

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Metodología para la evaluación de un proyecto comercial basado en la analogía de opciones en el mercado de derivados financieros y el principio de la ley de Weber Fechner para utilizar en mercadeo y toma de decisiones

Trabajo de Investigación presentado por Juan José García-Rosa Solares para optar al grado de Ingeniero Industrial

Guatemala
2008

Metodología para la evaluación de un proyecto comercial basado en la analogía de opciones en el mercado de derivados financieros y el principio de la ley de Weber Fechner para utilizar en mercadeo y toma de decisiones

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

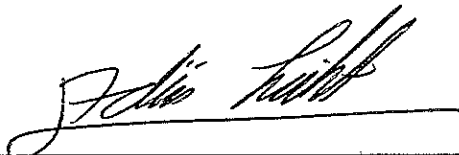
Facultad de Ingeniería

Metodología para la evaluación de un proyecto comercial basado en la analogía de opciones en el mercado de derivados financieros y el principio de la ley de Weber Fechner para utilizar en mercadeo y toma de decisiones


Trabajo de Investigación presentado por Juan José García-Rosa Solares para optar al grado de Ingeniero Industrial

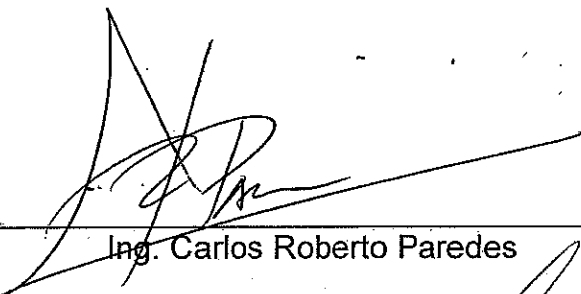
Guatemala
2008

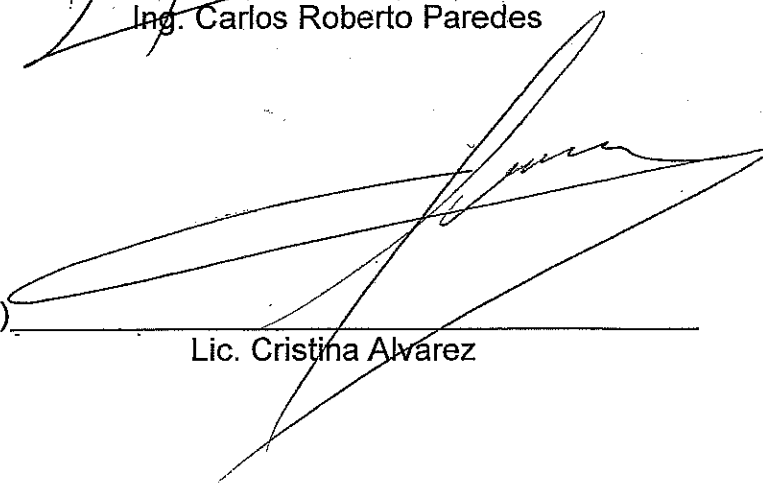
Vo.Bo:

(F) 
Lic. Adrian Licht

Tribunal:

(F) 
Lic. Adrian Licht

(F) 
Ing. Carlos Roberto Paredes

(F) 
Lic. Cristina Alvarez

Fecha de Aprobación: 22 de Enero del 2008

PREFACIO

Detrás de cualquier dato que llegue a influir la toma de decisiones de una empresa, hay un sin número de variables y posibilidades que es imposible predecir. Se trata cada vez mas de reducir la brecha de la incertidumbre, que aunque es muy difícil que se logre cerrar del todo, el solo hecho de reducirla , provoca que cada decisión se ejecute con mayor seguridad al reducir su riesgo.

El valor de la experiencia es de un inmenso valor, sin embargo, no todos logran contar con ella. La gran cantidad de supuestos en casi todos los estudios de mercado, hacen que aquella información aunque sea representativa de la realidad actual, no se puede tratar como un absoluto que impera a través del tiempo. Si bien el comportamiento humano no se puede predecir, si se pueden establecer tendencias y en base a ellas probabilidades, entre más exacta y verídica sea la información con que se cuenta, las decisiones serán cada vez más acertadas, no por nada se dice que “la información es poder” a medida que podamos ir afinando los métodos y modelos con que basamos gran parte de las decisiones empresariales, podremos ir avanzando con pasos más grandes en nuestra carrera hacia el progreso.

La flexibilidad tiene valor, este argumento es obvio a nivel conceptual pero tiene un significado más sutil a nivel práctico. ¿Es esta flexibilidad presente, reflejada en las aplicaciones tradicionales para valuaciones de eventos como VPN, simulaciones de monte carlo o árboles de decisión?

Gracias a las contribuciones de Louis Bachelier, Paul Samuelson, Fischer Black, Myron Scholes, Robert Merton y Lenos Trigeorgis, investigaciones de los últimos 20 años han logrado un notable progreso en el desarrollo de modelos de opciones capturando el impacto que tiene el valor de la flexibilidad. El desarrollo de Real Options a provisto las herramientas para revolucionar este campo.

De ninguna forma este trabajo pretende ser infalible o incuestionable, sino que humildemente pretende contribuir a poder reducir el riesgo y la incertidumbre que rodean cualquier decisión empresarial. La influencia e inspiración que llevó a realizar este trabajo proviene de cinco años de carrera en la Universidad del Valle de Guatemala, que con la ayuda de Dios, mi familia, amigos y la mayoría de sus catedráticos, que han hecho el amor a la cátedra parte de su vida, permitiendo así el crecimiento tanto a nivel intelectual como humano de su autor. Es mi deber y, como forma de agradecimiento, hacer una pequeña contribución por medio de este trabajo impulsado por mi cariño a esta gran institución y a mi país Guatemala.

