

3	1
DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE	1
3.1 CERTIDUMBRE TOTAL	2
3.2 INCERTIDUMBRE	2
3.3 RIESGO	4
3.4 REGLAS PARA TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE TOTAL	6
CRITERIOS DESCRIPTIVOS	7
<i>Principios de selección</i>	8
Dominación	8
Principio maximínimo o minimáximo (Pesimista)	9
a) Principio maximínimo	9
b) Principio minimáximo	9
Principio minimínimo o maximáximo (Optimista)	9
a) Principio maximáximo	10
b) Principio minimin	10
Principio de Laplace	10
Principio de Hurwicz	10
Principio de la Pena Minimáxima (Savage)	11
3.5 USOS DE LAS ESTRATEGIAS EN LA TOMA DE DECISIONES	16
3.6 CAUSAS DEL RIESGO Y DE LA INCERTIDUMBRE	17
3.7 CÓMO DISMINUIR O MEDIR EL GRADO DE INCERTIDUMBRE	18
3.8 CUÁNDO SE DEBE HACER ANÁLISIS DEL RIESGO E INCERTIDUMBRE	20
3.9 USO DE ESTIMATIVOS Y DE PROBABILIDADES SUBJETIVAS	23
<i>Determinación de probabilidades subjetivas</i>	23
Calibración de un Estimativo	23
Determinación de la distribución de la probabilidad subjetiva	25
3.10 ESTIMATIVOS A TRAVÉS DE ENCUESTAS	30
3.11 RESUMEN	33
3.12 REFERENCIAS	33
3.13 EJERCICIO DE AUTOCORRECCIÓN	34
SOLUCIÓN AL EJERCICIO DE AUTOCORRECCIÓN	35
3.12 EJERCICIOS	36

3

Decisiones bajo incertidumbre

*¡Ay, cómo es cruel la incertidumbre!
Si ella merece mi dolor
o yo la tengo que olvidar.*
(Gonzalo Curiel. *Incetidumbre*)

En el capítulo anterior acerca de la toma de decisiones, se ha hecho una suposición muy fuerte: *Que las consecuencias futuras de una decisión de inversión son determinísticas, es decir, que son predecibles con certeza total.* No es necesario insistir en este punto pues es obvio que los hechos futuros son impredecibles. Aquí se reconoce de manera explícita el hecho de la incertidumbre en todos los actos de la vida. En relación con las consecuencias futuras de una decisión, se pueden presentar tres situaciones: a) determinísticas; b) no determinísticas; c) ignorancia total.

Uno de los problemas que se presenta en la comprensión de los temas de administración y gerencia es que muchos términos tienen significados múltiples. Ejemplos de esto se encuentran con mucha frecuencia en los temas contables y financieros (términos tales como ingreso, flujo de caja, flujo de fondos, para citar solo tres). En particular, cuando se habla de riesgo e incertidumbre esta confusión se incrementa porque existe un conocimiento previo –intuitivo, tal vez– de lo que es la incertidumbre. Para muchos la incertidumbre es el desconocimiento del futuro; en este contexto se considera que el riesgo y la incertidumbre se producen por la variabilidad de los hechos futuros y por su desconocimiento. Más aun, se nombra a la incertidumbre como la situación en la cual hay un grado (mayor o menor) de desconocimiento del futuro.

En la literatura se presenta confusión al definir las situaciones *no determinísticas*. Por ejemplo, *Hillier* (1963) habla de riesgo e incertidumbre como si fueran iguales, lo mismo sucede con *Hespos* y *Strassman* (1965), para sólo citar unos pocos; *Morris* (1964), por otro lado, hace la distinción entre riesgo e incertidumbre. Lo cierto es que existen grados de incertidumbre, y en la medida en que ésta

disminuye, se puede manejar cada vez más en forma analítica con la información recolectada. Los casos de riesgo, tal como lo distingue *Morris*, son muy particulares y los más comunes están relacionados con situaciones de azar (loterías, ruletas, rifas, etc.) o con decisiones a las cuales se les ha asignado una distribución de probabilidad. Para la incertidumbre, por el contrario, no se posee información suficiente como para asignarle una distribución de probabilidad. Por esta razón se presentan en este capítulo las tres situaciones mencionadas arriba.

3.1 Certidumbre total

Un ejemplo del primer caso es un papel de descuento: Supóngase que se compra un título del Estado al 95% de su valor nominal y después de 3 meses se redime por el 100% de su valor. Hay certeza absoluta de que a los noventa días, si compró \$950.000 en ese título, recibirá \$1.000.000. Con esta información, y dada una tasa de descuento, se podrán establecer criterios de decisión sobre la bondad de esa alternativa.

El segundo caso no puede ilustrarse con un solo ejemplo, ya que se reconoció la existencia de grados de incertidumbre. Por esta razón se presentan dos casos posibles, uno de incertidumbre y otro de riesgo:

3.2 Incertidumbre

Esta situación se presenta cuando se pueden determinar los eventos posibles y no es posible asignarles probabilidades. Hay un nivel de mayor incertidumbre que algunos han denominado incertidumbre dura, el cual se refiere a la situación en que ni siquiera es posible identificar los estados o eventos futuros. El ejemplo que se presenta a continuación se refiere a una situación en que es posible prever los eventos, pero es imposible asignarles probabilidades.

Ejemplo 1

Un muchacho desea establecer una venta de periódicos en la cafetería de la universidad y tiene que decidir cuántos deberá comprar. Estima vagamente la cantidad que podría vender en 15, 20, 25 ó 30

periódicos (para simplificar la situación, se excluyen las cantidades intermedias). Por lo tanto considera que tendrá que adquirir 15, 20, 25 ó 30 periódicos.

Con esta información se puede construir una tabla de resultados que indique el número de periódicos faltantes o sobrantes, así:

	Ventas	15	20	25	30
Compras					
15		0	-5	-10	-15
20		5	0	-5	-10
25		10	5	0	-5
30		15	10	5	0

Para convertir estos resultados en pérdidas o ganancias monetarias se deben utilizar las siguientes fórmulas:

$$1) \text{Resultado} = PV \times Ventas - PC \times Compras + PR \times (Compras - Ventas)$$

$$\text{cuando } Compras > Ventas$$

$$2) \text{Resultado} = PV \times Compras - PC \times Compras$$

$$\text{cuando } Compras < Ventas$$

donde:

PV = Precio de venta de cada periódico = \$600

PC = Precio de compra de cada periódico = \$500

PR = Precio de venta de los periódicos sobrantes como retal de papel = \$2.50

Por lo tanto, la tabla de ganancias, que se conoce como matriz de resultados, será:

	Ventas			
Compras	15	20	25	30
15	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00
20	-987,50	2.000,00	2.000,00	2.000,00
25	-3.475,00	-487,50	2.500,00	2.500,00
30	-5.962,50	-2.975,00	12,50	3.000,00

En este caso, sin llegar a la completa ignorancia, el muchacho que debe tomar una decisión no tiene, ni siquiera en forma subjetiva, un estimativo de la probabilidad de ocurrencia de los diferentes eventos. Esto es similar a la situación del lanzamiento de un nuevo producto.

3.3 Riesgo

Cuando, además de prever los posibles resultados futuros asociados a una alternativa, es posible asignar probabilidades a cada uno de ellos, se dice que se encuentra ante una situación bajo riesgo. El riesgo es aquella situación sobre la cual tenemos información, no sólo de los eventos posibles, sino de sus probabilidades. Para ilustrar la diferencia con una situación de incertidumbre se presenta el siguiente ejemplo.

Ejemplo 2

En una empresa se ha reunido a un grupo de ejecutivos para estudiar la introducción de un nuevo producto. Estas personas, basadas en estudios de mercado y en su experiencia, han producido estimativos calificados, han sido capaces de estimar ciertas cifras relacionadas con la inversión por realizar y, de la misma manera, han logrado calcular sus resultados. Estos datos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1
Flujo neto de caja en miles de pesos para el producto nuevo

Año	Valor esperado	Desviación estándar
0	-5.000	200
1	1.500	100
2	1.500	150
3	1.500	200
4	1.400	300
5	1.500	350
6	1.200	350
7	1.300	400
8	2.000	550

Cuando se considera explícitamente el riesgo a través de los estimativos de la desviación estándar, de la media y el tipo de distribución, la tasa de descuento que se utilice debe estar libre de riesgo

porque de lo contrario se contaría dos veces el efecto del riesgo en la inversión.¹ Esto significa que la tasa de descuento, si fuera el costo de oportunidad del dinero, debe estar medida como la rentabilidad que producen inversiones libres de riesgo, tales como los títulos de inversión emitidos por el gobierno. En este ejemplo, se estimó en 20% anual y sin modificaciones hacia el futuro.

Cuando en el contexto de las finanzas se habla de riesgo, muchas personas piensan sólo en los mecanismos que diseña la ingeniería financiera para protegerse del riesgo implícito en ciertas operaciones financieras. Estas están más relacionadas con actividades especulativas, por ejemplo, de inversión de excedentes de tesorería. El contexto en que se maneja esta idea está relacionado con lo que ocurre después de que se emprende un proyecto. Pero no se puede soslayar el estudio del riesgo del proyecto mismo, que es el objeto de estudio de este libro. Los riesgos asociados a una alternativa de inversión tienen diversas causas y hay que “vivir” con sus efectos. Si se intenta predecir un evento, pueden intervenir tantas variables que a su vez generan otros tantos elementos que se deben predecir, que es una especie de explosión de un árbol que se ramifica hasta el infinito. Por ejemplo, en la demanda del mercado por un bien o servicio, se deben tener en cuenta la disponibilidad de dinero de la gente, sus gustos, la obsolescencia, la innovación tecnológica, el desempleo, la inflación, la tasa de cambio, las tendencias demográficas, la moda, el clima ... Y todo esto, a su vez, depende de muchos otros parámetros. Todo esto se constituye en causa de riesgo. Y lo único que se puede hacer es tratar de medirlo; una vez medido, hay que asegurarse de haber tomado todas las precauciones posibles y esperar a que ocurra lo mejor.

