto. Bajo las condiciones de estos modelos se puede concluir que **reducir el lead time no reduce la variabilidad**, aunque puede disminuir los costos totales de la cadena de abastecimiento.

	Pedidos Máximos		Costos	
	Total	Reducción	Total	Reducción
Modelo Base	372	0,00%	32874	0,00%
Escenario A	44	88,17%	12934	60,66%
Escenario B	89	76,08%	10239	68,85%
Escenario C	369	0,81%	26787	18,52%
Escenario D	372	0,00%	21806	33,67%
Escenario E	36	90,32%	9652	70,64%

Tabla 5 – Reducción de costos y de rango de variabilidad por escenario.



9. Futuras líneas de investigación.

El presente trabajo puede servir como punto de partida para futuras investigaciones utilizando la misma metodología. A continuación se hará una enumeración de las alternativas sugeridas por el autor.

1. Construir más escenarios alternativos, incluyendo complementar los escenarios actuales;
2. Agregar variabilidad a la demanda, e incluso volverla una variable aleatoria;
3. Que las compras sean por lotes;
4. Introducir la minimización del costo en la ecuación que toma la decisión de pedido, con costos más reales;
5. Agregar la opción de cancelar pedidos o hacer devoluciones;
6. Introducir la variable precio, y competencia directa entre jugadores;
7. Establecer límites de capacidad;
8. Que la duración de los lead times esté determinada por una variable aleatoria;
9. Representar con mayor precisión una cadena de abastecimiento observable en la realidad (por ejemplo la automotriz).

Universidad de
San Andrés

10. Bibliografía.

- BARRATT, Mark (2004). *Unveiling Enablers and Inhibitors of Collaborative Planning* En: International Journal of Logistics Management, Vol.15, No.1, p.73-90 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 17/09/05)
- BOLTON, Jamie (1998). *Effective Demand Management - Are you limiting the performance of your own supply chain?.* En: Gattorna, John (ed.) Strategic Supply Chain Alignment. Ashgate Publishing, Limited, p.138-156.
- CACHON, G. y FISHER, M (2000) *Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information.* En: Management Science, Vol.46 No.8 p.1032-1048 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 17/09/05)
- CHATFIELD, D.; KIM, J.; HARRISON, T. y HAYYA, J. (2004) *The Bullwhip Effect-Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality and Information Sharing: A Simulation Study.* En: Production & Operations Management. Vol.13 No.4, p.340-353 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 27/10/05)
- FORRESTER, J. Industrial Dynamics. Estados Unidos: Productivity Press, 1961.
- FORRESTER, J. Principles of Systems. Estados Unidos: Productivity Press, 1990.
- GE, Y.; YANG, J.; PROUDLOVE, N. y STRING, M. (2004) *System dynamics modelling for supply-chain management: A case study on a supermarket chain in the UK.* En: International Transactions in Operational Research, Vol.11 No. 5, p.495-509 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 27/10/05)
- Global Supply Chain Forum (GSCF), <http://fisher.osu.edu/centers/scm/about-us/mission>, 09/11/2005
- KELTON, W; SADOWISKY, R y SADOWISKY, D. Simulation with Arena. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2001.
- LAMBERT, Douglas M. *Supply Chain Management.* En: Lambert, Douglas M. (ed) Supply Chain Management: processes, partnerships, performance. Estados Unidos: Supply Chain Management Institute, 2004
- LEE, H.; PADMANABHAN, V. y WHANG, S. (1997a) *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect* En: Management Science, vol.43 No.4 p.546-558 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 15/10/05)
- LEE, H.; PADMANABHAN, V. y WHANG, S. (1997b) *The Bullwhip Effect in Supply Chains* En: Sloan Management Review, vol.38 No.3 p.93-102 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 09/08/05)

PORTER, Michael. Estrategia Competitiva. Editorial Rei, 1991.

PORTER, Michael (1998). *Cluster and the New Economic Competition* En: Harvard Business Review, vol.77 No.2 p.77-90 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 17/04/06)

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P. y SIMCHI-LEVI, E. Designing and Managing the Supply Chain. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2000

SMÁROS, Johanna (2003). *Collaborative Forecasting: A Selection of Practical Approaches* En: International Journal of Logistics, Vol.6, No.4, p.245-258 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 17/09/05)

SODHI, M (2004) *An Exact Quantification of the "Core" Bullwhip Effect*, Working Paper, Cass Business School.

STERMAN, J. (1989) *Modeling Managerial Behaviour: Misperception of Feedback in a Dynamic decision making experiment*. En: Management Science, Vol.35, p.321-339

TAYLOR, D (2000) *Demand amplification: has it got us beat?* En: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol.30 No.6 p.515-533 (Business Source Premier) <http://www.epnet.com/ehost/login.html> (Consultado: 09/08/05)



11. Índice de esquemas.