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, a mis padres Carlos y Doris por todo su apoyo y amor, a mis hermanos, Doris María, Carlos Antonio, Pedro Pablo y Ruby María por sus consejos, a Esgi Escobar por su ayuda con el material bibliográfico y en especial a mi Asesor Lic. Adrián Licht por toda su sabiduría y paciencia.

<<Ama y haz lo que quieras>>

San Agustín

CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	viii
RESUMEN.....	ix
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. LA NATURALEZA DE LAS OPCIONES.....	4
IV. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO TRADICIONAL.....	5
V. VALUACIÓN DE OPCIONES.....	10
VI. FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA DEL VPN EXPANDIDO.....	14
VII. EL PRECIO DE VENTA Y LA LEY DE WEBER-FECHNER.....	19
VIII. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PRODUCTO.....	28
IX. REAL OPTIONS Y LAS 4P'S.....	30
X. EJEMPLO PRÁCTICO.....	37
XI. CONCLUSIONES.....	48
XII. RECOMENDACIONES.....	50
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	51
XIV. ANEXOS.....	52

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro	
1. Valor del mercado en el periodo t.....	52
2. Árbol share.....	52
3. Árbol precio.....	53
4. Árbol utilidad del proyecto en el periodo t.....	54
5. Árbol VPN estático.....	55
6. Árbol VPN expandido opción de abandonar.....	56
7. Árbol VPN expandido opción de contraer.....	58
10. Árbol VPN expandido opción de expandir	60

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración	
1. La flexibilidad administrativa.....	62
2. Factores que determinan la formación y modificación de los precios de referencia.....	63

RESUMEN

El análisis tradicional de cálculo de flujos de efectivo, Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, etc. no logran tomar en cuenta la flexibilidad con la que puede contar un proyecto. La naturaleza estática de estos análisis no permite a quien toma decisiones reaccionar ante eventos inciertos o inesperados. El valor de la flexibilidad se manifiesta típicamente como una colección de <<Real Options>> utilizando la analogía de las opciones de los mercados bursátiles pero en activos reales, relacionados con oportunidades de inversión, teniendo como base el valor del proyecto como flujos de efectivo. Se logra superar las barreras del análisis tradicional de VPN al crear escenarios donde cada uno de los flujos de efectivo de las opciones puede ser descontado a una tasa libre de riesgo modelando un escenario completamente libre del mismo.

Para la valuación de un proyecto comercial, en este trabajo se determinaron algunos los tipos de opciones para cada algunas de las variables que influyen en éxito comercial de un bien, tomando como base las 4P's del marketing. Para el caso del producto las opciones son de *Abandonar*, que puede ser modelada como una american put option teniendo un valor de $V + \text{Max}(A-V,0)$. Siendo V el valor actual del proyecto y A el ahorro en costos, *Contraer* que puede ser modelada como una american put option con valor $\text{Max}(I_c - c\%V, 0)$, donde I_c son los ahorros potenciales en costos y $c\%$ es el porcentaje de reducción del valor del proyecto, *Expandir*, puede ser modelada como una american call option con valor $V + \text{Max}(x\%V - I_e, 0)$, donde I_e es la inversión por expandir el negocio y $x\%$ es el porcentaje de crecimiento del valor del proyecto y *Continuar* que puede ser modelada como una american call option con valor $\text{Max}(V - C, 0)$. Siendo V la escala actual de ingresos del proyecto y C costo total del proyecto.

El precio se puede considerar de acuerdo a la ley de Weber-Fechner que permite establecer una relación logarítmica entre los precios de venta y el comportamiento de compra de los individuos. Si los cambios de precios se mantienen

dentro de una cierta proporción, no se producirán cambios significativos en las percepciones de los consumidores; por tanto existen intervalos de precios aceptables.

Las promociones se pueden modelar de diversas formas dependiendo de su naturaleza (tiempo, tipo y objetivo de la misma). Por ejemplo: si se considera que una promoción servirá para aumentar la participación del mercado (share) y se supone que un tiempo "t" después del lanzamiento del producto se hará una promoción, se modelará el aumento o disminución del share que se estima tener.

El cambio de de una plaza por otra puede ser modelada como una opción de abandonar la actual plaza, análoga a una american put option, con un valor de: $V + \text{Max}(C_i - C_f, 0)$, siendo C_i el costo actual de la plaza del proyecto y C_f el costos de la nueva plaza. Al considerar la competencia, el grado de incertidumbre y de escenarios es muy amplio, por lo que el modelo se debe adaptar de acuerdo a las circunstancias del mercado en que se desenvolverá el producto.

El valor de la administración activa (valor de la flexibilidad o la prima de la opción) será captada mejor si es mostrada dentro un árbol de decisión, donde la flexibilidad es modelada a través de nodos. Se muestra por medio de un ejemplo la diferencia entre valuación de un proyecto comercial utilizando un VPN expandido y el VPN estático o tradicional y se implementan las opciones al análisis del mismo para mostrar como el valor de la flexibilidad administrativa influye en la rentabilidad de un proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Estudios sobre prácticas corporativas elaborados por Donaldson y Lorsch (1983), entre otros han revelado una discrepancia entre la teoría financiera tradicional y la realidad corporativa, sugiriendo que los administradores están dispuestos a tomar en cuenta la flexibilidad operativa y estratégica justamente como un valor directo de flujos de efectivo.

