

Análisis del Efecto de la Incertidumbre en Parámetros de Modelos de Inventario Utilizando Árboles de Decisiones

Publicado en Revista UPIICSA, IPN, Vol. V, núm. 32, pp. 2-8, agosto 2003.

*Thelma Patricia Tepepa Rincón¹
y Roberto Ley Borrás²*

Introducción

Uno de los problemas clásicos de ingeniería industrial es la administración de inventarios; la importancia económica y operativa de los inventarios, y la omnipresencia de los mismos en el ámbito empresarial, hace que éste sea un problema significativo y vigente.

Una herramienta analítica para resolver este problema son los modelos de inventario del tipo cantidad económica de pedido; éstos permiten calcular el tamaño óptimo de las ordenes para diferentes condiciones típicas, minimizando los costos más relevantes de llevar el inventario.

En la formulación y aplicación de estos modelos se asume que el valor de sus parámetros es constante y conocido con certeza; desde luego, esto no sucede en la práctica. Así pues, quien desee utilizar estos sencillos y prácticos modelos en un ambiente real se enfrenta a tres retos:

- 1) cómo integrar en los modelos, de manera práctica, la incertidumbre en el parámetro,
- 2) cómo determinar el impacto económico de la incertidumbre y
- 3) cómo determinar el efecto que tienen los cambios en otros parámetros del modelo en el impacto económico del parámetro incierto.

Este trabajo da respuesta a estas tres preguntas para cinco de los modelos de cantidad económica de pedido existentes.

El primer reto es abordado considerando que lo que se enfrenta es esencialmente una

¹ Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial con concentración en Análisis de Decisiones por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Especialista de la Competencia de Economía del Instituto Mexicano del Petróleo sede Villahermosa, Tab. ttepepa@imp.mx.

² Doctor en Ingeniería de Sistemas Económicos con concentración en Análisis de Decisiones por Stanford University. Profesor Investigador de Análisis de Decisiones en la División de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. robertoley@decidir.org.

situación de decisión bajo incertidumbre y que por lo tanto puede modelarse mediante un árbol de decisiones; el árbol de decisiones permite considerar diferentes tamaños de pedido como alternativas a elegir, y diferentes valores del parámetro incierto pueden modelarse como sucesos en un evento incierto y asignarles probabilidades de ocurrencia. Al resolver este modelo, se obtiene la alternativa óptima (el tamaño de pedido) que minimiza el valor esperado de llevar el inventario. Los modelos de inventario analizados en este trabajo son:

- modelo con faltantes permitidos,
- modelo con descuentos por cantidad,
- modelo de producción de un sólo artículo,
- modelo de producción de artículos múltiples y
- modelo de artículos múltiples con restricciones.

El segundo reto, el impacto económico de la incertidumbre, se refiere a la diferencia en costo esperado (costo adicional) por conocer sólo la distribución de probabilidad del parámetro en lugar de conocer el parámetro con certeza. Este incremento de costo se obtiene calculando el valor esperado de la información perfecta sobre ese parámetro.

El tercer reto, el efecto que tienen los cambios en otros parámetros del modelo en el impacto económico del parámetro incierto, se aborda realizando análisis de sensibilidad de la información perfecta (respecto al parámetro tratado probabilísticamente) cuando hay variaciones en los otros parámetros.

El enfoque presentado en este trabajo se puede aplicar a cualquier modelo de inventario para determinar la cantidad óptima a pedir teniendo incertidumbre en algún parámetro, y determinar si se justifica la adquisición adicional de información. Esta es una buena noticia y, además, hay un conjunto de modelos de inventario en los que, en la práctica, no hay siquiera necesidad de evaluar la conveniencia de adquirir información adicional; son modelos tan robustos que prácticamente no son afectados por la incertidumbre en ciertos parámetros.

A continuación se describe el enfoque utilizado y se identifican los modelos robustos, los que no lo son y, para éstos últimos, las condiciones en las que existe mayor variabilidad en

el valor esperado de la información perfecta.

1. Modelando la decisión sobre el tamaño de pedido

Una manera de determinar el tamaño óptimo de pedido es el uso de modelos predeterminados. Los modelos tradicionales de inventario tienen las ventajas de ser muy sencillos de usar, de incluir los parámetros económicos de más importancia, y de dar la solución óptima (la de costo mínimo) si se cumplen los supuestos del modelo (Fogarty, Blackstone y Hoffman 1995, Hopeman 1986, Montgomery y Johnson 1976). Sin embargo, los modelos tradicionales asumen que el valor de los parámetros tasa de demanda, tasa de producción, costo por unidad, costo de ordenar un pedido y el costo de llevar el inventario por unidad, entre otros, son conocido con certeza; cuando estos supuestos no se cumplen, puede ser inapropiado usar dichos modelos.

Para ampliar el ámbito de uso de estos modelos, en este trabajo se propone integrarlos a un modelo de decisión que facilite incluir la incertidumbre de los parámetros tasa de demanda, tasa de producción y costo de llevar el inventario por unidad, entre otros.