Esquema 1 – Ejemplo de prácticas de management que inducen variabilidad en la demanda.	8
Esquema 2 – El efecto de amplificación de la demanda: aumento en la variación de las órdenes “aguas arriba” – Lee, et al. (1997b).....	9
Esquema 3 – Representación del funcionamiento del Modelo Base.	19
Esquema 4 – Comportamiento de la demanda para todos los modelos	20
Esquema 5 – Representación de la dinámica para cada eslabón por período.....	21
Esquema 6 – Ejemplo de la dinámica de pedidos y entregas en la cadena.....	23
Esquema 7 – Ejemplo de amplificación de la demanda debido a la actualización de pronósticos.	25
Esquema 8 – Representación del funcionamiento del escenario A.....	28
Esquema 9 – Representación del funcionamiento del escenario C.	29
Esquema 10 – Representación del funcionamiento del escenario C.	30
Esquema 11 – Representación del funcionamiento del escenario D.....	31
Esquema 12 – Impacto del Retailer en la demanda en la cadena.	32
Esquema 13 – Representación del funcionamiento del escenario E.	33

12. Índice de ecuaciones.

Ecuación 1 – Ecuación genérica de decisión del modelo base.....	22
Ecuación 2 – Escenario A	27
Ecuación 3 – Escenario B	28
Ecuación 4 – Escenario C.	29
Ecuación 5 – Escenario D.	30
Ecuación 6 – Escenario E.	33

13. Índice de gráficos.

Gráfico 1 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el modelo base.	34
Gráfico 2 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el modelo base.	35
Gráfico 3 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “A”	35

Gráfico 4 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “A”	36
Gráfico 5 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “B”	36
Gráfico 6 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “B”	37
Gráfico 7 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “C”	37
Gráfico 8 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “C”	38
Gráfico 9 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “D”	38
Gráfico 10 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “D”	39
Gráfico 11 – Cantidades en stock por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “E”	39
Gráfico 12 – Cantidades pedidas por semana del fabricante, distribuidor, mayorista y retailer en el escenario “E”	40
Gráfico 13 – Suma de los costos de cada uno de los modelos.	41
Gráfico 14 – Pedidos máximos por modelo, discriminado por eslabón de la cadena.	44

14. Índice de tablas.

Tabla 1 – Configuración de los Escenarios: el modelo base y 5 (cinco) escenarios alternativos.	26
Tabla 2 – Comparación discriminada de costos por eslabón de la cadena para el modelo base y los escenarios “A” y “B”	42
Tabla 3 – Comparación de costos entre el modelo base y el escenario “E”.	43
Tabla 4 – Pedidos máximos por jugador y por modelo.	45
Tabla 5 – Reducción de costos y de rango de variabilidad por escenario.	46