Si el resultado es que la probabilidad de éxito es muy baja, sólo por suerte se puede esperar que salga bien. Y allí no hay poder humano que pueda influenciar a la suerte para que sea favorable.

Aquí conviene resumir las consideraciones de los casos no determinísticos. Se acepta que el concepto de incertidumbre implica que no se asignan distribuciones de probabilidad (definidas en términos de sus parámetros, tales como la media y la desviación estándar); el riesgo, por el contrario,

¹ Debe recordarse lo estudiado en el capítulo anterior donde se definió la tasa de interés como compuesta de tres

implica que sí se le puede asignar algún tipo de distribución probabilística. Conviene aclarar también que el término incertidumbre se utiliza para indicar una situación de desconocimiento del futuro, y el hecho mismo de situaciones impredecibles.

Por último, la situación de ignorancia total es en realidad una situación que en la práctica no existe. Algo similar se podría decir de la certidumbre total porque, en rigor, ni siquiera la estabilidad económica del Estado, responsable de las inversiones que se hacen en ciertos títulos, se puede garantizar y, en consecuencia, es posible que no ocurra un evento teóricamente seguro.

3.4 Reglas para toma de decisiones bajo incertidumbre total

Cuando se habla de decisiones en situaciones no determinísticas, se presentan teorías y modelos sobre los cuales no existe acuerdo acerca de si son normativos o descriptivos. Una teoría, o mejor un criterio, es normativo cuando a través de él se estipula una conducta por seguir. Un ejemplo de un criterio normativo es lo que se ha aprendido como regla de decisión para el valor presente neto: Si es mayor que cero, la inversión es recomendable y se debe emprender; si es menor que cero, por el contrario, se debe rechazar.

Un criterio es descriptivo cuando explica o describe un comportamiento observado. Ejemplo de un criterio descriptivo será, aplicado al ejemplo del muchacho vendedor de periódicos, observar su comportamiento y tratar de explicarlo.

Si el muchacho hubiera seleccionado comprar 15 periódicos, se podría explicar diciendo que es una persona muy conservadora y pesimista; que prefiere una ganancia pequeña, pero segura. Además, que la mecánica de su proceso de decisión considera que, dada una determinada acción, ocurrirá el peor evento en forma cierta; por lo tanto, seleccionará la acción donde ocurra el evento menos desfavorable para él. A continuación se presentan los criterios descriptivos sin información probabilística.

componentes: la tasa de interés real, la tasa de inflación y la componente de riesgo.

Criterios descriptivos

De la *Teoría de juegos* se pueden tomar algunos esquemas y conceptos. La *Teoría de juegos* trata de establecer estrategias a seguir cuando un individuo que debe decidir se enfrenta a otro (sea éste un competidor, la naturaleza, el azar, Dios, etc.). En estas situaciones el que decide debe intentar conocer lo que “el otro” hará y actuar consecuentemente. Una situación de competencia puede presentar situaciones en las cuales lo que gana un decisor lo pierde el otro; en este caso se dice que es un juego de suma cero. Hay situaciones o juegos de suma no cero en los cuales todos los actores ganan; entonces se dice que es un juego gana-gana; también se pueden presentar situaciones en las que todos pierden.

Hay “juegos” clásicos que ilustran algunas de estas ideas. Más adelante se presenta un juego basado en el ejemplo del vendedor de periódicos. Otro ejemplo clásico es el dilema del prisionero, diseñado por *Albert Tucker* en 1950. Se trata de dos personas que han sido encarceladas por ser sospechosas de haber cometido un crimen. Como las pruebas no son suficientes, se requiere que confiesen. Ellos están en celdas diferentes y a cada uno, por separado, se le hace la siguiente oferta: Si confiesa y acusa a su compañero, y él no lo acusa, será liberado; por el aporte de pruebas se le ofrece una recompensa, por ejemplo 100 millones de pesos. Por el otro lado, el prisionero condenado recibirá una pena muy alta y una multa de 20 millones de pesos.

Si ambos prisioneros confiesan obtendrían una pena menor y una multa de 10 millones de pesos. Si ninguno confiesa saldrían libres, sin recibir un solo peso de recompensa.²

¿Cómo deberá actuar cada prisionero en esta situación? Cada uno de ellos podría razonar de la siguiente manera: Si el otro confiesa lo mejor es que yo confiese e inculpe al compañero, pues así obtengo la menor pena; si el otro no confiesa y no me inculpa, entonces lo mejor sería confesar puesto que salgo libre y con una gran recompensa. De esta manera, al no poderse comunicar, cada uno decide confesar y obtener un resultado con el que ambos pierden. Si se hubieran podido comunicar

² Existen varias versiones de este dilema del prisionero.

entre sí, se habrían puesto de acuerdo para no delatarse y salir libres; ésta habría sido la mejor estrategia.

Matriz de pagos o de resultados. Es un arreglo de números en el que se muestran resultados numéricos (costo, ganancia o alguna medida de utilidad) asociados a una decisión y a un evento simultáneamente (recuérdese el ejemplo del vendedor de periódicos). Esta matriz se puede representar, en forma general, así:

Estado de la naturaleza o eventos

Decisiones	E_1	E_2	E_3	...	E_n
A_1	$r(A_1, E_1)$	$r(A_1, E_2)$	$r(A_1, E_3)$...	$R(A_1, E_n)$
A_2	$r(A_2, E_1)$	$r(A_2, E_2)$	$r(A_2, E_3)$...	$R(A_2, E_n)$
A_3	$r(A_3, E_1)$	$r(A_3, E_2)$	$r(A_3, E_3)$...	$R(A_3, E_n)$
.
.
.
A_m	$r(A_m, E_1)$	$r(A_m, E_2)$	$r(A_m, E_3)$...	$R(A_m, E_n)$

donde:

$A_i, i = 1, 2, 3, \dots, m$, son las alternativas del que decide, que éste controla.

$E_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$, son los eventos o estados de la naturaleza, que no controla el que decide.

$r(A_i, E_j)$, la función de resultados que define el valor de la ganancia o costo.

Principios de selección

A esta matriz se pueden asociar algunos criterios descriptivos y no se deben tomar, en general, como reglas de decisión.

Dominación

Al analizar un problema de decisión se debe explorar la posibilidad de que alguna alternativa sea preferible a otra, sea cual fuere el evento que ocurra. Cuando esto sucede, se dice que una alternativa domina a otra. En términos generales, se dice que una alternativa A_k domina a otra A_c cuando para

todo E_j se tiene que $r(A_k, E_j) > r(A_c, E_j)$. Esto significa que la alternativa A_c puede eliminarse del análisis ya que siempre A_k será mejor, lo cual reduce el número de alternativas a considerar.

Principio maximínimo o minimáximo (Pesimista)

Este es un principio que ha sido ampliamente discutido y utilizado en la literatura. Es un criterio pesimista y se puede expresar así: Un individuo totalmente pesimista considera que para cada alternativa que seleccione, la naturaleza actuará en la forma más perjudicial para él y, entonces, a cada alternativa asocia el peor evento; pero, como se supone que es un individuo racional, y, por lo tanto desea más de un bien deseable y menos de uno indeseable, seleccionará la alternativa asociada al evento que menos lo perjudique o más le favorezca.

a) Principio maximínimo

Cuando la matriz de pagos se refiere a utilidades, para cada alternativa se escoge el valor mínimo y entre ellos se selecciona el máximo.

b) Principio minimáximo

Cuando la matriz de pagos se refiere a costos, para cada alternativa se selecciona el máximo valor y entre ellos se selecciona el mínimo.

Principio minimínimo o maximáximo (Optimista)

Este principio es totalmente opuesto al anterior y supone un individuo completamente optimista. Se puede expresar de manera análoga al principio minimax: Un individuo totalmente optimista considera que para cada alternativa que seleccione, la naturaleza actuará de la manera más favorable para él, y asociará a cada alternativa el evento más favorable; pero como es un individuo racional que desea más de un bien deseable y menos de uno indeseable, escogerá la alternativa que tenga asociada el evento más favorable o el menos desfavorable entre todos los posibles.

a) Principio maximáximo

Si la matriz de resultados es de ganancias, para cada alternativa se escoge el máximo valor y entre ellos se selecciona el máximo.

b) Principio minimin

Este se refiere a la matriz de pagos cuando sus elementos son costos. Para cada alternativa se escoge el evento que produzca el menor costo, y entre ellas se escoge la que tenga asociado el menor.

En los principios mencionados se supone en forma implícita que un evento tiene probabilidad de ocurrencia igual a uno y los demás igual a cero. Esto implica además, que los eventos $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ son exhaustivos y excluyentes.

Principio de Laplace

Así como los principios anteriores suponen probabilidad uno para un evento, el criterio de Laplace supone que ante la falta de información, los n eventos son equiprobables. Este criterio interpreta el comportamiento del individuo que escogería la alternativa cuya suma de todos los resultados posibles o promedio fuera el máximo o el mínimo, según sean utilidades o costos. Esto implica la maximización del valor esperado monetario.

Principio de Hurwicz

Se puede argumentar, con razón, que los individuos no son ni totalmente optimistas ni totalmente pesimistas. En este caso habría necesidad de definir un factor α de “pesimismo” que indicaría qué tan pesimista sería el individuo. Este factor cumple con la siguiente condición:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Y suponiendo que se pudiera determinar, indicaría una probabilidad subjetiva de ocurrencia del peor evento $(1 - \alpha)$ y también la probabilidad subjetiva de ocurrencia del mejor evento. Ese factor $(1 - \alpha)$ sería pues una medida del grado de aversión al riesgo que presenta el individuo.

Con estos supuestos, el criterio interpreta la selección realizada por el individuo, de acuerdo con la siguiente expresión para cada alternativa:

$$H = \alpha (\text{peor evento}) + (1 - \alpha)(\text{mejor evento})$$

Para facilitar el estimativo de α se puede hacer un análisis de sensibilidad que permite calcular los valores de α que determinan un cambio en la decisión. Es parecido al anterior, pero sólo tiene en cuenta el valor esperado monetario del peor y del mejor resultado.