Árbol de decisiones

Para integrar el modelo de inventario a un análisis de decisiones, y tomar en cuenta la incertidumbre, se utiliza un *árbol de decisiones* en el que se expresan las alternativas de cuanto ordenar y los posibles resultados del parámetro incierto (Clemen 1991, Ley Borrás 1996). La Figura 1 representa en forma general la situación de decisión sobre la cantidad a ordenar. El nodo cuadrado representa a la decisión y de dicho nodo emergen ramas que representan las alternativas: las diferentes cantidades a ordenar.

Cada una de las alternativas llega a un nodo redondo de incertidumbre y de cada uno de estos nodos emergen ramas que representan los diferentes valores que puede tomar el parámetro incierto; el número sobre cada rama indica la probabilidad de ocurrencia del suceso. Los resultados monetarios anotados en el extremo derecho de cada rama final indican las consecuencias de las combinaciones de alternativas seleccionadas y sucesos ocurridos.

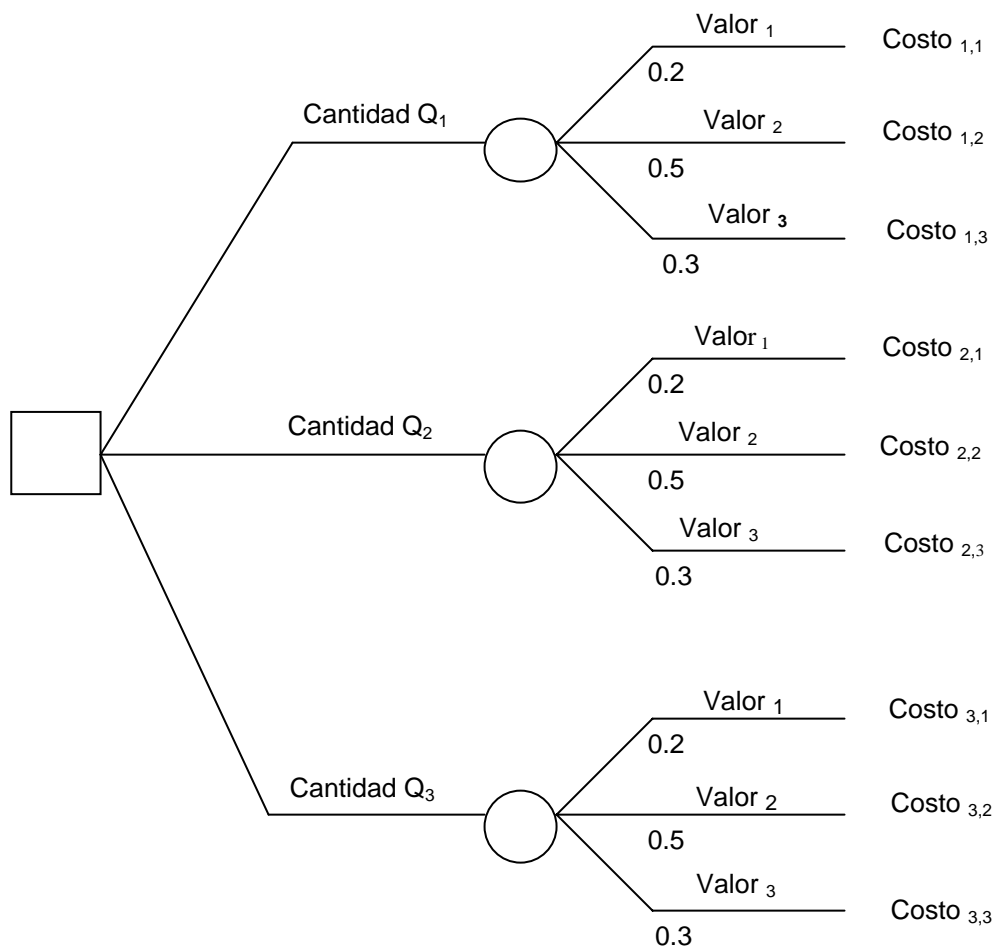


Figura 1. Árbol de decisiones con las alternativas de cantidad a ordenar.

Definición de sucesos

El evento incierto en este árbol de decisión es el nivel del parámetro y los sucesos son los posibles valores que puede tomar el parámetro. El parámetro puede ser el costo de llevar el inventario, el costo de ordenar, la demanda o cualquier otro que se utilice en el modelo de inventario. El parámetro generalmente puede tomar cualquier valor dentro de un rango, pero para facilitar su uso en el árbol de decisiones, se discretiza; esto es, se representa mediante una distribución de probabilidad discreta. Por ejemplo, si se tiene incertidumbre sobre el costo unitario de llevar el inventario, ésta se puede expresar como un conjunto de valores con sus respectivas probabilidades, tal como: ($\$8.6$, $.07$), ($\$9.4$, $.18$), ($\$11.0$, $.20$), ($\$11.8$, $.30$), ($\$13.8$, $.25$) y representar como un histograma como el de la Figura 2. Si se

supiera cual de esos cinco valores va a ser el verdadero costo de llevar el inventario, se podría utilizar el modelo de inventario para calcular la cantidad óptima a pedir y simplemente ordenar ese valor para resolver el problema.