15. Glosario.

Supply Chain Management – Gestión de la cadena de abastecimiento – p. 7

Demand Management – Gestión de la demanda – p. 7

Efecto de amplificación de la demanda – bullwhip effect – p. 8

“Core” bullwhip effect – p. 12

16. Anexos

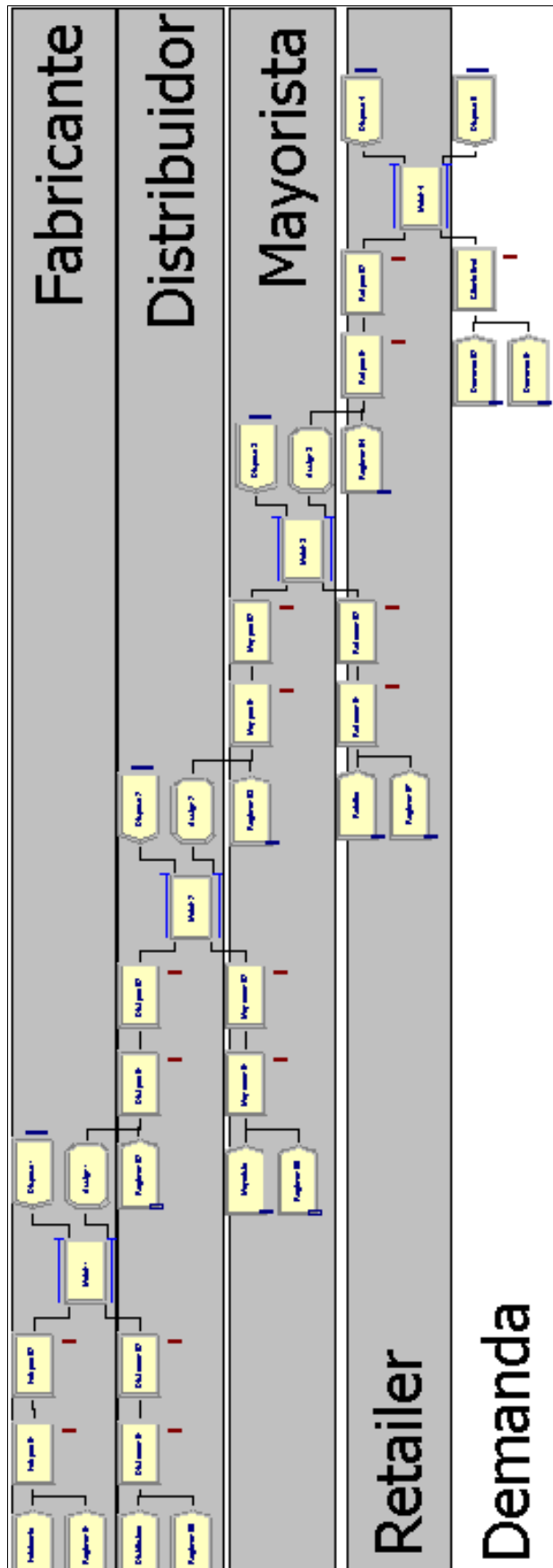
Anexo 1 – Desvío estándar de los pedidos en el Modelo Base.

Desvío estándar				
pedidoFAB	pedidoDIST	pedidoMAY	pedidoRET	Demanda
33,90120475	18,12766061	7,420923056	3,915114151	1,079420453