El acercamiento a través de descuentos de flujos de efectivo como el VPN no captura apropiadamente la flexibilidad administrativa para adaptar y revisar futuras decisiones en respuesta de inesperados acontecimientos del mercado. Estas técnicas asumen implícitamente un escenario específico de flujo de efectivo y presuponen que la administración esta comprometida a cierta estrategia estática operativa. (Iniciando un proyecto inmediatamente, y seguir operándolo continuamente a cierta escala hasta el final de un específico tiempo de vida)

Sin embargo en el actual mercado, que se caracteriza por el cambio, la incertidumbre y la interacción competitiva, la formulación de flujos de efectivo diferirá de lo que en realidad va a ocurrir. A medida que va llegando nueva información y la incertidumbre acerca de las condiciones del mercado se van resolviendo y futuros flujos de efectivo son resueltos, la administración puede tener flexibilidad valiosa para alterar su inicial estrategia competitiva captando futuras oportunidades o reaccionar para mitigar pérdidas. Por ejemplo, la administración puede diferir, expandir, contraer, abandonar o alterar un proyecto en varias etapas del mismo a lo largo de su periodo de vida.

Esta flexibilidad operativa administrativa se relaciona con las opciones financieras que se compran y venden en los mercados bursátiles. Por ejemplo, una call option con base a un activo con un valor actual V , brinda el derecho, pero no la obligación de comprar dicho activo, por medio del pago de un precio previamente pactado (exercise price) antes o al final de su ejercicio (american option). De la misma forma una put option, brinda el de vender o intercambiar un determinado activo al precio pactado o (exercise price). Esta desigualdad derivada de tener el derecho, pero no la obligación es la esencia del valor de una opción.

El trabajo consistirá en desarrollar una metodología, utilizando la analogía de opciones en el mercado de derivados financieros (*Real Options*), junto con los principios de la ley de Weber-Fechner, para determinar la rentabilidad de un proyecto comercial que una empresa pudiera considerar llevar a cabo.

Según el comportamiento que pueda presentar el mercado a lo largo del tiempo, la administración podrá valorar cómo la toma de decisiones influirá en la rentabilidad del proyecto. Se desarrollarán los flujos de efectivo para cada una de las variables comerciales utilizando como base las 4P's del marketing y la obtención de las ecuaciones de *Real Options* que permitan obtener una proyección de cual será el VPN del proyecto. Con ello se tendrá una herramienta que tomará en cuenta la variabilidad del mercado a lo largo del tiempo permitiendo obtener una proyección más exacta de cual sería el valor real de un proyecto comercial.

II. OBJETIVOS

A. Generales

Establecer un método más preciso para la valuación de la rentabilidad de un proyecto comercial, mejorando el modelo de toma de decisiones acerca del mercadeo de un producto con base al desempeño que presentara el mismo a lo largo del tiempo y de las variables que influyeren él.

B. Específicos

1. Determinar que “opciones reales” (referidas a la analogía con las opciones de derivados financieros) con base a las 4P's del Marketing: Producto, Precio, Plaza y Promoción representan la mayor contribución a la rentabilidad de un proyecto comercial, para el mercadeo de un producto según las reacciones del mercado y de la competencia.
2. Determinar que los principios de la ley de Weber-Fechner son aplicables al caso de reacción en los precios de un producto.

III. LA NATURALEZA DE LAS OPCIONES

Una opción se define como el derecho, sin ninguna obligación asociada, de comprar (si es call) o vender (si es put) un activo específico (comúnmente acciones) pagando un precio pre determinado (el exercise o strike price) en o antes de una fecha específica (fecha de expiración o maduración). Si una opción puede ser ejercida antes de su maduración se llama american option, si solo es posible en la fecha de maduración es llamada european option. (Trigeorgis, 1996)

El beneficio derivado del derecho de ejercer la opción si le conviene o interesa al dueño, sin obligación de ejercerla, es el punto central del valor de una opción. Las opciones difieren de los contratos de futuros porque estos (futuros) involucran un compromiso que tienen que cumplir y una obligación de comprar o entregar un activo un tiempo después en los términos acordados, aunque el dueño lo quiera o no. (Trigeorgis, 1996)

Los activos por los que una opción puede escribirse incluyen una gran variedad de productos financieros, por ejemplo hay opciones en acciones (Ej. IBM), de índices bursátiles (Ej. The Standard & Poor's 500 index en los Estados Unidos, El Nikkei 225 index en Japón), varios tipos de bonos, petróleo, metales, varios tipos de commodities (Ej. maíz, trigo), monedas extranjeras, varios pasivos empresariales y en activos reales o proyectos. A diferencia de las call options, que incrementan de valor con movimientos favorables del precio del determinado activo, las put options, como un seguro, son rentables cuando dicho activo cae en valor. (Trigeorgis, 1996)

Como las opciones en activos financieros, la flexibilidad administrativa de adaptar acciones futuras en respuesta a las condiciones en que se encuentra el mercado y las reacciones competitivas, expande en gran medida el valor de una oportunidad de inversión mejorando su potencial, limitando a su vez pérdidas relativas respecto a las expectativas iniciales de la administración. Esta asimetría resultante de la adaptabilidad administrativa llama por un criterio de inversión más amplio, reflejado en el valor de dos componentes: El tradicional VPN de flujos de efectivo directo y el valor de la opción de la flexibilidad administrativa y de interacciones estratégicas. (Trigeorgis, 1996)

IV. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO TRADICIONAL

Las técnicas tradicionales de valuación de inversiones como el descuento de Flujos de Efectivo (DFE), no son capaces de capturar apropiadamente la flexibilidad administrativa para adaptar y revisar decisiones más adelante en respuesta de inesperados acontecimientos del mercado y tampoco captura la flexibilidad estratégica de introducir, por ejemplo, nueva tecnología, el impacto de proyectos interdependientes o la interacción con la competencia. En un mercado mundial cambiante y lleno de incertidumbre la flexibilidad de las operaciones administrativas y la adaptabilidad de las estrategias han sido cruciales para la exitosa asignación de recursos y favorecido futuras oportunidades de inversión, así mismo han limitado las pérdidas por condiciones adversas al mercado o acciones de parte de la competencia.