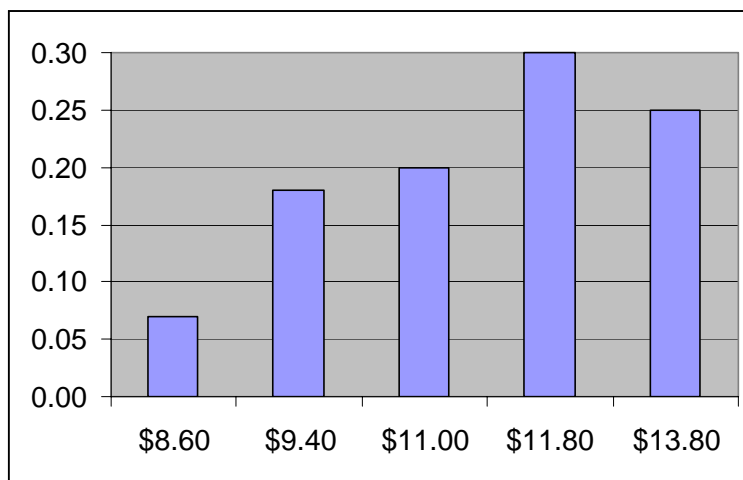


Figura 2. Ejemplo de distribución de probabilidad de un parámetro

Definición de alternativas

Las alternativas son las diferentes cantidades que se pueden ordenar, esto es, los tamaños de pedido. El tamaño de pedido puede estar limitado a cantidades fijas predeterminadas por los medios de transporte, empaque o almacenamiento, aunque también es común que se puede hacer un pedido de cualquier cantidad (en un cierto rango). En ambos casos, para usar el árbol de decisiones se selecciona un conjunto de tamaños de pedido que abarquen el rango de tamaños de pedido que sería conveniente hacer. Por ejemplo, si lo menos que es razonable pedir es 3,000 y lo más que es razonable pedir es 6,000, se pueden definir alternativas (tamaños de pedidos) de 3,000, 4,000, 5,000 y 6,000, para posteriormente evaluar cada una y determinar cuál es la mejor.

Una mejor manera de determinar las alternativas a evaluar, es partir de cada uno de los valores discretizados del parámetro incierto para calcular el tamaño óptimo de pedido utilizando la fórmula del modelo de inventario. De esta manera se definen tantas alternativas como valores (discretizados) se tengan del parámetro. Cada alternativa será el tamaño óptimo del pedido para el correspondiente valor del parámetro.

Un ejemplo de la determinación de estas cantidades óptimas para cada valor del parámetro (de las cuales deseamos identificar la óptima para la situación de decisión) se muestra en la Figura 3, para un modelo de inventario con descuentos por cantidad. La cantidad indicada en la tercera columna es óptima si (condicionada en que) el costo de llevar el inventario es precisamente el que aparece en la segunda columna de ese renglón. La cuarta columna muestra el costo total si se ordena la cantidad indicada en la tercera columna y el costo de llevar el inventario es el que aparece en la segunda columna. La primera columna indica la probabilidad de que suceda cada uno de los costos individuales.

Si el decisor supiera por adelantado cual sería el costo de llevar el inventario (si tuviera información perfecta), simplemente ordenaría la cantidad indicada por el modelo (columna 3) y obtendría el costo correspondiente de la columna 4. El costo esperado con información perfecta es el promedio ponderado del Costo Total Óptimo Condicionado de cada uno de los sucesos del evento, esto es, la suma de los productos de las celdas de la columna 1 y columna 5 para cada renglón, que se muestra al final de la columna 4. Este sería el costo ponderado si se tuviera clarividencia sobre el valor del parámetro. Pero si no se conoce con anticipación el valor del parámetro, cualquier alternativa seleccionada “enfrenta” la incertidumbre del valor del parámetro, como lo muestra el árbol de decisiones de la Figura 1.

(1)	(2)	(3)	(4)
Probabilidad de cada costo	Costo de Llevar el Inventario por unidad	Cantidad Óptima Condicionada	Costo Total Óptimo Condicionado
0.07	\$8.6	5,283	\$45,431
0.18	\$9.4	5,053	\$47,497
0.20	\$11.0	4,671	\$51,381
0.30	\$11.8	4,510	\$53,217
0.25	\$13.8	4,170	\$57,550
Costo esperado con información perfecta =			\$52,358

Figura 3. Cantidad óptima y costo total si se conoce por anticipado el valor del parámetro

Optimalidad de la alternativa seleccionada

Al seleccionar una alternativa (tamaño de pedido), no se sabe de antemano cuál será el costo de esa elección. Si el valor del parámetro resulta ser el que se usó para calcular la cantidad que corresponde a esa alternativa, el costo total de esa alternativa será el menor posible (el menor obtenible con cualquiera de las alternativas seleccionadas). Por ejemplo, si se seleccionó la Alternativa 3 (ordenar Q_3) y el costo de llevar el inventario resulta ser \$11.0 (el valor usado para calcular Q_3), el costo será \$51,381. Pero si el costo de llevar el inventario es menor o mayor, digamos \$8.6 o \$13.8, el costo será mayor que el que se hubiera obtenido seleccionando la Alternativa 1 o la Alternativa 5 respectivamente. Esto es, para otros valores del parámetro incierto (diferentes a \$11), Q_3 es subóptima.