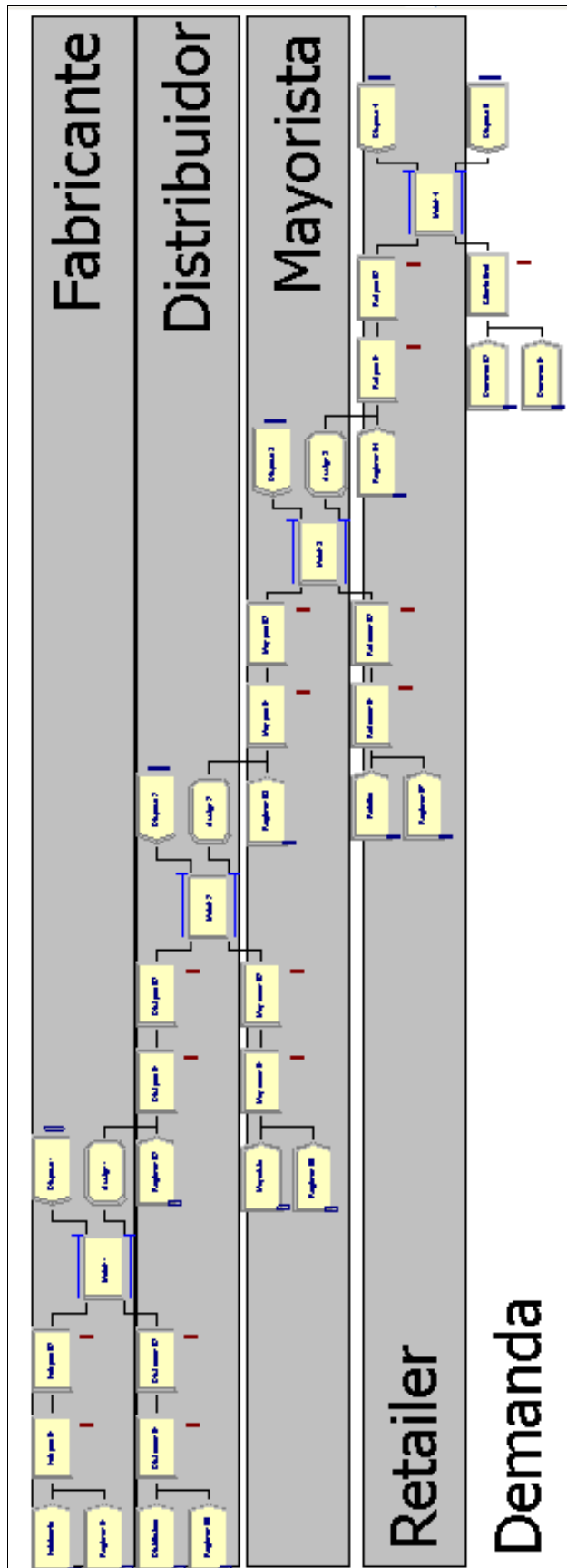


Universidad de
San Andrés

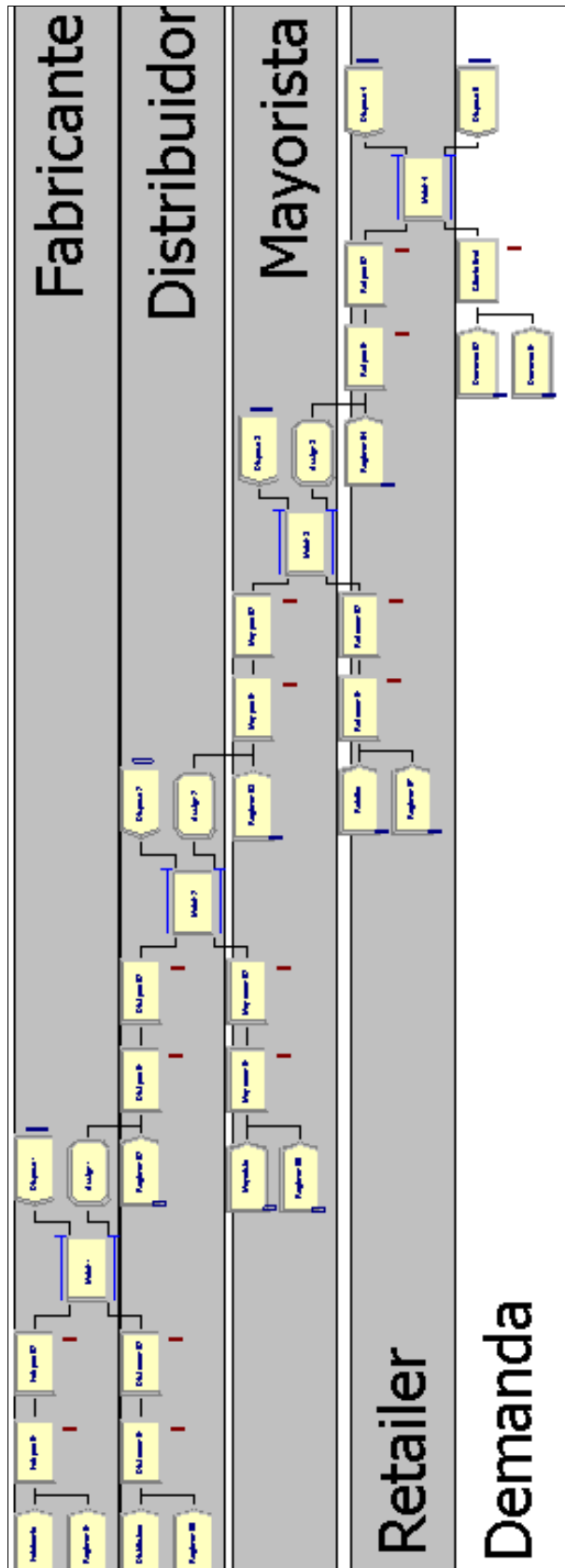
Anexo 2 – Vista del modelo en el software del Modelo Base.