A. EJEMPLO

Considere el siguiente ejemplo de las dificultades referentes al riesgo de un análisis tradicional de descuentos de flujos de efectivo en presencia de una opción: Una compañía quiere valorar la oportunidad de inversión en un proyecto (R&D) que un año después generará flujos de efectivo esperados por \$180 millones bajo buenas condiciones ($V^+=180$) o \$60 millones bajo malas condiciones ($V^-=60$). Existe una probabilidad de $q=0.5$ para cada resultado. El gobierno para apoyar el proyecto está dispuesto a dar una garantía o póliza de seguro por \$180 millones si ocurren malas condiciones. Sin la garantía del gobierno, los flujos de efectivo del proyecto tienen una tasa de retorno (descuento) de $k=20\%$, mientras que la tasa libre de riesgo es de $r=8\%$. ¿Cuál es el valor presente de este proyecto (V) y la de la opción de abandonar (Put Option) que avala la garantía (P)?

La garantía del gobierno es como una put option, obteniendo así la empresa el derecho de "vender" el valor del proyecto y recibir el monto de la garantía o "exercise price" de \$180 millones. Bajo buenas condiciones, el próximo año la garantía tendrá un valor de ($P^+=0$) y bajo malas condiciones tendrá un valor de \$120 millones ($P^-=180-60=120$)

Las anteriores situaciones se resumen en las siguientes ecuaciones:

VPN sin la garantía:

$$V = \frac{E(C_1)}{1+k} = \frac{qV^+ + (1-q)V^-}{1+K} = \frac{0.5*180 + 0.5*60}{1+20} = 100$$

VPN con la garantía:

$$V^* = \frac{0.5*180 + 0.5*(60+120)}{1+0.20} = 150$$

Por lo que el valor del put option que da la garantía se estima como:

Valor de la garantía (Abandonar proyecto) = Valor del proyecto con la garantía – Valor del proyecto sin la garantía = 150-100=50

Esta valuación tradicional asume que el pago del put option (garantía) tiene el mismo riesgo y puede ser descontado a la misma tasa que el proyecto sin la garantía.

$$\text{Valor}_\text{Garantía}(\text{Put}_\text{Option}) = \frac{0.5*0 + 0.5*120}{1.20} = 50$$

Sin embargo este cálculo no está bien, ya que la flexibilidad de abandonar el proyecto por el precio de la garantía alterará el riesgo del proyecto y su tasa de descuento. De hecho en este caso la garantía del gobierno elimina el riesgo por completo del proyecto ya que la firma recibirá \$180 millones en cualquier condición. Como el proyecto es completamente libre de riesgo, el flujo seguro de efectivo de \$180 millones debe ser descontado utilizando la tasa libre de riesgo de $r=8\%$, en lugar que la estándar de 20% ajustada. Por lo que haciendo correctamente $V^*=180/1.08=166.7$, se obtiene el valor de la garantía:

$$V^* = \frac{180}{1+0.08} = 166.7$$

$$\text{Valor}_\text{Garantía}(\text{Put}_\text{Option}) = 166.7 - 100 = 66.7$$

El descuento de flujos de efectivo estima el valor de la garantía en 50, por lo tanto subestima su valor real como un put option (66.7) si la tasa de descuento no es ajustada para reflejar el cambio en el riesgo. Aunque la tasa de descuento correcta para este proyecto está claro que es igual a la tasa libre de riesgo en este caso, donde el riesgo es eliminado completamente, encontrar la correcta tasa de descuento a través del análisis de descuento de flujos de efectivos es en la práctica difícil de obtener en casi todas las situaciones que involucran opciones reales. Incluso en el simple ejemplo anterior si el exercise price del put option fuera diferente a 180, digamos 100, la correcta tasa de descuento no podría ser determinada realmente. Emplear la tasa libre de riesgo sería inconsistente con el uso de las actuales probabilidades ($q=0.5$) si el riesgo no fuera eliminado por completo.

El ejemplo anterior ilustra de manera simple la dificultad de los métodos por DFE para determinar la tasa de descuento correcta cuando esta involucraba una simple opción de abandono de un proyecto.

(Trigeorgis, 1996)

B. ANTECEDENTES

Después de la Segunda Guerra Mundial, el análisis de inversiones y la planificación estratégica emergieron como sistemas tanto complementarios, pero a la vez distintos. El análisis de inversiones se desarrolló en un organizado proceso descentralizado alrededor de proyectos individuales utilizando las técnicas de descuentos de flujo de efectivo. La planificación estratégica se enfocaba en flujos de efectivo medibles en lugar de los beneficios estratégicos intangibles que podrían ser resultado de desarrollar una ventaja competitiva. Sin embargo dejando a un lado los problemas administrativos que encara proyectar flujos de efectivo, estas técnicas se desarrollaron originalmente para valuar inversiones pasivas como bonos y acciones, donde no permitían ninguna flexibilidad en diferir, abandonar, o alterarlas. Por lo que sus aplicaciones por parte de prestamistas y dueños de acciones parecían en parte naturales. (Trigeorgis, 1996)