La Figura 4 muestra un ejemplo detallado del modelo de decisión con incertidumbre para el tamaño óptimo. En este árbol se indican las alternativas o cantidades a ordenar (columna B), el costo ponderado que se obtiene con cada alternativa (columna C), el porcentaje incierto que afectará al costo de llevar el inventario (columna D), el costo de ordenar anual (columna E), el costo de llevar el inventario anual (columna F) y el costo total (columna G) de cada una de las combinaciones hechas entre la decisión de qué cantidad óptima ordenar y los posibles resultados del parámetro incierto. La columna A indica el costo de la mejor alternativa (la alternativa 4 tiene el menor costo). De esta sencilla manera se ha integrado la incertidumbre del parámetro con el modelo tradicional de inventario, para seleccionar la cantidad a ordenar que minimiza el costo total bajo estas condiciones. Pero todavía se puede obtener más información de este modelo.

Valor de la información perfecta

El valor esperado de la información perfecta (McNamee y Celona 1989, Ley Borrás 2001) para esta situación de decisión se obtiene como la diferencia entre el costo esperado con información perfecta (Figura 3) y el costo esperado con incertidumbre (columna A). En este caso el valor es $\$52,504 - \$52,358 = \$146$. Esto es lo más que un decisor (neutral al riesgo) debería pagar por eliminar completamente la incertidumbre en el parámetro analizado, y es un indicador del efecto de la incertidumbre en esta situación de decisión. Como puede verse, en este caso particular el valor de la información perfecta no es muy alto en comparación con el costo total. Además, debe tomarse en cuenta que la

información que realmente se puede obtener, por ejemplo la estimación del costo de llevar el inventario realizada por un especialista, no es perfecta y por lo tanto tiene un valor menor.

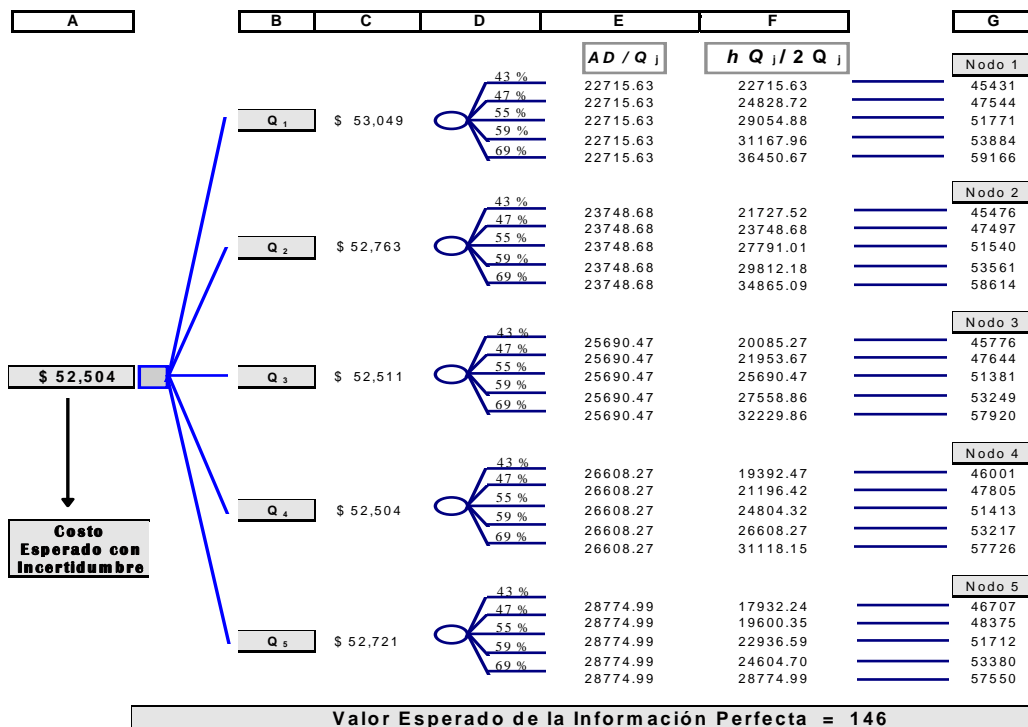


Figura 4. Árbol de decisión del modelo con descuentos por cantidad

3. Análisis de Sensibilidad del Valor Esperado de la Información Perfecta

El valor de la información perfecta depende de la situación de decisión (el modelo de inventario) y de los valores de los parámetros. Para conocer su comportamiento se calculó el valor esperado de la información perfecta (VEIP) para diferentes modelos de inventario y los principales parámetros que pueden ser inciertos en cada modelo. En muchos de los casos se encontró que el valor de la información perfecta era muy bajo, implicando que aunque existía incertidumbre, ésta no tenía un gran efecto en el costo de llevar el inventario (con respecto a la situación ideal de tener información perfecta sobre el valor futuro del parámetro). Aunque el valor pequeño del VEIP indica robustez del modelo ante la incertidumbre en el parámetro, existía la posibilidad de que el bajo valor de la VEIP se debiera a los valores particulares asignados a los otros parámetros y, tal vez, al cambiar

éstos, el VEIP podía ser más alto. Al explorar el efecto de las variaciones se encontró que en la mayoría de los casos, los cambios en los otros parámetros no tuvieron efecto significativo en el VEIP. Sin embargo, en otros casos la variación de los parámetros afectó grandemente el VEIP.