Principio de la Pena Minimáxima (Savage)

Si se supone que el individuo desea evitar la mayor cantidad de “pena”, “arrepentimiento” o costo por no haber seleccionado una alternativa, puesto que ocurrió un evento, será necesario construir una nueva matriz de resultados que se denomina matriz de “penalización”, cuyos elementos serán:

$$S_j = \text{mejor resultado posible en la columna de ese elemento} - \text{elemento}_j$$

Obsérvese que S representa el costo extra en que incurre el individuo al seleccionar una determinada alternativa, puesto que ocurrió un evento. La magnitud de S trata de medir la cantidad de “pena” o “arrepentimiento” o costo por haber tomado determinada decisión. En el caso de utilidades, S expresa lo que el individuo deja de ganar al seleccionar la alternativa, dado que ocurrió determinado evento.

Una vez construida la matriz de penalización, se selecciona para cada alternativa la máxima pena S . Esto produce la columna de penas máximas, de la cual el que decide seleccionará la mínima, por ser racional.

Para ilustrar el resultado de las decisiones de acuerdo con los diferentes principios, utilizaremos un ejemplo muy simple y el ejemplo del vendedor de periódicos presentado arriba. Para el ejemplo simple la matriz de beneficios es la siguiente:

	E1	E2	E3	E4
A1	5	3	0	3
A2	3	3	3	3
A3	1	9	3	2
A4	3	7	2	1
A5	0	1	1	0

Si se examina la matriz de resultados se puede concluir que la alternativa A_2 domina a la alternativa A_5 . Por lo tanto esta última puede excluirse del análisis.

Para el caso del criterio pesimista se encontraría lo siguiente:

Utilidades	Maximínimo $\text{Min } r(A_i, E_j)$
A_1	0
A_2	3
A_3	1
A_4	1

El máximo entre estos valores es 3, por lo tanto, se escoge A_2 .

De igual forma, para el criterio optimista:

Utilidades	Maximáximo $\text{Max } (A_i, E_j)$
A_1	5
A_2	3
A_3	9
A_4	7

Con el principio maximáximo se escogería A_3 .

Con el principio de *Laplace* se tiene:

	$e(r(A_i, E_j))$
A_1	$11/4$
A_2	3
A_3	$15/4$
A_4	$13/4$

En este caso se escoge A_3 por tener el mayor valor esperado.

Si se calcula el índice de *Hurwicz* con $\alpha = 0,25$, y suponiendo utilidades, se tiene:

	Max (r(A _i , E _j))	Min (r(A _i , E _j))
	J	j
A1	5	0
A2	3	3
A3	9	1
A4	7	1

Los valores obtenidos son los siguientes:

A1	$0,25 \times 0 + 0,75 \times 5 = 3,75$
A2	$0,25 \times 3 + 0,75 \times 3 = 3$
A3	$0,25 \times 1 + 0,75 \times 9 = 7,00$
A4	$0,25 \times 1 + 0,75 \times 7 = 5,50$

Se escogería A3 por tener el mayor índice.

Con el criterio de la pena minimáxima la matriz de penalización para este ejemplo se calcula teniendo en cuenta que el máximo elemento en cada evento es

	E1	E2	E3	E4
Máximo	5	9	3	3

Por lo tanto, si el que decide escoge la alternativa A3 (que vale 1), hubiera preferido haber escogido A1 y el no haberla escogido significa una “pérdida”, pena o arrepentimiento de 4 (Mx – valor de la alternativa = 5 – 1 = 4). La matriz de penalización es:

	E1	E2	E3	E4
A1	0	6	3	0
A2	2	6	0	0
A3	4	0	0	1
A4	2	2	1	2

La máxima pena para cada alternativa es:

	Máxima pena
A1	6
A2	6
A3	4
A4	2

Se escoge A4 por tener la mínima pena máxima.

Los resultados de aplicar los diferentes criterios al ejemplo son:

Maximínimo (pesimista)	A2
Maximáximo (optimista)	A3
Laplace	A3
Hurwicz (utilidades, $\alpha = 0,25$)	A1
Pena minimáxima	A4

Para el ejemplo del vendedor de periódicos la matriz de beneficios es la siguiente:

	Ventas			
Compras	15	20	25	30
15	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00
20	-987,50	2.000,00	2.000,00	2.000,00
25	-3.475,00	-487,50	2.500,00	2.500,00
30	-5.962,50	-2.975,00	12,50	3.000,00

Para cada estrategia o método se tiene:

Minimax (pesimista)

Compras	Mínima
15	1.500,00
20	-987,50
25	-3.475,00
30	-5.962,50

En este caso se escoge comprar 15 periódicos porque así se obtiene el máximo mínimo. Para el caso optimista (maximáximo) se tiene,

Compras	Máximo
15	1.500,00
20	2.000,00
25	2.500,00
30	3.000,00

En este caso se escoge comprar 30 periódicos porque así se obtiene el máximo máximo.

Usando el principio de Laplace (promedio), se tiene:

Compras	Promedio
15	1.500,00
20	1.253,13
25	259,38
30	-1.481,25

En este caso el máximo promedio indica escoger la opción de comprar 15 periódicos.

Si se calcula el índice de *Hurwicz* con $\alpha = 0,25$ se tiene:

Compras	$Max_j(r(A_j, E_j))$	$Min_j(r(A_j, E_j))$
15	1.500,00	1.500,00
20	2.000,00	-987,50
25	2.500,00	-3.475,00
30	3.000,00	-5.962,50

Los valores obtenidos son los siguientes:

15	$0,25 \times 1.500 + 0,75 \times 1.500$	1500
20	$0,25 \times -987,50 + 0,75 \times 2.000,00$	1.253,125
25	$0,25 \times -3.475,00 + 0,75 \times 2.500,00$	1.006,25
30	$0,25 \times -5.962,50 + 0,75 \times 3.000,00$	759,375

Se escoge comprar 15 por tener el máximo índice.

En el caso de la pena minimax se tiene,

		Ventas				Máxima pena
		15	20	25	30	
Compras	15	0,00	500,00	1.000,00	1.500,00	1.500,00
	20	2.487,50	0,00	500,00	1.000,00	2.487,50
	25	4.975,00	2.487,50	0,00	500,00	4.975,00
	30	7.462,50	4.975,00	2.487,50	0,00	7.462,50

La mínima máxima pena es 1.500,00, por lo tanto se escoge comprar 15 periódicos.

En resumen se tiene para el ejemplo del vendedor de periódicos,

Maximínimo (pesimista)	15
Maximáximo (optimista)	30
Laplace	15
Hurwicz ($\alpha = 0,25$)	15
Pena minimáxima	15

Como se puede observar en ambos ejemplos, cada criterio puede producir un resultado diferente. *Estos criterios no son consistentes y no tienen que ser consistentes.* Pretenden describir o interpretar un comportamiento que, como tal, difiere entre las personas, y aun dentro de una misma persona, dependiendo de los diferentes estímulos que reciba. Más aun, estos métodos se pueden adoptar simplemente como estrategias a seguir en forma deliberada. Por ejemplo, si se desea adoptar una estrategia optimista en una negociación o ante una situación de incertidumbre, se adoptaría la posición maximax. Si se estima que no se debe adoptar una estrategia totalmente pesimista, se podría usar la propuesta de Hurwicz.

3.5 Usos de las estrategias en la toma de decisiones

Cuando se lee la sección anterior se puede pensar con facilidad que estas estrategias son un juego o muy teóricas o que esas situaciones bajo incertidumbre no aparecen en la realidad. Es posible, pero veamos algunos ejemplos donde podría aplicarse una estrategia de negociación como las que se plantearon.

Primero veamos un ejemplo cotidiano. Suponga que usted va por una carretera en su vehículo y tiene llenar su tanque de gasolina. Sabe que hay varias estaciones de servicio y quiere comprar gasolina donde sea más barato. No es fácil devolverse, de manera que debe decidir si compra ahora o espera a la próxima. ¿En cuál de las estaciones se detiene a comprar la gasolina? ¿En la primera que aparece? ¿Espera hasta la última? Esta es una decisión bajo incertidumbre.

Otro ejemplo familiar. Una pareja debe decidir entre ir a cine o visitar a la mamá del señor. Cada uno puede decidir en forma independiente lo que quiere hacer. El marido puede ir sólo a cine o acompañado. Puede ir a visitar a la mamá sólo o acompañado. La esposa puede hacer lo mismo. Cada

una de las posibilidades tiene un nivel de “ganancia” o de bienestar. ¿Cuál debe ser la decisión que se debe tomar?

Los interesados en la telefonía celular en Colombia (*Personal Communication Systems*, PCS, adjudicada en 2003) debieron participar en una subasta. ¿Qué precio se ofrece? ¿Cuánto ofrecerá la competencia? ¿Habrà competencia en la subasta?

Una empresa debe negociar con su sindicato las condiciones de la relación laboral para cada año. ¿Cuál estrategia debe usar el negociador de la empresa? ¿Cuál estrategia usará el sindicato? ¿Se hace una propuesta alta, baja o realista? ¿Qué ofrecerá el sindicato? ¿Qué ofrecerá la empresa?

Cuando una empresa lanza un nuevo producto que también puede tenerlo la competencia, ¿cuándo lo lanza? ¿A qué precio? ¿Dónde lo lanza? ¿Cuáles zonas del mercado atiende? ¿Qué hará la competencia?

A comienzos de 2003 estamos ante la situación que se ha presentado con Corea del Norte en torno al armamento nuclear. ¿Deberá Estados Unidos aplicar sanciones? Si las aplica, ¿será que Corea del Norte atacará con armas nucleares? ¿Tiene Corea del Norte armas nucleares? Si las tiene, ¿son muchas? ¿Pocas? ¿Qué poder letal tienen? ¿Cuál es el costo para la Humanidad de una acción agresiva por parte de los Estados Unidos?

Dejamos al lector la inquietud para que identifique en su quehacer cotidiano o en su trabajo, situaciones susceptibles de ser manejadas con el enfoque de teoría de juegos.