Por sus inherentes limitaciones, las técnicas de DCF, no han sido muy bien aceptadas en la planificación estratégica, donde la ventaja competitiva, ser líder del

mercado y la estructura de la industria siguen siendo conceptos dominantes. Los planificadores de las empresas se han enfocado en mediciones estratégicas a largo plazo como la tasa de crecimiento de la empresa y su participación de mercado, en lugar de métodos más a corto plazo como el retorno en activos por ejemplo. El Boston Consulting Group, desarrolló una matriz de crecimiento en 1970, que intentaba capturar la interacción entre la necesidad de una empresa de tener fondos en el corto plazo o habilidad de generar efectivo y su crecimiento en el largo plazo y liderazgo en el mercado tratando de encontrar alguna correlación. El análisis de competitividad e industria de Porter (1980), enfocó el análisis estratégico para incluir proveedores, clientes y competidores, sin embargo su trabajo se enfatizó en cómo obtener ventajas de recursos existentes en una determinada estructura del mercado, más que cómo crear activos y cambiar estructuras de mercado. (Trigeorgis,1996)

A medida que los negocios iban creciendo en los 70's y 80's, se vio la necesidad de descentralizar las tomas de decisiones y departamentalizar en divisiones separadas. Junto con estas estructuras de organización descentralizadas vino la descentralización de asignación de recursos. Las divisiones podían ver los costos tangibles inmediatos que afectaban su propio presupuesto, pero no siempre podían reconocer los remotos, intangibles beneficios derivados de dichas inversiones, especialmente cuando eran diluidos a través de toda la organización. (Trigeorgis,1996)

Un buen ejemplo del fracaso de no reconocer la flexibilidad administrativa es dada por Coger (1970). La empresa National Products estaba considerando una oportunidad de inversión en una planta flexible, que permitiera rápidos cambios en la producción de acuerdo a la demanda y de pequeños lotes de nuevos productos en las primeras etapas de su comercialización. Los administradores operativos tuvieron dificultad en clasificar el proyecto en alguna categoría estándar, los ingenieros no podían trasladar datos de eficiencia y mejoras a flujos de efectivo cuantificables. El valor de flexibilidad en la forma variable de producción de escala y el mix de productos tampoco podía ser cuantificado. Aunque el proyecto podía justificarse con base estrategia, su aprobación fue cada vez aplazada hasta que el proyecto nunca se llevó a cabo. (Trigeorgis,1996)

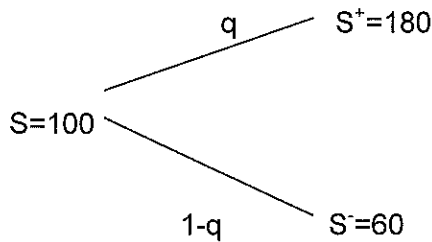
En 1980 las empresas norteamericanas se enfocaban con base a su status, reflejado en los escenarios estáticos de flujos de efectivo, por el contrario un gran número de empresas japonesas comenzaron a incorporar Real Options entre sus sistemas de manufactura y pensamiento estratégico. Sistemáticamente desarrollando estas opciones, estas empresas lograron mejoras continuas en su flexibilidad operativa y adaptabilidad estratégica, ganando de esa forma una valiosa ventaja competitiva sobre sus rivales. Las dificultades de los métodos tradicionales de descuentos de flujos de efectivo para asignar recursos apropiadamente, deriva en la inhabilidad de reconocer el valor de una administración activa en adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado o capturar apropiadamente el valor estratégico. (Trigeorgis, 1996)

V. VALUACIÓN DE OPCIONES

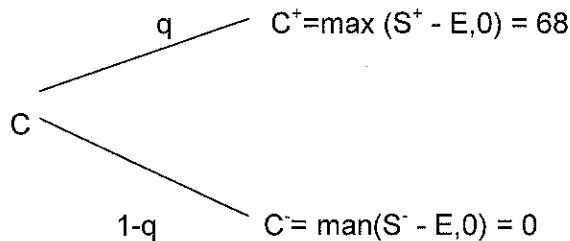
La idea básica que permite la exacta fijación de precios de opciones, es que uno puede construir un portafolio que consiste en comprar un determinado número N de acciones de determinado activo y obtener un préstamo contra ellos por un monto $\$B$, a una tasa libre de riesgo, que replique exactamente los retornos futuros de la opción en cualquier estado. Como la opción y su equivalente portafolio obtendrán los mismos futuros retornos, para evitar arbitraje de la tasa libre de riesgo por alguna oportunidad de obtener ganancias, deben ser vendidos al mismo precio. Por lo tanto, se puede valorar la opción determinando el costo de construir su equivalente portafolio. (Trigeorgis, 1996)

A. EJEMPLO

Trigeorgis ejemplifica la situación anterior de la siguiente forma: suponga que el precio actual de una determinada acción es de $S=\$100$, que se moverá en el siguiente periodo arriba a $S^+=180$ (parámetro multiplicativo de $u=1.8$) o para abajo a $S^-=60$ (Parámetro multiplicativo de $d=0.6$) con probabilidad q y $(1-q)$ respectivamente



El valor de la opción a través del periodo será consistente con el precio de la acción. Asumiendo un precio de ejercicio (exercise o strike price) $E=\$112$ y la tasa libre de riesgo $r=0.08$, obtenemos:



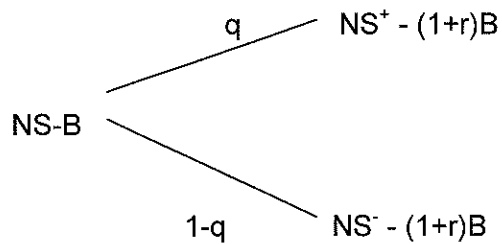
Donde C^+ Y C^- son los valores de una call option al final del periodo si la acción se mueve arriba o abajo respectivamente.