Este análisis de sensibilidad del valor de la información perfecta a los cambios en parámetros clave de cada modelo se realizó de la siguiente manera: a partir del árbol de decisiones con el que se calcula el VEIP respecto a un cierto parámetro incierto, se exploró el comportamiento del VEIP al variar, uno a la vez, otros de los parámetros del modelo. Se analizó la sensibilidad de los modelos a la incertidumbre en el costo de llevar el inventario, en la tasa de demanda y en la tasa de producción.

Los modelos analizados con incertidumbre en el *costo de llevar el inventario* por unidad son: el modelo con faltantes permitidos, el modelo con descuentos por cantidad, el modelo de artículos múltiples con restricciones, y los modelos de producción de un sólo artículo y de artículos múltiples; y los analizados con incertidumbre en la *tasa de demanda* y en la *tasa de producción* son: el modelo de producción de un sólo artículo y el modelo de producción de artículos múltiples. En las siguientes secciones se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cada modelo y parámetro en particular, agrupados en aquellos poco sensibles a la incertidumbre en un parámetro y aquellos altamente sensibles.

4. Modelos de Inventario Poco Sensibles a la Incertidumbre en un Parámetro

Al calcular el Valor Esperado de la Información Perfecta (VEIP) para diferentes modelos de inventarios y parámetros inciertos que forman parte del modelo, se encontró que en varios casos el valor de la información era muy pequeño en comparación con el costo de llevar el inventario. Para tener la confianza de que la magnitud del VEIP se mantenía reducida al cambiar los valores de otros parámetros, se realizó análisis de sensibilidad a dichos cambios, explorando los cambios cuando el parámetro variaba considerablemente (se probaron valores con cambios de entre 50% y más de 200%). Aquellos modelos que mantuvieron un bajo VEIP para ciertos parámetros son reseñados en esta sección. Este comportamiento implica que si al usar estos modelos hay incertidumbre en el parámetro

especificado, no se justifica el gasto en la obtención adicional de información ya que la ventaja económica que se derivaría de una mejor información no compensaría el costo de obtenerla (a menos que la información sea prácticamente gratis).

Los modelos de cantidad económica de pedido que presentaron **robustez** con respecto a la incertidumbre en el parámetro especificado entre paréntesis son:

- I. Modelo con faltantes permitidos (incertidumbre en el costo de llevar el inventario).
- II. Modelo de producción de un sólo artículo con faltante permitidos (incertidumbre en el costo de llevar el inventario).
- III. Modelo de artículos múltiples con restricción de espacio (incertidumbre en el costo de llevar el inventario).
- IV. Modelo de producción de artículos múltiples (incertidumbre en el costo de llevar el inventario).
- V. Modelo de producción de artículos múltiples (incertidumbre en la tasa de producción).

Para ilustrar el comportamiento del VEIP, a continuación se presenta una gráfica y un resultado numérico para cada uno de estos cinco modelos.

4.1 Modelo con faltantes permitidos e incertidumbre en el costo de llevar el inventario

Al realizar el análisis de sensibilidad en este caso, se encontró que el VEIP presenta ligeros cambios en su valor cuando aumenta el costo de ordenar, el costo por unidad, el costo de faltante o la demanda. Por ejemplo si en el caso base que se usó como referencia en el análisis, el costo por unidad aumenta el 100% de su valor inicial (\$10 a \$20, esto es, de \$200,000 a \$400,000 considerando 20,000 unidades) el VEIP disminuye en sólo \$2.46 (\$22.14 a \$19.68). Por ello, se considera que su valor es insignificante comparado con el monto de los costos que se están analizando. En la Figura 5 se muestra el comportamiento del valor esperado de la información cuando cambia el costo por unidad.

4.2 Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos e incertidumbre en el costo de llevar el inventario

En este modelo el valor esperado de la información perfecta cambia de manera insignificante ante cambios en el costo de ordenar, el costo por unidad, el costo de faltante, la tasa de demanda y la tasa de producción. Por ejemplo, si la tasa de producción aumenta el 60% de su valor (25,000 a 40,000 unidades por año) el VEIP pasa de \$8.80 a \$3.90. Nuevamente, el valor del VEIP es muy pequeño comparado con el monto de los costos analizados. En la Figura 6 se observa el comportamiento del VEIP cuando cambia la tasa de producción en este modelo de inventario.

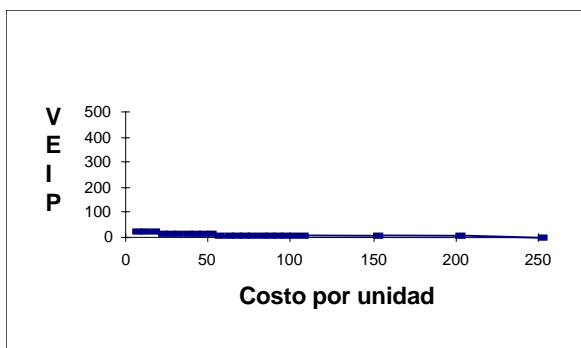


Figura 5.- Comportamiento del VEIP cuando cambia el costo por unidad.