3.6 Causas del riesgo y de la incertidumbre

Las causas de la variabilidad son básicamente atribuibles al comportamiento humano. Sin embargo, existen fenómenos no atribuibles directamente al ser humano que también causan riesgo e incertidumbre. Algunas manifestaciones de ambos tipos se mencionan a continuación:

- a) Inexistencia de datos históricos directamente relacionados con las alternativas que se estudian.
- b) Sesgos en la estimación de datos o de eventos posibles.
- c) Cambios en la economía, tanto nacional como mundial.

d) Cambios en políticas de países que en forma directa o indirecta afectan el entorno económico local.

e) Análisis e interpretaciones erróneas de la información disponible.

f) Obsolescencia.

g) Situación política.

h) Catástrofes naturales o comportamiento del clima.

i) Baja cobertura y poca confiabilidad de los datos estadísticos con que se cuenta.

En una investigación desarrollada entre 1985 y 1986 por García y Marín (García y Marín, 1987), los ejecutivos de las empresas más grandes de Colombia percibían como principales causas del riesgo las siguientes:

a) Inestabilidad de las medidas económicas y falta de continuidad en los programas sectoriales.

b) Factores políticos e institucionales. Inestabilidad política.

c) Política cambiaria y de comercio exterior.

d) Inestabilidad social. Inseguridad. Orden público.

3.7 Cómo disminuir o medir el grado de incertidumbre

En una situación de incertidumbre no sólo es importante hacer predicciones para evaluar una inversión y decidir si rechazarla o no, sino también para poder tomar cursos de acción complementarios que reduzcan las posibilidades de fracaso. Un medio de reducir la incertidumbre es obtener información antes de tomar la decisión, *v. gr.* información acerca del mercado. Otra alternativa es aumentar el tamaño de las operaciones, como es el caso de las compañías petroleras que asumen menos riesgos al perforar 50 pozos de petróleo que al perforar uno. La diversificación es otro medio de disminuir la incertidumbre en las inversiones; sobre todo, la diversificación a través de productos o servicios sustitutos, como por ejemplo el café y el té. Si el precio del café sube demasiado y las ventas decrecen, se puede reemplazar por el té y así se pueden mantener estables los ingresos de la firma. La decisión de comercializar ambos productos puede ser tomada si se prevén bajas substanciales en los

precios. Es posible encontrar inversiones A y B , independientes, pero cuyos valores presentes netos varían de acuerdo con la situación general de la economía y en forma contraria, de manera que en promedio los beneficios de la firma se mantienen constantes durante el período. Al ejecutar esta clase de inversiones en forma simultánea, se puede eliminar o reducir el riesgo. Este tipo de combinaciones es lo que buscan por ejemplo los grandes grupos y fondos de inversión, al invertir en empresas de muy diversa índole. También es lo que buscan, con altos grados de refinamiento, los modelos de selección de portafolio, tales como los de *Markowitz* y *Sharpe* (ver capítulo 9).

En un artículo clásico, *David B. Hertz (1964)* describe lo que se ha tratado de hacer para medir el riesgo y propone, a su vez, lo que se podría hacer para resolver mejor el problema. Las ideas utilizadas tradicionalmente han sido:

1) *Predicciones más exactas*. La reducción del error en las predicciones es útil, pero el futuro es siempre el futuro y siempre existirá algún grado de desconocimiento acerca de él, a pesar de que se cuenta con una tecnología que permite hacer predicciones más precisas.

2) *Ajustes empíricos*. Por ejemplo, si un analista en forma sistemática sobreestima o subestima el valor de las variables que estudia, se pueden hacer correcciones a sus estimativos con base en su comportamiento anterior. Esto a primera vista parece razonable, pero ¿qué hacer si los estimados de ventas han resultado inferiores a lo real en 75% más del 25% de los casos y no han llegado a más del 40% en una sexta parte de ellas?

3) *Revisar la tasa de descuento*. Esto se podría aplicar aumentando la tasa mínima de descuento para dar una protección contra la incertidumbre. Sin embargo, la persona que toma decisiones debe saber explícitamente cuál es el riesgo que se asume y cuáles son las posibilidades de obtener el resultado esperado.

4) *Estimados de tres niveles*. Estimar valores inferior, promedio y superior y calcular rentabilidades con base en varias combinaciones de estimados optimistas, promedio y pesimista. Este enfoque no indica cuál de estos estimados ocurrirá con mayor probabilidad y no presenta una idea clara de la

situación. Sin embargo, si se evalúa el proyecto para el peor de los casos posibles y el VPN es positivo, se debe aceptar sin duda.

La propuesta de Hertz ante estos métodos tradicionales fue el de las *Probabilidades selectivas*. Consiste en calcular, para una variable determinada, todas las posibilidades que existen y, con base en esto, hallar la distribución de probabilidad de las rentabilidades o valores presentes netos.

El método de *Hertz* utiliza técnicas de simulación, y exige el uso del computador. El análisis tiene tres etapas:

1) Estimar el rango de valores de cada uno de los factores y dentro de cada rango asignar una probabilidad de ocurrencia a cada valor.

2) Seleccionar al azar con base en la distribución probabilística de cada factor, un valor particular del mismo. Este valor se combina con los valores de los demás factores y se calcula un indicador de eficiencia (VPN o TIR, por ejemplo).

3) Repetir el paso anterior muchas veces para obtener las probabilidades de ocurrencia de los valores posibles del indicador y, con base en esto, calcular el valor esperado y las probabilidades de ocurrencia de ciertos rangos del indicador seleccionado.

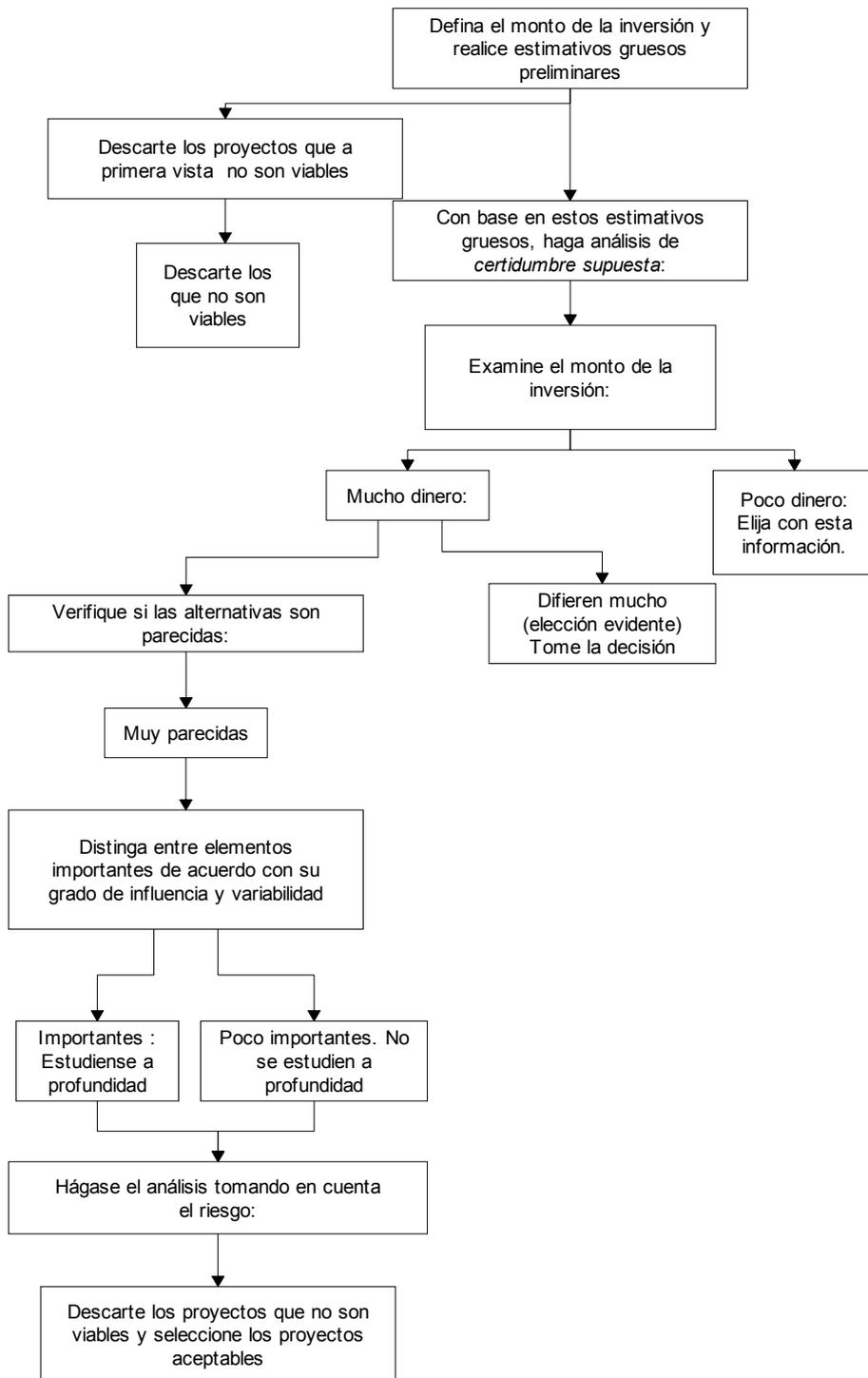
Este procedimiento es un análisis de sensibilidad muy amplio y exhaustivo; en el capítulo “Análisis de inversiones bajo riesgo: Simulación”, se estudia este procedimiento con algún detalle.

3.8 Cuándo se debe hacer análisis del riesgo e incertidumbre

La tarea de tomar decisiones bajo riesgo e incertidumbre no es fácil, y los métodos que se presentan en este capítulo y el que sigue pueden desanimar a los decisores por considerar que no siempre es posible realizar ese tipo de análisis. Esto es cierto. Más aun, no debe olvidarse lo mencionado en el capítulo 1 acerca del error tipo IV: resolver el problema que es, pero tarde. Siempre que se pueda tomar una decisión correctamente es preferible hacerlo con menos que con más; en otras palabras, no haga con más lo que pueda hacer con menos. Existe la tendencia, sobre todo en los profesionales recién egresados, de utilizar a toda costa los instrumentos que se aprendieron en la universidad; esto tiene sus

ventajas, pero encierra algunos peligros. No se debe pensar que en este texto se está desestimulando el uso de las técnicas que se enseñan, con lo cual se caería en terrible contradicción. Lejos de ello, lo que se pretende es que se utilice un sano criterio para lograr un uso adecuado de la tecnología a disposición de la humanidad.