Suponga ahora que construimos un portafolio como el descrito arriba , que consiste en comprar N acciones de la misma acción a su precio actual de S, financiadas en parte por un préstamo por la cantidad de \$B a una tasa libre de riesgo (comprar en corto treasury bills), por un costo neto de $N \cdot S - B$, eso es:

Call Option \approx (Comprar N acciones a S & Prestamo \$B a tasa de r)

$$C \approx (NS - B)$$

Después de un periodo se necesita reponer la cantidad principal prestada al principio B con interés o $(1+r)B$. El valor del portafolio en el siguiente periodo será entonces de:



Si el portafolio brinda el mismo retorno en cada estado al final del periodo como la opción, entonces

$$NS^+ - (1+r)B = C^+$$

y

$$NS^- - (1+r)B = C^-$$

Resolviendo estas dos ecuaciones (Mismas condiciones de pago) para las dos incógnitas N y B, se tiene

$$N = \frac{C^+ - C^-}{S^+ - S^-} = \frac{68 - 0}{180 - 60} = 0.56 \text{ Shares}$$

y

$$B = \frac{S^- C^+ - S^+ C^-}{(S^+ - S^-)(1+r)} = \frac{NS^- - C^-}{1+r} = \frac{0.56 * 60 - 0}{1.08} = \$31$$

El número de acciones del activo que se necesitan comprar para replicar una opción en el siguiente periodo es conocido con el nombre del delta de la opción y es obtenido en el caso discreto como la diferencia (spread) del precio de las opciones dividido el spread del precio de la acción.

Se puede replicar el retorno de una opción comprando N (=0.56) acciones de determinado activo a su precio actual S y obteniendo un préstamo por la cantidad \$B (= \$31) a una tasa libre de riesgo, r.

Sustituyendo para atrás en la ecuación, $C=NS-B$, se obtiene

$$C = \frac{pC^+ + (1-p)C^-}{1+r} = \frac{0.4 * 68 + 0.6 * 0}{1.08} = \$25$$

Donde:

$$p \equiv \frac{(1+r)S - S^-}{S^+ - S^-} = \frac{1.08 * 100 - 60}{180 - 60} = 0.4$$

Se transforma en una probabilidad libre de riesgo. La probabilidad en un mundo libre de riesgo donde los inversionistas son indiferentes al riesgo.

B. VALUACIÓN LIBRE DE RIESGO

La ecuación $C=NS-B$ puede ser arreglada como $NS-C=B$ creando un portafolio que consiste en comprar N acciones de un activo y vender o suscribir un call option que proveerá así cierta cantidad de $(1+r)B = \$33$ el siguiente periodo sin importar que si la acción se mueve arriba o abajo.

$$\begin{array}{l}
 \text{NS} - \text{C} = \text{B} \\
 0.56(100) - 23 = 31
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \nearrow q \\
 \searrow 1-q
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{NS}^+ - \text{C}^+ = (1+r)\text{B} \\
 0.56(180) - 68 = 33 \\
 \\
 \text{NS}^- - \text{C}^- = (1+r)\text{B} \\
 0.56(60) - 0 = 33
 \end{array}$$

Así el riesgo puede ser eliminado del problema, por lo que la actitud del inversionista hacia la inversión no importa. Por lo que se puede obtener el equivalente valor de una opción, pretendiendo encontrar en un mundo libre de riesgo, donde es irrelevante. En dicho mundo todos los activos ganarían la tasa libre de riesgo y los flujos de efectivo esperados (con un peso libre de riesgo de probabilidad p) pueden ser descontados apropiadamente a una tasa libre de riesgo, r . (Trigeorgis, 1996)

C. SUPUESTOS

La valuación de opciones típicamente se basa en los siguientes supuestos:

1. Mercados sin fricciones (para acciones, bonos y opciones). Esto significa a.) que no hay costos de transacción o impuestos. b.) no hay restricciones en venta en corto (ni requerimientos de márgenes) c.) todas las acciones de cualquier valor son divisibles. d.) Los préstamos no están restringidos.
2. La tasa libre de riesgo (corto plazo) es constante a lo largo de la vida de la opción (se sabe todo el tiempo)
3. La acción no paga dividendos durante la vida de la opción.
4. Los precios de las acciones siguen un proceso estocástico de difusión estándar

$$\frac{dS}{S} = \alpha dt + \sigma dz$$

Donde α es el retorno esperado del activo, σ es la desviación estándar del retorno del activo y dz es el diferencial un proceso estándar de Wiener (con media 0 y varianza dt) (Trigeorgis, 1996)

VI. FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA DEL VPN EXPANDIDO

El VPN tradicional (que a partir de ahora llamaremos VPN estático), asume implícitamente un escenario esperado de flujos de efectivo y presupone el compromiso por parte de la administración de una estrategia operativa certera. Típicamente, un patrón esperado de flujos de efectivo a través de un tiempo específico de vida del proyecto son descontados, a una tasa ajustada de riesgo (derivados de los precios de productos financieros similares, usualmente utilizando el CAPM), para obtener el VPN del proyecto. Tratando los proyectos como oportunidades de inversión independientes, una decisión se toma para aceptar un proyecto si su Valor Presente Neto es positivo. En efecto es como si la administración tomara un compromiso irrevocable acerca de una estrategia operativa, para iniciar el proyecto inmediatamente y operarlo de manera continúa hasta el final del periodo pre-establecido.