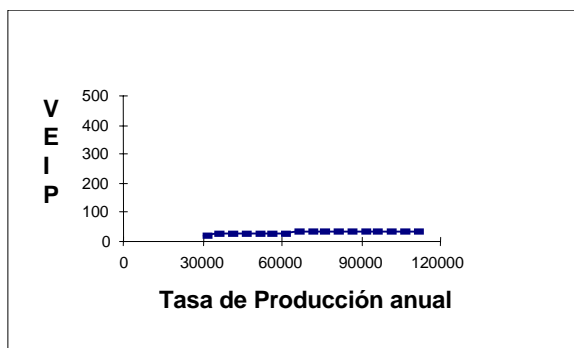


Figura 6.- Comportamiento del VEIP cuando cambia la tasa de producción anual.

4.3 Modelo de artículos múltiples con restricción de espacio e incertidumbre en el costo de llevar el inventario

En este modelo el análisis de sensibilidad se realizó cambiando el valor de a) el costo de ordenar por pedido, b) de la tasa de demanda anual y c) el costo por unidad de cada artículo. Para cada uno de los tres artículos incluidos en modelo, el valor esperado de la información perfecta aumenta si el costo por unidad se incrementa y disminuye si el costo de ordenar o la demanda anual aumentan. Sin embargo, en ambos casos su valor fluctúa en el orden de las decenas de pesos en una situación con costos de miles de pesos por lo que el cambio del VEIP se considera poco significativo para los tres artículos. La Figura 7 muestra el comportamiento del valor esperado de la información perfecta cuando cambia la demanda de cada artículo.

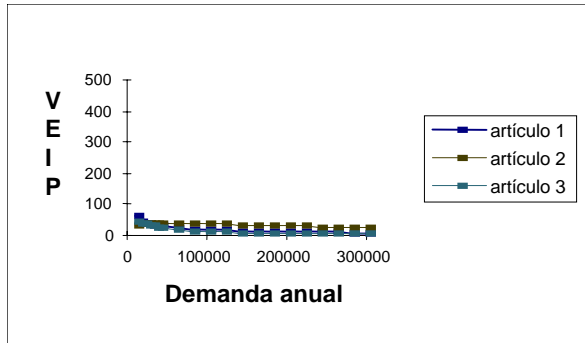


Figura 7.- Comportamiento del VEIP cuando cambia la Demanda de cada artículo

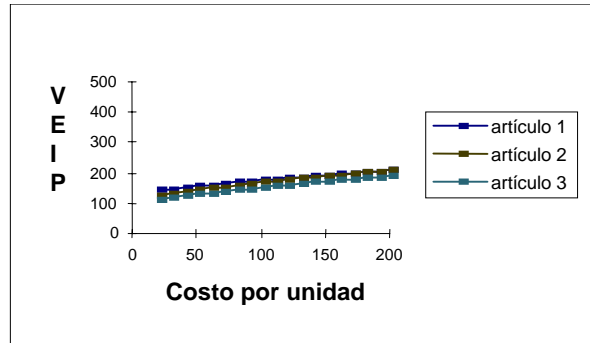


Figura 8.- Comportamiento del VEIP cuando cambia el Costo por unidad de cada artículo

4.4 Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en el costo de llevar el inventario

En este modelo se usó un ejemplo base de tres artículos y se incluyó como parámetro incierto el costo de llevar el inventario. Los resultados del análisis de sensibilidad realizado al VEIP de cada artículo muestran que si aumenta el 100% de su valor inicial el costo por unidad, el costo de ordenar, la tasa de producción anual o la tasa de demanda anual, el valor del VEIP aumenta en decenas de pesos, en un problema en el que el costo de llevar el inventario es del orden de decenas de miles de pesos. Por lo tanto, tales cambios se consideran poco significativos para los tres artículos. En la Figura 8 se observa el comportamiento del VEIP cuando cambia el costo por unidad en este modelo.

4.5 Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en la tasa de producción

El comportamiento del valor esperado de la información perfecta observado en este modelo varía de acuerdo al parámetro que esté cambiando, ya sea el costo por unidad, el costo de ordenar o el costo de capital de cada artículo. Aunque el VEIP para cada artículo algunas veces disminuye y otras veces aumenta, sus cambios no son muy significativos; estos cambios estuvieron en el orden de cientos de pesos en una situación con costos de llevar el inventario de decenas de miles de pesos. En la Figura 9 se puede observar su comportamiento cuando cambia el costo de capital de cada artículo.

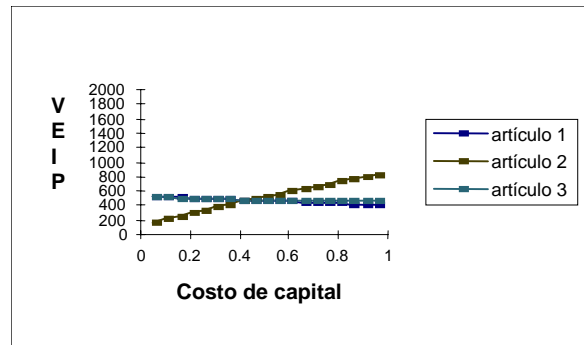


Figura 9. Comportamiento del VEIP cuando cambia el costo de capital.