En el análisis de inversiones bajo riesgo se debe hacer un análisis previo de la situación, antes de embarcarse en un proceso que puede resultar costoso, no sólo por los recursos que requiere sino porque puede producir errores Tipo IV. El análisis para saber cuándo estudiar el riesgo que se presenta se adaptó de *Canada y White* (1980). Este libro hace una excelente presentación del tema de decisiones bajo riesgo e incertidumbre. En el diagrama siguiente se ilustra esta idea.



3.9 Uso de estimativos y de probabilidades subjetivas

Hasta aquí, todo parece marchar sobre ruedas, pues se ha dicho que el individuo, de alguna forma, puede predecir los resultados futuros. Por ejemplo, se dijo que el muchacho de los periódicos creía poder vender 15, 20, 25 ó 30 unidades; o en el caso más sofisticado de los ejecutivos, se pudo predecir la distribución de probabilidad de los resultados de una inversión.

La pregunta que sigue es obvia: ¿Cómo se puede llegar a eso? Estos estimativos los pueden elaborar quienes tengan experiencia, de manera individual o colectiva. Un método para hacer predicciones en grupo es el *Método Delphi* (ver siguiente capítulo). Consiste en reunir a un grupo de expertos sobre el tema y solicitar a cada uno su opinión o estimativo de lo que se desea predecir. Después, cada miembro del grupo recibe la información sobre las opiniones de sus compañeros y con ella reelabora su opinión o estimativo. Esto se repite varias veces hasta llegar a un estimativo, por lo general basado en el consenso. También existen técnicas de pronóstico que utilizan la información que existe sobre un determinado fenómeno, y con base en ella producen estimativos acerca del futuro.

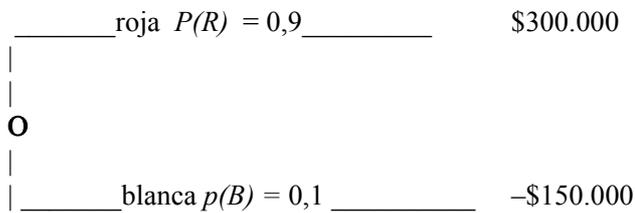
La dificultad estriba en que muy pocas veces se precisa esa impresión sobre el fenómeno que se estudia. En esta parte se describen procedimientos para “calibrar” el estimativo y determinar lo que podría ser la distribución probabilística de una variable.

Determinación de probabilidades subjetivas

Antes de entrar en detalles, es importante precisar que lo subjetivo no implica arbitrariedad. Así, por ejemplo, si hoy al salir por la mañana se observa que el cielo está cubierto, entonces se saldrá preparado para la lluvia. Subjetivamente, aunque no en forma arbitraria, se está asignando una probabilidad alta al evento lluvia. Y no es arbitrario porque es el resultado de la información con que se cuenta, la cual permite hacer un estimativo subjetivo, no arbitrario, de la probabilidad de tener un día lluvioso.

Calibración de un Estimativo

Esta idea es mejor presentarla con base en un ejemplo:



Si prefiere este segundo juego al primero, se puede afirmar que su percepción de la probabilidad de ganar es:

$$P(\text{ganar}) < 0,90$$

Con esta información se tiene entonces:

$$0,5 < P(\text{ganar}) < 0,9$$

Este proceso se puede repetir ajustando las probabilidades (la proporción entre bolas rojas y blancas) y reduciendo el rango en el cual se encuentra $P(\text{ganar})$ hasta precisar su valor. Por ejemplo, se puede llegar hasta $0,65 \leq P(\text{ganar}) \leq 0,74$ y así sucesivamente hasta determinar un intervalo suficientemente corto que permita definir su valor. Hay que tener mucho cuidado al plantearle esto a un abogado, porque puede pensar que se está burlando de él o que usted está loco. Trate de ilustrar esto con una situación “seria”.

Determinación de la distribución de la probabilidad subjetiva

Con el siguiente ejemplo se ilustra la forma de construir una función de probabilidad basada en información subjetiva:

Ejemplo 4

Supóngase que se conoce el número de estudiantes potenciales de una universidad (por ejemplo, la población de ambos sexos entre 17 y 19 años) y que se desea estimar la distribución de probabilidad de que cierto número de personas que conforman ese grupo se matriculen en la universidad en un nuevo

programa de extensión que se iniciará próximamente. En la universidad existe un funcionario con mucha experiencia y tiene alguna idea sobre el comportamiento de esa población durante los próximos 5 años.

Supóngase, además, que la población objetivo potencial es de 100.000 estudiantes. Una primera aproximación podría ser tratar de determinar un par de límites entre los cuales se encuentra el número de inscritos sin que el funcionario tenga dudas sobre ello. Se le preguntaría, por ejemplo, si el número de estudiantes estaría por encima de 5.000 personas. A esto podría contestar que sí. ¿Está por debajo de 93.000 personas?, a lo cual podría responder que sí. Con esta información se sabe que el número de matriculados – X personas– estará entre 5.000 y 93.000. Esto es:

$$5.000 \leq X \leq 93.000$$

Esto implica que:

$$\Pr(5.000 \leq X \leq 93.000) = 1$$

El siguiente paso sería tratar de determinar un valor que divida ese intervalo en dos partes (no necesariamente iguales) tales que la probabilidad de que el número de participantes sea mayor que ese valor o menor que él sea la misma.

Supóngase que ese valor es 60.000. Esto es, que cree que el valor 61.500 es igualmente posible que el valor 59.000, por ejemplo. Aquí *igualmente probable* significa que si se tienen dos loterías con un premio muy alto a que X es mayor que 60.000 y cero si no lo es y otra con el mismo premio a que X es menor que 60.000 y cero si no lo es, el individuo será indiferente entre estos dos juegos.

Todo esto implica que:

$$\Pr(5.000 \leq X < 60.000) = 50\%$$

y,

$$\Pr(60.000 \leq X < 93.000) = 50\%$$

Trátese ahora de que el individuo divida el intervalo: en dos partes iguales en términos probabilísticos.

$$5.000 \leq X < 60.000$$

Esto es, que si se supone que el número de participantes está entre 5.000 y 60.000 se trataría de encontrar un valor que divida ese intervalo en dos partes con igual probabilidad. La división del intervalo debe ser de tal forma que la persona que hace el análisis esté indecisa de si el valor está por encima o por debajo de ese punto; no se trata de una división del intervalo en partes iguales.

Supóngase que el valor determinado es 45.000. Trátese ahora de definir el valor que divide el intervalo 60.000 y 93.000 en dos partes iguales con igual probabilidad. Esto es, si el número de participantes estuviera entre 60.000 y 100.000, cuál sería el valor para el cual la probabilidad de que el número de participantes fuera mayor que él sea igual a que fuera menor. Supóngase que ese valor es 70.000.

Ahora lo que se ha dicho en términos probabilísticos es:

$$\Pr(5.000 \leq X < 45.000) = 25\%$$

$$\Pr(45.000 \leq X < 60.000) = 25\%$$

y

$$\Pr(60.000 \leq X < 70.000) = 25\%$$

$$\Pr(70.000 \leq X \leq 93.000) = 25\%$$

Ahora se tratará de encontrar un valor que divida en dos partes el intervalo 5.000 y 45.000. Teniendo en cuenta las mismas explicaciones anteriores, supóngase que ese valor es 35.000. Y así sucesivamente, se podrían subdividir los intervalos resultantes para encontrar más puntos. Esto significa en términos probabilísticos que

$$\Pr(5.000 \leq X \leq 35.000) = 12,5\%$$

$$\Pr(35.000 \leq X < 45.000) = 12,5\%$$

En realidad, lo que se ha hallado es lo siguiente:

Rango				Probabilidad
De	5.000	a	34.999	0,125
De	35.000	a	44.999	0,125
De	45.000	a	59.999	0,250
De	60.000	a	69.999	0,250
De	70.000	a	100.000	0,250

Se puede, así mismo, encontrar la distribución de frecuencia acumulada así:

Valor X	Probabilidad de x menor o igual que X
0	0
35.000	0,125
45.000	0,25
60.000	0,50
70.000	0,75
100.000	1,00

Distribución Acumulada de Probabilidad del Tamaño de la matrícula

Hecho esto se debe hacer una verificación de consistencia interna con la percepción de la o las personas que están haciendo la estimación subjetiva de la distribución de probabilidad. Una aproximación podría ser verificar si las probabilidades asignadas a ciertos intervalos, por ejemplo, de 5.000 a 34.999, de 35.000 a 44.999 deben ser iguales o no y así para todas las posibilidades. Tratar de definir el punto del intervalo que hace indiferente a la persona entre ese valor y una unidad más o una unidad menos tiende a ser difícil en la práctica. Sin embargo, siendo menos riguroso el método, se podría intentar establecer subintervalos iguales y hacer las verificaciones mencionadas en este párrafo. La experiencia del autor indica que este método funciona y por lo tanto es posible establecer distribuciones de probabilidad subjetivas. Por lo general, lo que ha sucedido en pruebas que ha hecho el autor en talleres para ejecutivos es que el valor de las probabilidades se ajusta hasta llegar a un punto

aceptable. Esto es, se reducen unas y se aumentan otras (siempre debe sumar 100%), hasta cuando la distribución de probabilidad refleje la situación percibida subjetivamente por el que decide.

Una alternativa para estimar casos concretos de probabilidades subjetivas es a partir de los datos máximo, mínimo y más probable de una determinada variable. Con esta información se pueden hacer estimativos de los parámetros de algunas distribuciones, por ejemplo:

$$X = \frac{X_{\min} + 4X_p + X_{\max}}{6} \quad (3.15)$$

$$\sigma = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6} \quad (3.16)$$

Donde:

X_{\min} = Estimativo del mínimo valor que puede tomar la variable X

X_{\max} = Estimativo del máximo valor que puede tomar la variable X

X_p = Estimativo del valor más probable que puede tomar la variable X

σ = Desviación estándar de la variable X

Estos estimativos pueden ser adecuados para distribuciones normales o distribuciones llamadas *beta* utilizadas en los análisis de redes tipo PERT (*Project Evaluation Review Technique*). En el siguiente capítulo se verá una aplicación del *teorema del límite central* que permite la utilización de esta información para el análisis del riesgo.