En el mundo real lleno de incertidumbre y de interacciones entre la competencia, el desarrollo de flujos de efectivo defiere de lo que originalmente la administración tenía contemplado, a medida que nueva información va llegando y la incertidumbre acerca de los futuros flujos de efectivo es gradualmente resuelta. La administración encuentra que varios proyectos permiten ciertos niveles de flexibilidad que puedan cambiar posiblemente la estrategia operativa original. Por ejemplo: la administración puede diferir, expandir, contraer, abandonar, o en muchas otras maneras alterar un proyecto en varias de sus etapas durante su vida.

La flexibilidad administrativa en adaptarse a futuras acciones dependiendo del entorno, introduce una asimetría en la distribución de probabilidad del Valor Presente Neto que expande la oportunidad de inversión, mejorando su potencial mientras se mitigan las pérdidas relativas a las expectativas iniciales bajo una administración pasiva. En la ausencia de esta flexibilidad administrativa la distribución de probabilidad del VPN será razonablemente simétrica, en cuyo caso el VPN estático esperado coincidirá con su moda o su estimado más probable. Cuando la flexibilidad administrativa es significativa, básicamente provee una mejor adaptación a eventos futuros que pueden resultar diferentes de lo que la administración esperaba inicialmente. El valor real de tal distribución asimétrica (que se refería a un VPN expandido) excede su moda por una

“prima de opción” reflejando así el valor de la flexibilidad administrativa. (Trigeorgis, 1996) (Ver Figura. No1)

A. OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN COMO COLECCIÓN DE REAL OPTIONS

Se puede pensar en oportunidades de inversión como una colección de opciones en activos reales (Real Options). Justamente como el dueño de un american call option de un activo financiero tiene el derecho, pero no la obligación de adquirir dicho activo pagando un determinado precio (exercise price) en o antes de determinada fecha y ejercerá dicha opción si es de su mejor interés hacerlo; de la misma forma lo podrá hacer el dueño de una opción en activos reales. El dueño de esta oportunidad de negocios tiene el derecho, pero no la obligación de adquirir el Valor Presente de los flujos de efectivo esperados haciendo un desembolso o inversión en o antes de la fecha anticipada cuando la oportunidad de inversión cesa de existir. La flexibilidad de diferir inversiones o decidir cuando iniciar un proyecto después de recibir información adicional tiene un valor positivo, incluso si llevando a cabo inmediatamente el proyecto tendría un VPN negativo de flujos de efectivo.

B. JUSTIFICACIÓN DE LA ANALOGÍA DE LAS OPCIONES

¿Pueden las técnicas estándar de valuación de opciones con base a un equilibrio de no arbitraje usando portafolios de valores, replicar las ganancias de las opciones?

Como Mason y Merton (1985) apuntaron la respuesta es afirmativa si adoptamos las mismas premisas usadas en las técnicas de descuento de flujos de efectivo que intentan determinar en cual activo vale la pena invertir si este fuera intercambiado. (Trigeorgis, 1996)

Recordando que en el análisis de descuento de flujos de efectivo identificamos, para cada proyecto un activo con las mismas características de riesgo (activo gemelo), el cual es intercambiado en los mercados financieros y usado su retorno esperado (Típicamente estimado de la covarianza del proyecto con el mercado por los precios del

activo gemelo utilizando el CAPM) como tasa de descuento apropiado. Dado los precios del activo gemelo del proyecto, la administración puede en principio replicar el retorno de una opción real por medio de comprar un determinado número de acciones de ese activo gemelo, mientras financia parte de la compra prestando a una tasa libre de riesgo. Ya que la ausencia de una oportunidad de arbitraje es pre-requisito para el equilibrio, el valor de equilibrio de una opción de un proyecto no intercambiable debe ser el valor de no arbitraje de su mismo activo gemelo. (Trigeorgis, 1996:)

C. ÁRBOLES DE DECISIÓN

El valor de la administración activa (valor de la flexibilidad o la prima de la opción) será captada mejor si el valor se muestra dentro un árbol de decisión, donde la flexibilidad es modelada a través de nodos, permitiendo que las futuras decisiones administrativas puedan hacerse o alterar después de que cierta incertidumbre ha sido resuelta y mas información se ha obtenido, antes de proceder a la siguiente etapa. El análisis por medio de árboles de decisión, parece apropiado para valorar problemas concernientes a VPN. La presencia de flexibilidad en futuros nodos de decisión cambia la estructura de pago y las características de riesgo de una administración activa, de un modo que invalida el uso de una tasa constante de descuento. (Trigeorgis, 1996:)

La motivación para usar la valuación de opciones en las inversiones, viene por su potencial de permitirnos cuantificar apropiadamente la prima de opción o el valor del componente de flexibilidad. Esto no significa que el valor presente neto estático deba ser descartado, al contrario debe verse como una entrada necesaria a un, VPN expandido basado en opciones, prestando del análisis de árboles de decisión, los nodos para modelar la flexibilidad. (Trigeorgis, 1996:)

1. Uso de Árboles de Decisión en la Valuación de Real Options.

Suponiendo que se desea valorar una oportunidad de inversión $I_0 = \$104$ millones en un proyecto (construir un planta) que un año después generará un valor esperado de flujos de efectivo de \$180 millones, si las condiciones de mercado son favorables o \$60 millones si las condiciones son desfavorables, incrementándose en cada periodo por un

factor de $u=1.8$ o cayendo en un factor de $d=0.6$. Con una probabilidad de $q=0.5$ de que se mueva arriba o abajo cada año. ¿Cuál es el valor del Proyecto?