Por lo tanto, dados los resultados obtenidos en el valor esperado de la información perfecta de cada uno de los modelos anteriores, se deduce que no se justifica comprar información adicional para tomar la decisión de qué cantidad ordenar. Estos modelos son muy robustos en términos de tolerancia a la incertidumbre.

5. Modelos de Inventario Más Sensibles a la Incertidumbre en un Parámetro

De los modelos analizados, aquellos que presentaron mayor sensibilidad a los cambios en el valor de sus parámetros fueron:

- A. Modelo con descuentos por cantidad (incertidumbre en el costo de llevar el inventario).
- B. Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos (incertidumbre en la tasa de producción o en la tasa de demanda).
- C. Modelo de producción de artículos múltiples (incertidumbre en la tasa de demanda).

El comportamiento de estos modelos se describe a continuación.

5.1 Modelo con descuentos por cantidad e incertidumbre en el costo de llevar el inventario

Este modelo se aplica cuando el proveedor ofrece descuentos en el costo por unidad dependiendo de la cantidad que sea ordenada. Los resultados del análisis de sensibilidad muestran que en función del costo de ordenar, el VEIP puede ser relativamente elevado, especialmente cuando la cantidad a ordenar está en las cercanías de las cantidades a partir

de las cuales se ofrece un descuento. En estas regiones, el VEIP tiene variaciones de miles de pesos en una situación con costos de llevar el inventario de decenas de miles de pesos. En la Figura 10 se observa la sensibilidad del VEIP cuando cambia el costo de ordenar.

5.2 Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos e incertidumbre en la tasa de producción

En este modelo se observó que el valor esperado de la información perfecta presenta cambios muy significativos cuando el valor del costo de ordenar o del costo por unidad aumentan. Los cambios del VEIP son de miles de pesos en una situación con costos de llevar el inventario de decenas de miles de pesos. En particular, cuando aumenta el costo de capital o la tasa de demanda, el VEIP se vuelve más sensible en determinadas regiones. La Figura 11 muestra como aumenta el valor esperado de la información cuando aumenta el costo por unidad.

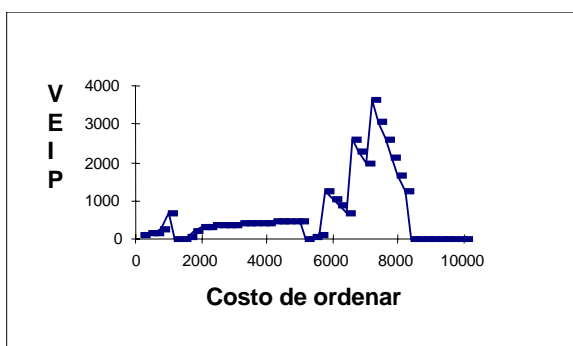


Figura 10. Comportamiento del VEIP cuando cambia el costo de ordenar

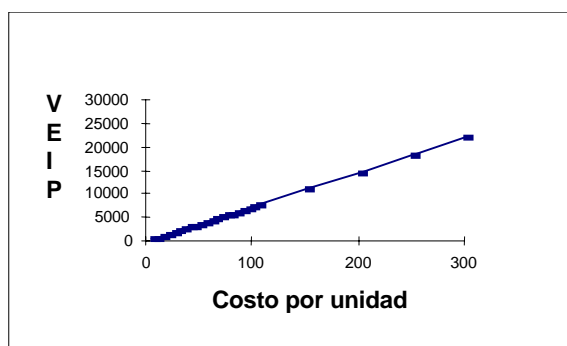


Figura 11. Comportamiento del VEIP cuando cambia el costo por unidad.

5.3 Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos e incertidumbre en la demanda

Al analizar el comportamiento del VEIP en este modelo, se observa que si se incrementa el costo de ordenar, el costo por unidad o el costo de capital, su valor aumenta considerablemente, en cambio si aumenta la tasa de producción su valor tiende a disminuir. Este último comportamiento ocurre porque con una mayor capacidad de producción hay mayor facilidad de cubrir la demanda que se presente. La Figura 12 muestra como disminuye el valor esperado de la información cuando la tasa de producción aumenta. Los

cambios del VEIP son del orden de miles de pesos en una situación con costo de llevar el inventario también en el orden de miles de pesos.