Ahora bien, se puede demostrar que las probabilidades subjetivas cumplen las mismas reglas que las probabilidades objetivas y pueden ser utilizadas operacionalmente en la misma forma que las segundas.

Múnera (1978) presenta una revisión de los diferentes enfoques para hacer estimativos de las distribuciones de probabilidad. Cita a *Tversky y Kahneman* (1974), quienes observan la existencia de tres sesgos principales: Representatividad, disponibilidad y anclaje (*anchoring*). Según esto, el que

decide puede sobreestimar la probabilidad del evento que más fácilmente se puede representar (representatividad), o la de eventos que ocurrieron recientemente (disponibilidad), o la de eventos relacionados con alguna información reciente y original (anclaje). Este tipo de sesgos han sido comprobados experimentalmente. También cita a *Howell*, quien observa otro tipo de sesgo, consistente en hacer estimativos acerca de riesgos en el área del conocimiento o habilidad especializados del que decide.

3.10 Estimativos a través de encuestas

Hans Schwarz (1972) presenta un ejemplo simple de cómo determinar probabilidades a partir de la información de una encuesta que contiene información subjetiva, para hacer estimativos de demanda. Parte de una encuesta a los elementos de una muestra de 200 clientes potenciales, para un determinado producto.

La encuesta precisaba varios factores de compra:

1. Deseo de comprar el producto.
2. Tiempo en que se compraría el producto.
3. Actitud de las esposas ante la decisión de compra.
4. Preocupación de que el producto utilizará energía atómica.
5. Actitud del que decide ante el precio.

Los resultados del primer punto fueron:

Respuesta	Número	Porcentaje
Definitivamente comprarán	10	5
Más probable que compren a que no compren	70	35
No es probable que compren	120	60

Una encuesta realizada anteriormente indicaba que con un producto similar solo el 46% de quienes habían afirmado que comprarían, efectivamente compraron. Esta información ayuda a estimar unos pesos o ponderaciones.

Con los resultados en la mano, se procedió a asignar ponderaciones a las diferentes respuestas (en este proceso se podría utilizar el *Método Delphi*), así:

Para el factor 1:

Respuesta	Ponderación
Definitivamente comprarán	1,0
Más probable que compren a que no compren	0,4
No es probable que compren	0,0

Para el factor 2:

Respuesta	Ponderación
En 3 meses	1,0
Entre 3 y 6 meses	0,8
Entre 6 y 12 meses	0,6

Para el factor 3:

Respuesta	Ponderación
La esposa no opina	1,0
La esposa opina y desea el producto	1,0
La esposa opina pero prefiere a la competencia	0,6

Para el factor 4:

Respuesta	Ponderación
No le preocupa el uso de energía atómica	1,0
Muestra preocupación por el uso de energía atómica	0,4

Para el factor 5:

Respuesta	Ponderación
Precio dentro del presupuesto	1,0
Precio más alto que el presupuesto	0,3
Precio más bajo que el presupuesto	0,8

De acuerdo con los resultados del primer punto, o sea la pregunta sobre si comprarán o no el producto, el mercado potencial era de 40% compuesto por 35% que respondió más probable que compren, más 5% que respondió que definitivamente comprarían; considerando las ponderaciones de los diversos factores, se llega a un nuevo estimativo de 19%, teniendo en cuenta solo el primer factor.

$$10 \times 1 + 70 \times 0,4 = 38 \text{ y } 38/200 = 0,19$$

¿Cómo se utilizarían estos pesos o ponderaciones en la estimación total?. Cada encuestado se ponderaría por la forma en que hubiera respondido, así:

Si el encuestado responde “bien” a todas las preguntas equivaldría a $1(1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1)$. Si por el contrario responde así:

Factor	Respuesta	Ponderación
1	1	1,0
2	2	0,8
3	2	1,0
4	2	0,4
5	1	1,0

Al efectuar la “ponderación” de esas respuestas se hallaría que equivale a 0,32. Esto se repite para cada una de las encuestas y se suma; el resultado total expresaría una cifra representativa del mercado potencial. Si, por ejemplo, esta suma resultara ser de 11,9, se tendría un estimativo del mercado que realmente compraría el producto de 5,95% (11,9/200).

Algunos pueden objetar la validez de hacer estimativos que no pueden ser “probados” o “demostrados” *a priori*, y que por lo tanto la decisión podría estar tan errada como suponer la certeza de un solo estimativo. Lo cierto es que es mucho más razonable examinar varias posibilidades planteadas por expertos que pensar que el futuro es determinístico y basar el análisis en un solo dato.

Se dice también que quienes responden una encuesta no saben realmente cuál va a ser su comportamiento futuro, y que esto es válido en cualquier dirección (los que dicen *sí* y los que dicen *no*), y que, por lo tanto, cualquier intento que se haga en ese sentido será un esfuerzo inútil. Esto indica

una actitud derrotista que llevaría a la conclusión de que no se podrían tomar decisiones a menos que existiera certeza absoluta sobre el futuro. No debe olvidarse que el problema básico del que decide es tomar decisiones con consecuencias irreversibles, con información incompleta.

La realidad es que el mundo sigue su curso. El hombre es el motor y tiene que tomar decisiones, con o sin información, completa o incompleta, confiable o no. Y mientras tanto, habrá que buscar formas que despejen la incógnita del futuro; las que se presentan en este capítulo, y otras de la literatura existente, son aproximaciones a la solución del problema.

3.11 Resumen

En este capítulo se ha estudiado el problema de la toma de decisiones bajo incertidumbre. Se ha distinguido entre riesgo e incertidumbre; el primero se refiere a situaciones donde se tiene una distribución de probabilidad de los eventos, mientras que en el caso de incertidumbre esta distribución no se conoce. Para el manejo de la incertidumbre se propusieron ciertos criterios o métodos de selección basados en la *Teoría de juegos*.

Se examinaron las causas de la incertidumbre y se presentó una secuencia de análisis para determinar cuándo se debe hacer análisis de riesgo.

Por último, ofreció una metodología para determinar estimativos subjetivos y distribuciones de probabilidad subjetivas.

3.12 Referencias

- Canada, J.R., J.A. White, *Capital Investment Decision Analysis for Management and Engineering*, New Jersey, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs,., 1980.
- García, I.D., F.J. Marín, “La función financiera en la gran empresa nacional y multinacional que opera en Colombia”, en *Revista Universidad EAFIT*, enero-marzo de 1987, No. 65, p.p. 7-134.
- Hertz, D., “Risk analysis in capital investment”, en *Harvard Business Review*, Vol.42, No. 1, enero-febrero de 1964, p.p. 95-106.
- Hespos, R. y P. Strassman, “Stochastic Decision Trees for the Analysis of Investment Decisions”, en *Management Science*, Vol. 13, No. 12, agosto de. 1965, p.p. 244-259.
- Hillier, F. S., “The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments”, en *Management Science*, Vol. 9, No.3, 1963, p.p. 443-457.

- Howell, W.C., "Compounding Uncertainty From Internal Resources", en *Journal of Experimental Psychology*, No. 95, p.p. 6-13 (citado por Múnera).
- Morris, William T., 1964, *The Analysis of Management Decisions*, Irwin.
- Múnera, H.A., *Modeling of Individual Risk Attitudes in Decision Making Under Uncertainty: An Application to Nuclear Power*, Berkeley, Disertación de Ph. D., University of California, septiembre de 1978.
- Poundstone, William, *El dilema del prisionero*, Alianza Editorial, 1995. Traducción de *Prisoner's dilemma. John von Neumann, Game Theory and the Puzzle of the Bomb*, 1992.
- Rescher, Nicolas, *Luck. The Brilliant Randomness of Everyday Life*, New York, Farrar Strauss Giroux, 1995.
- Schwarz, H., "The Use of Subjective Probability Methods in Estimating Demand", en *Statistics A Guide to the Unknown*, San Francisco, Tanur J. M. ed., Holden-Day Inc, 1972.
- Tversky, A. y D. Kahneman, "Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases", en *Science*, No.185, septiembre de 1974, p.p. 1124-1131 (citado por Múnera).
- Vélez, Ignacio, *Decisiones de Inversión*, Bogotá, mimeografía, Facultad de Administración, Universidad de los Andes, mayo de 1987, p. 459.

3.13 Ejercicio de autocorrección

Se tiene la siguiente matriz de pagos (utilidades) para las alternativas $A1$, $A2$ y $A3$ y los eventos $E1$, $E2$ y $E3$:

	E1	E2	E3
A1	7	5	0
A2	5	5	5
A3	4	12	4

Calcule la mejor estrategia con los criterios pesimista, optimista y de *Savage*.

Solución al ejercicio de autocorrección

	E1	E2	E3
A1	7	5	0
A2	5	5	5
A3	4	12	4

Calcule la mejor estrategia con los criterios pesimista, optimista y de *Savage*.

Maximínimo (pesimista)

A1	0
A2	5
A3	4

Se escoge la alternativa *A2* por corresponder al máximo de los mínimos.

Maximáximo (optimista)

A1	7
A2	5
A3	12

Se escoge la alternativa *A3* por tener el máximo de los máximos, *Savage* (Pena minimáxima).

Matriz de penalización

	E1	E2	E3	Máxima pena
A1	0	7	5	7
A2	2	7	0	7
A3	3	0	1	3

La alternativa con la mínima máxima pena es *A3*, por lo tanto se selecciona.