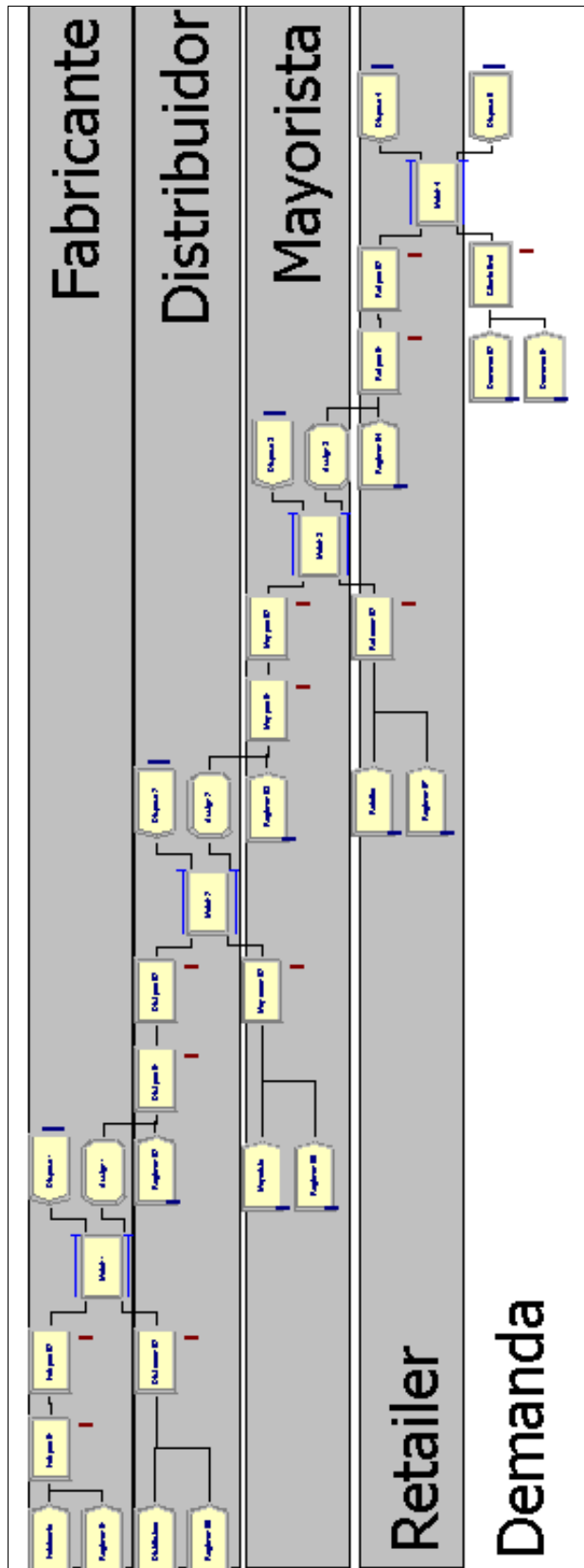
Anexo 3 – Vista del modelo en el software del escenario “A”.



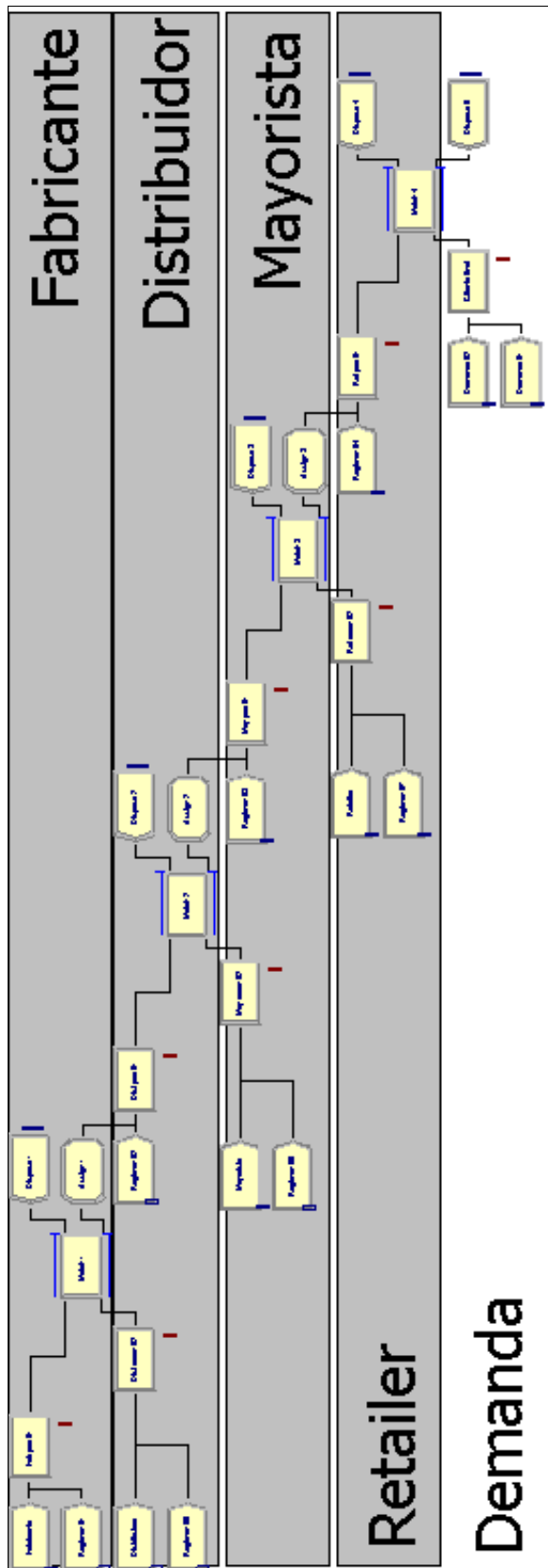
Anexo 4 – Vista del modelo en el software del escenario “B”.



Anexo 5 – Vista del modelo en el software del escenario “C”.



Anexo 6 – Vista del modelo en el software del escenario “D”.



Anexo 7 – Vista del modelo en el software del escenario “E”.