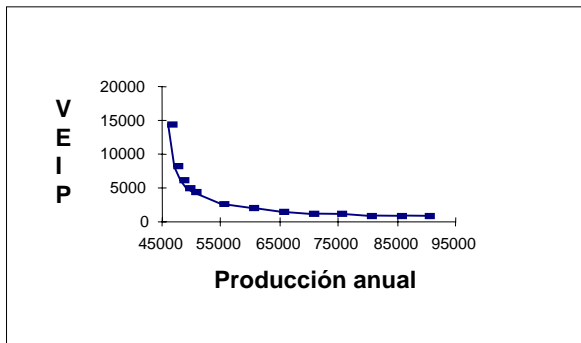


Figura 12.- Comportamiento del VEIP cuando cambia la Producción anual

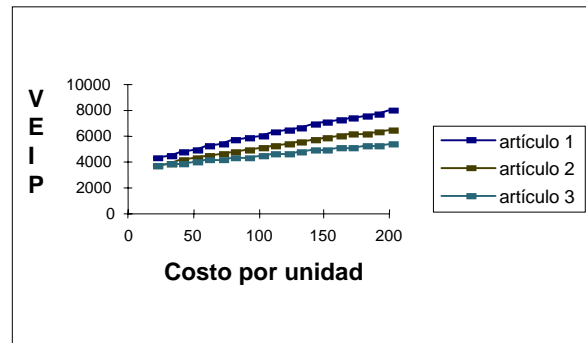


Figura 13.- Comportamiento del VEIP cuando cambia el Costo por unidad de cada artículo

5.4 Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en la demanda

En este caso, el comportamiento del valor esperado de la información perfecta cuando cambia el valor de sus parámetros (costo por unidad, costo de ordenar o costo de capital) en cualquiera de los artículos presenta incrementos muy significativos. En la Figura 13 se observa claramente cómo se comporta el valor esperado de la información conforme va aumentando el costo por unidad de cada artículo.

De acuerdo a los resultados observados en estos cuatro casos, se puede concluir que antes de tomar la decisión de qué cantidad ordenar puede ser valioso adquirir la información adicional.

6. Conclusiones

Muchos de los modelos clásicos de inventarios asumen certeza en los parámetros del modelo; estos modelos tienen el atractivo de ser fáciles de usar, pero en aplicaciones reales frecuentemente se tiene incertidumbre sobre uno o varios de los parámetros (esto es, no se conoce con certeza el valor del parámetro pero se puede asignar una distribución de probabilidad a éste). Esta limitación puede superarse utilizando los modelos de inventario como parte de un árbol de decisiones, con lo que se consigue tomar en cuenta la incertidumbre en el parámetro y todavía tener un modelo muy sencillo de formular y

calcular.

Utilizando el valor esperado de la información perfecta (VEIP) como una medida del impacto de la incertidumbre en el parámetro, se mostró en este artículo que existen modelos en los que el VEIP es bajo aún si varían ampliamente los valores de los otros parámetros del modelo; esto indica que en esos casos no se justifica la compra de información adicional. Por lo tanto, esos modelos pueden usarse con la confianza de que se estará obteniendo el costo óptimo (o un valor muy cercano a él) aún cuando exista incertidumbre en el parámetro indicado.

Así, la robustez de los modelos de inventario con incertidumbre en los parámetros depende esencialmente de la situación de inventario que se tenga. En este trabajo se identificó un conjunto de modelos en que generalmente no se justifica económicamente adquirir información adicional y otro conjunto en los que generalmente si se justifica adquirir la información. En los modelos del segundo tipo se identificaron las zonas en las que el valor potencial de la información es elevado.

Específicamente, se concluye que generalmente se puede tomar la decisión sobre la cantidad a ordenar sin necesidad de adquirir información adicional en los siguientes modelos:

- Modelo con faltantes permitidos e incertidumbre en el costo de llevar el inventario,
- Modelo de producción de un sólo artículo con faltante permitidos e incertidumbre en el costo de llevar el inventario,
- Modelo de artículos múltiples con restricción de espacio e incertidumbre en el costo de llevar el inventario,
- Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en el costo de llevar el inventario, y
- Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en la tasa de producción.

En contraste, en los siguientes los modelos existe un beneficio potencial en adquirir información adicional antes de tomar la decisión de cuanto ordenar:

- Modelo con descuentos por cantidad e incertidumbre en el costo de llevar el inventario,

- Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos e incertidumbre en la tasa de producción,
- Modelo de producción de un sólo artículo con faltantes permitidos e incertidumbre en la tasa de demanda, y
- Modelo de producción de artículos múltiples con incertidumbre en la tasa de demanda.

El método presentado en este trabajo, y que fue utilizado para obtener estas conclusiones, puede aplicarse a otras combinaciones de modelo de inventario y parámetro incierto, para determinar el impacto económico de la incertidumbre en el parámetro (medido mediante el VEIP) y la robustez del modelo ante cambios en otros parámetros.

Referencias

- Clemen, Robert T. (1991), *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*, Duxbury Press, EUA.
- Fogarty, Donald W., John H. Blackstone y Thomas R. Hoffman (1995) *Administración de la Producción e Inventarios*, Compañía Editora Continental, México.
- Hopeman, J. Richard (1986), *Administración de la Producción y Operaciones*, Editorial Continental, México.
- Ley Borrás, Roberto (2001), *Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones*, Comunidad Morelos, México (<http://decidir.org>).
- Ley Borrás, Roberto (1996), "Representación del Conocimiento en Análisis de Decisiones", *Revista UPIICSA*, Vol. 2 No. 9, p. 2-8.
- McNamee Peter y John Celona (1989), *Decision Analysis with Supertree*, 2a. edición, The Scientific Press, EUA.
- Montgomery, Douglas C. y Linwood A. Johnson (1976), *Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control*, John Wiley & Sons, EUA.