3.12 Ejercicios

1) Caso Banco Central Hipotecario

En el antiguo sistema de financiación del Banco Central Hipotecario se establecían los créditos a 15 años a tasas que fueron ajustadas para el mercado con el tiempo. Sin embargo, una persona podía sufrir un reajuste en la tasa de interés. A pesar de haber pactado una cierta tasa de interés con anterioridad, el pago de estos créditos se hacía por medio de cuotas uniformes durante todo el período de la deuda, excepto en el caso en que hubiera sido reajustada, lo cual hacía que cambiara el monto, pero a partir de allí se mantenía constante. El B.C.H. tenía préstamos al 13%, 15%, 16% y 18% anual. En abril de 1979, el banco envió a sus deudores la siguiente comunicación:

Promoción especial

Ref: Obligación hipotecaria No. _____

Estimado cliente:

Nos complace comunicarle que el Banco Central Hipotecario ha resuelto establecer un sistema que le permita a sus clientes liberar en menos tiempo del establecido los inmuebles hipotecados, sin necesidad de aumentar el costo mensual de servicio de la obligación.

Esto se logra haciendo usted en cualquier fecha abonos extraordinarios por cualquier suma no inferior a \$3.000, lo que además le representa otros excelentes servicios adicionales, a saber:

1) Reducción del número de cuotas por pagar

Cada abono extraordinario que usted haga le reduce el número de cuotas faltantes que debería pagar para la cancelación total de la deuda, es decir, obtiene una jugosa economía, tal como se demuestra en la siguiente tabla y ejemplo:

Número de cuotas que dejaría de pagar por un abono extraordinario igual a 10 veces el valor de la cuota.

Tasa de interés del crédito hipotecario

	18%	16%	15%	13%
Plazo faltante				
180 meses	77	65	62	52
150 meses	58	51	47	40
120 meses	42	38	35	31
90 meses	30	27	26	23
60 meses	20	19	19	17
30 meses	14	13	13	13

Ejemplo: Si la tasa de interés de su crédito hipotecario es del 15% y aún le quedan 120 cuotas por pagar, al hacer un abono por cantidad equivalente al valor de 10 cuotas, el número de cuotas faltantes a pagar se reduce de 120 a 85, es decir dejaría de pagar 35 cuotas, que es el número resaltado en la tabla.

2) Bonificación especial por sorteo

Probabilidad: 1 entre 100 de salir favorecido.

Cada abono o conjunto de abonos que usted haga en un determinado mes, le da derecho a participar en un sorteo de bonificación especial que realizará el banco al mes siguiente, y que será publicado en por lo menos dos periódicos de circulación nacional. La probabilidad de salir favorecido es de 1 entre 100, ya que jugará con los dos últimos números de su obligación hipotecaria, es decir, con los indicados en la parte superior de la página anterior.

El monto de la bonificación está relacionado con el número de meses faltantes para la cancelación de la deuda hipotecaria, tal como lo ilustra el siguiente cuadro y ejemplo:

Plazo	Monto de la bonificación faltante en efectivo como número de veces el abono extraordinario
151 a 180	20
150 meses	15
120 meses	12
90 meses	9
60 meses	6
30 meses	3

Ejemplo: Si el plazo faltante para el pago total de su crédito es de 160 meses, y hace un abono extraordinario de \$10.000.00, el monto de la bonificación al resultar favorecido en sorteo sería equivalente a 20 veces el valor del abono, o sea \$200.000.

Como es razonable, para que usted pueda hacer abonos extraordinarios y gozar de los beneficios que ellos le representan, es necesario que el servicio de su obligación se encuentre al día. En consecuencia, si al recibo del volante se encuentra usted atrasado en el pago de sus cuotas, lo invitamos a poner al día el servicio de su obligación.

Este sistema tiene vigencia hasta el 30 de septiembre de 1979, es decir que sobre los abonos que usted haga hasta la mencionada fecha gozará de los beneficios anteriormente indicados.

Gustosos daremos a usted la información que considere necesaria.

"Banco Central Hipotecario - Sucursal Bogotá"

Durante las siguientes semanas las ventanillas del banco quedaron completamente congestionadas.

a) Analice la oferta del banco. (Los bancos comerciales prestaban al 29% anual, trimestre anticipado, el Upac ofrecía corrección monetaria del 18% anual, sin contar los intereses, las cajas de ahorros ofrecían 18% anual, por trimestre vencido sobre saldos mínimos.)

b) ¿Cree usted que la propuesta del banco es atractiva? ¿Por qué?

c) ¿Cree usted que fue ética y correcta la propuesta del banco?, ¿Por qué?

d) ¿Cree usted que un empleado debía haber retirado sus cesantías parciales para atender la propuesta del banco?

e) ¿Cree usted que un empresario debía haber apoyado esta propuesta como medio para liberarse de obligaciones laborales a largo plazo?

2) La convención colectiva vence dentro de dos meses y se debe negociar un nuevo pliego de peticiones. Usted, como directivo, es miembro del grupo que definirá la estrategia por seguir para negociar el pliego con el sindicato. Después de considerar la experiencia y los archivos que tiene la división de recursos humanos, el grupo acuerda que las estrategias viables son las siguientes:

U1 = Ataque frontal; negociación dura y agresiva

U2 = Un enfoque razonable y lógico

U3 = Una estrategia legalista

U4 = Un enfoque conciliatorio y con tendencia al arreglo

Estas estrategias pueden evaluarse si se cuenta con una historia del comportamiento del sindicato en otras negociaciones. Suponga que esa información está disponible y que permite establecer un grupo de enfoques del sindicato, así:

S1 = Ataque frontal; negociación dura y agresiva

S2 = Un enfoque razonable y lógico

S3 = Una estrategia legalista

S4 = Un enfoque conciliatorio y con tendencia al arreglo

Considerando las consecuencias de cada curso de acción o estrategia de su entidad, se puede construir la siguiente tabla de costos (ganancias para el sindicato), en términos, por ejemplo, de lo que se lograría en aumento de salario mínimo diario.

Estrategias de la compañía

Estrategias del sindicato	U1	U2	U3	U4
S1	200	150	120	350
S2	250	140	80	100
S3	400	20	100	50
S4	10	40	110	0

- a) Defina la mejor estrategia de la entidad por medio de un criterio pesimista.
 - b) Defina la mejor estrategia para la entidad con el criterio de pena minimáximo de Savage.
- 3) Realice una asignación de probabilidad subjetiva a un evento o serie de eventos relacionado(s) con su actividad laboral.
 - 4) Con la matriz de utilidades que aparece a continuación tome la decisión utilizando los diferentes criterios para tomar decisiones bajo incertidumbre total.

Alternativa	Resultados posibles			
	A	B	C	D
I	36	35	21	24
II	28	28	28	28
III	10	56	20	29
IV	29	45	20	21
V	20	23	23	22

5) Tengo incertidumbre total sobre los resultados de las operaciones de exploración de cierto negocio que está llevando a cabo mi competidor. He calculado la siguiente matriz de pagos para una inversión que pienso hacer ahora o que puedo posponer hasta cuando se determine si mi competidor ha tenido éxito o no.

	Exploraciones del competidor exitosas	Exploraciones del competidor no exitosas
Hago la inversión	100.000	-50.000
La pospongo	-25.000	50.000

a) Determine la decisión que debo tomar utilizando cada uno de los siguientes criterios:

- 1) Maximínimo (Minimáximo)
- 2) Maximáximo
- 3) Criterio de la pena Minimáxima

b) ¿Hay alguna base para decidir que alguno de estos criterios es más válido que otro en este caso?

Explique.

6) Artículo aparecido en la sección económica de El Tiempo de Bogotá el sábado 2 de febrero, 1996.

Al vaivén de la crisis

“A nivel mundial, se acepta que los títulos emitidos por el gobierno de los Estados Unidos son los más seguros, como quiera que el riesgo implícito en la inversión en los mismos es prácticamente nulo. Nadie en su sano juicio podría pensar que el país más rico del mundo dejará en algún momento de pagar sus deudas y por ello los bonos y billetes de la Tesorería norteamericana hacen parte importante y favorita de portafolios en todo el planeta. Aunque en días pasados se paralizó el funcionamiento del gobierno federal de los Estado Unidos, por falta de recursos, en ningún momento se produjo la temida cesación de pagos sobre sus títulos de deuda.

Los demás países desde los más ricos hasta los más pobres, también acuden a los mercados financieros internacionales en busca de recursos para financiar su desarrollo, y Colombia no es la excepción.

Tanto el Estado colombiano como el sector privado han obtenido importantes volúmenes en los últimos años y para lo que resta del presente se tiene pensado colocar más de 1.500 millones de dólares en bonos en Estados Unidos, Japón y Europa.

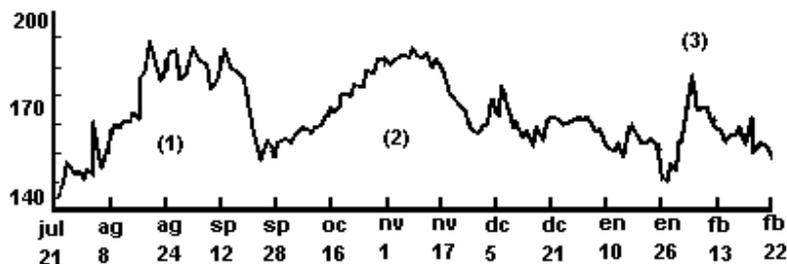
A pesar de la descertificación anunciada ayer por el gobierno de Estados Unidos, aún es probable que el país coloque sus papeles con éxito, y que, como siempre, la demanda de los inversionistas por los mismos supere ampliamente la oferta. Como bien manifestó el presidente de la Bolsa de Bogotá, Carlos Caballero Argáez, desde el punto de vista de las implicaciones financieras de la descertificación, para Colombia “es más importante el concepto que del país tengan Standard & Poors o Moodys –dos de las más importantes agencias calificadoras– que el del departamento de Estado de los Estados Unidos”. Y lo cierto es que aún conservamos buenas notas en ese campo.

Pero, aunque los títulos colombianos de deuda siguen siendo atractivos, es posible que en los próximos días se evidencie desgano frente a los mismos. En efecto, los vaivenes de la crisis política han producido fluctuaciones pronunciadas en los precios de nuestros papeles en los mercados secundarios, que son aquellos a los que acuden los tenedores de títulos que quieren venderlos por necesidades de liquidez o simplemente de estrategia.

Los estragos se han visto reflejados en períodos en los cuales nuestros bonos se convierten significativamente más baratos que los bonos de los Estados Unidos al mismo plazo de vencimiento. Es lo que en el lenguaje de los expertos financieros se denomina el “spread”. Un “spread” de 200 puntos significa que quien está dispuesto a comprar bonos colombianos, lo hará siempre y cuando el rendimiento anual que obtenga supere al de los bonos norteamericanos en dos puntos porcentuales. Por otro lado, un “spread” de 100 puntos significa que el inversionista está dispuesto a que el rendimiento de su inversión sólo supere en un punto a la de los papeles estadounidenses. En el segundo caso, el inversionista está mostrando mayor confianza en los papeles colombianos que en el primero. En conclusión, mientras más alto el “spread”, menos disposición tienen los inversionistas extranjeros para comprar nuestros bonos.

SPREAD DE BONOS COLOMBIANOS DE CINCO AÑOS

Puntos sobre bonos del tesoro de los Estados Unidos



(1) Arrestados Botero y Medina (2) Renuncian embajadores y ministros
(3) Botero acusa a Samper

A lo largo de la crisis política, el “spread” de los bonos colombianos ha tenido un comportamiento tan errático como el de los hechos que han acompañado a la misma. Así, en julio de 1995, cuando reventó el escándalo y comenzaron las detenciones, se dio un primer brinco. El segundo sobresalto llegó en noviembre con las renuncias y los retiros de apoyo a Samper. El último sobrevino con las declaraciones del ex ministro Botero, aunque sus efectos fueron mucho menores que los anteriores.

¿Qué pasará a partir del lunes con el país sin certificado de buena conducta? Amanecerá y veremos”.

Según el contexto de este capítulo, ¿por qué ocurren las variaciones? ¿Qué percepción tienen los inversionistas de los Estados Unidos acerca de nuestros bonos? En este mismo contexto, ¿qué significa el “spread”?

7. El caso Pelapollos (Este caso está adaptado de Bierman y Smidt)

1. Memorándum

Para: Juan Estudiante. Director de estudios económicos

Compañía Química Hacerlotodo

De: Perico Levantado. Presidente

Referencia: Estudio para un nuevo producto

Como usted ya sabe, nuestra división de investigación y desarrollo ha perfeccionado un nuevo producto, el cual pensamos lanzar al mercado con el nombre de Pelapollos. El Pelapollos es un líquido inestable que debe ser conservado bajo presión a temperatura muy baja, aproximadamente a -130 grados centígrados. Por encima de esta temperatura, el producto se descompone en unos pocos minutos. El Pelapollos tiene una sola aplicación comercial importante conocida al rociar, mediante un pulverizador especial, 100 gramos de Pelapollos sobre un pollo recién sacrificado, éste pierde todas sus plumas como por encanto, y en muy pocos segundos.

No hay ningún efecto lateral dañino, y el producto ha sido ya aprobado por el Ministerio de Salud y del Medio Ambiente.

La compañía química Hacerlotodo considera dos alternativas de explotación de un nuevo producto. La primera posibilidad consiste en la venta de la patente y derechos de producción a la Distribuidora Comercial Ltda. interesada en la producción y venta del Pelapollos. La otra alternativa para Hacerlotodo implica la construcción y dotación de una planta para producir y envasar el líquido, así como el manejo de la venta del mismo. La Distribuidora Comercial Ltda. ha ofrecido el pago inmediato de \$10.000 millones por la patente y derechos de producción.

Le envío con este memorándum las notas remitidas por los directores de investigación de mercados, producción y finanzas, los cuales le darán la base necesaria para evaluar la ganancia potencial del Pelapollos, en caso de que la Hacerlotodo decida producirlo y venderlo. Como director de estudios económicos usted especificará la clase de equipo requerido para producir el Pelapollos en la forma más gananciosa, estimará y presentará los flujos de caja resultantes de la operación y recomendará si debemos vender la patente o no.

2. Memorándum

Para: Perico Levantado. Presidente

Compañía Química Hacerlotodo

De: Vicente Machetero. Director de Investigación de mercado

Referencia: Mercado potencial de Pelapollos

Mercado total. El único uso comercial potencial para Pelapollos consiste en la remoción de plumas de pollos. En el área de mercados se consumen unos cien millones de pollos al año. El consumo de pollos ha crecido rápidamente en los últimos años como resultado de mejoras tecnológicas y disminución de costos en la producción. Sin embargo, se cree que ese mercado ya no crecerá más. El efecto del incremento de población se verá compensado por el aumento del consumo de la carne de otras aves: pavos, gansos, patos; por otra parte, el consumo de la carne de pollo se aumenta como resultado del crecimiento del ingreso promedio.

Cerca de la mitad de los pollos se sacrificará en los hogares y plantas de procesamiento localizadas en zonas donde el bajo costo de la mano de obra desplazará el Pelapollos como desplumador. El mercado potencial del proceso ascenderá a 50 millones de pollos al año en el futuro próximo. Esto requerirá 5 millones de kilos de Pelapollos por año, o cerca de 20.000 kilos por día laborable, con base en semana laboral de cinco días, y 50 semanas laborales por año).

Participación en el mercado. Aun cuando el Pelapollos ya se patentó, se ha filtrado la noticia a la competencia, la que está desarrollando productos similares no cubiertos por nuestra patente. Con toda seguridad enfrentaremos una fuerte competencia poco tiempo después de iniciar la producción y venta. Esperamos ser capaces de ganar y retener un 50 % del mercado total, equivalente a 2.5 millones de kilos anuales.

Precio. La demanda del Pelapollos es muy elástica para los precios superiores a \$1.200/libra, dado que hay técnicas alternativas de desplume fácilmente disponibles, resulta muy difícil el saber qué tanto podrá descender el precio, porque ello depende de los costos de la competencia y del peligro de que la industria crezca demasiado, haciendo malo el negocio para todos. Los precios por debajo de \$800 son ciertamente ruinosos. Estimamos que el nivel del precio fluctuará cerca a \$1.000/kilo y recomendamos utilizar esa cifra

para los estudios económicos. Todos los precios son F.O.B. en nuestra planta. Los clientes absorberán el costo de transporte.

Fluctuación de la demanda. El Pelapollos es muy inestable. No se podría almacenar sino con costos prohibitivos. El producto debe enviarse el mismo día que se consume. El área efectiva de nuestro mercado se limita a los clientes que alcanzarán a recibir el producto antes de 24 horas después de su despacho de la planta. Esta operará de domingo a jueves, porque lo que se envíe el viernes se recibirá el sábado y ya estará parcialmente descompuesto el lunes. Las plantas procesadoras de pollos no trabajan en sábado y domingo.

El consumo de pollos no cambia mucho a través del año, pero las plantas procesadoras de pollos operan normalmente sólo medio día de cada viernes. Nuestra producción de Pelapollos debe descender consecuentemente cada jueves. Así, una planta que aspire a una producción diaria promedio de 40,000 kilos debe esperar una fluctuación de la producción como sigue:

Días de semana	Producción diaria
Domingo a miércoles	44.400 kilos
Jueves	22.000 kilos
Producción diaria promedio	39.600 kilos

3. Memorándum.

Para: Perico Levantado. Presidente

Compañía Química Hacerlotodo

De: Guillermo Ingenioso. Director de producción

Referencia: Producción de Pelapollos

Ya se seleccionó una localización para la planta productora de Pelapollos, de acuerdo con las decisiones de Investigación y Transportes. Los costos de la tierra y desarrollo del sitio ascenderán a \$10 millones. Hay sólo 90 días para decidir sobre su adquisición.

Se han diseñado dos métodos de producción, los cuales han sido probados ya en procesos prototipo. Los costos asociados son los siguientes:

		Inversión en equipo e instalación por cada 1000 kilos de capacidad diaria	Gastos variables de operación, mano de obra y materiales por cada 1,000 kilos producidos	Gastos generales (overhead) fijos asignados por cada 1.000 kilos de producción
Método	A	\$2.000.000.000	\$ 125.000	\$ 1.375.000
	B	850.000.000	1.125.000	375.000

Los gastos generales (overhead) fijos son asignados de costos de otras divisiones y líneas de producción más la depreciación de este equipo.

Cualquier clase de equipo durará 10 años. Los costos de equipo e instalaciones se pueden depreciar en tal período, y no se obtendrá ningún valor neto de salvamento por tal concepto. El terreno no se deprecia, y no pierde su valor comercial. Los costos variables no incluyen depreciación e impuestos.

Además del equipo de producción, se requiere inversión de capital en oficinas, equipo de transporte y misceláneos en cantidad de \$500.000.000 por cada 1.000 kilos de producción máxima diaria. Los costos variables de operar estas facilidades adicionales sí están incluidos en los costos variables de los métodos A y B tabulados anteriormente.

Es posible diseñar y construir una planta que permita producir el Pelapollos según los métodos A y B en proporciones variables, si resulta deseable. Una producción máxima diaria de 20.000 kilos podría ser lograda, por ejemplo, mediante una instalación que tenga una capacidad de 12.000 kilos diarios utilizando el método A y 8.000 kilos diarios utilizando el método B. No hay costos significativos de instalación o cierre para ninguno de los métodos de producción.

Una planta con capacidad diaria de producción hasta de 50.000 kilos incurrirá en costos fijos (impuestos prediales, seguros, celaduría, etc.) de cerca de \$1.000.000.000 por año, sin contar la depreciación. Como todo esto requiere desembolsos, éstos pueden ser cargados como costos para efectos del impuesto sobre la renta. Una planta de ese tamaño también requeriría un capital del trabajo (inventarios, caja...) de unos \$500.000.000.

4. Memorandum

Para: Perico Levantado. Presidente

Compañía Química Hacerlotodo

De: Horacio Plata. Vicepresidente financiero

Referencia: Información financiera para la decisión de lanzamiento de Pelapollos.

El valor de mercado de nuestras acciones asciende a \$35.000.000.000 y el de la deuda en bonos es de \$40.000.000.000. El interés de la deuda es del 15 % anual. La compañía paga un dividendo anual, \$220.000, y el precio de venta de cada acción es de \$1.000.000. Los dividendos han venido aumentando en 2% por año. Nuestra firma paga impuestos sobre la renta incremental del 35%, lo cual corresponde a un 30% de impuestos renta y un 5% de impuestos locales.