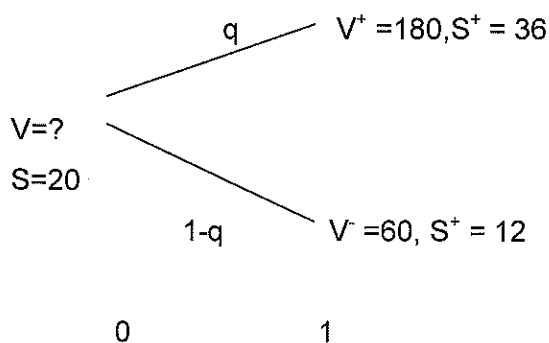
Para determinar el Valor Presente Neto, se necesita un estimado del costo de oportunidad del proyecto. Si el riesgo del proyecto no es el mismo como el del promedio de la empresa, el costo de capital sería inadecuado. Sea S el precio de un activo gemelo que es intercambiado en un mercado financiero con las mismas características de riesgo, con el proyecto en consideración. El pago del activo gemelo es proporcional a un quinto del proyecto y actualmente tiene un valor de mercado de $S=\$20$. Tanto el proyecto como su activo gemelo tiene una tasa esperada de retorno igual a $k=20\%$. Se asume que la tasa libre de riesgo es de $r=8\%$.

El retorno esperado del activo gemelo puede ser confirmado de:

$$k = \frac{E_0(S_1)}{S_0} - 1 = \frac{0.5 * 36 + 0.5 * 12}{20} - 1 = 0.20 = 20\%$$

Donde $E_0(S_1)$ es el valor esperado de la acción en el periodo 1 y S_0 el valor de la acción en el momento 0.

VPN Estático:



Valor del Proyecto en el momento 0 es:

$$V_0 = \frac{E_0(C_1)}{1+k} = \frac{qV^+ + (1-q)V^-}{1+k} = \frac{0.5 * 180 + 0.5 * 60}{1+0.20} = 100$$

Donde $E_0(C_1)$ es el valor esperado del call en el periodo 1, y k la tasa de descuento del proyecto.

∴

$$VPN = V_0 - I_0 = 100 - 104 = -4$$

En la ausencia de flexibilidad administrativa, correctamente se rechazaría el proyecto.

Suponga que la administración tiene la opción de invertir $I'_1 = \$80$ millones, un año después de haber iniciado el proyecto, con lo cual se duplicaría (opción de expandir) la escala inicial del proyecto. Por lo que la administración en el año 1 tiene la flexibilidad de mantener la misma escala de operación (recibir el valor del proyecto V , a ningún costo extra) o doblar su escala, recibiendo el doble del valor del proyecto, pagando para ello un costo adicional.

$$E = \max(V, 2V - I'_1) = V + \max(V - I'_1, 0)$$

Entonces,

$$E^+ = \max(V^+, 2V^+ - I'_1) = \max(180, 360 - 80) = 280(\text{expandir})$$

$$E^- = \max(V^-, 2V^- - I'_1) = \max(60, 120 - 80) = 60(\text{mantener la misma escala})$$

$$q = \frac{(1+r_f) - d}{u - d} = \frac{1.08 - 0.6}{1.8 - 0.6} = 0.4$$

∴

$$VPN = E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{1+r} - I_0 = \frac{0.4 * 280 + 0.6 * 60}{1.08} - 104 = 33.04$$

El valor de la opción de Expandir es $33.04 - (-4) = \$37.04$ millones

(Trigeorgis, 1996:)

VII. EL PRECIO DE VENTA Y LA LEY DE WEBER-FECHNER

A. LEY DE WEBER-FECHNER

La ley de Weber-Fechner establece una relación cuantitativa entre la magnitud de un estímulo físico y cómo éste se percibe. Fue propuesta en primer lugar por Ernst Heinrich Weber (1795-1878), y elaborada hasta su forma actual por Gustav Theodor Fechner (1801-1887). Ernst Heinrich Weber estableció su ley de la sensación (o Ley de Weber) en la que formulaba la relación matemática que existía entre la intensidad de un estímulo y la sensación producida por éste.

(<http://www.uba.ar/academicos/ubas21/download/weberfechner>)

La ley establece que: *el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud del estímulo*. Es fácil de entender con un ejemplo: Si se sostiene en la mano una masa de 100 gramos, tal vez no se pueda distinguir de otro de 105 gramos, pero sí de uno de 110 gramos. En este caso, el umbral para discernir el cambio de masa es de 10 gramos. Pero en el caso de sostener una masa de 1000 gramos, 10 gramos no serán suficientes para que se note la diferencia, al ser el umbral proporcional a la magnitud del estímulo. En su lugar, nos hará falta añadir 100 gramos para notar la diferencia.

(<http://www.uba.ar/academicos/ubas21/download/weberfechner>)

Establecida la ley matemáticamente:

$$dp = k \frac{dS}{S}$$

Donde 'dp' corresponde al cambio percibido en el estímulo, 'dS' corresponde a cambio de magnitud del estímulo y S corresponde a la magnitud del estímulo. Integrando la ecuación anterior, se tiene:

$$p = k \ln S + C$$

Donde C es la constante de integración, y ln es el logaritmo natural. Para determinar el valor de C, se asigna a $p = 0$, es decir no hay percepción; y entonces:

$$C = -k \ln S_0$$

Donde S_0 es el nivel de estímulo por debajo no se percibe sensación. Por lo tanto la ecuación resulta:

$$p = k \ln \frac{S}{S_0}.$$

La relación entre el estímulo y la percepción corresponde a una escala logarítmica. Esta relación logarítmica hace comprender que si un estímulo crece como una progresión geométrica (es decir multiplicada por un factor constante), la percepción evolucionará como una progresión aritmética (es decir con cantidades añadidas).

(<http://www.uba.ar/academicos/ubas21/download/weberfechner>)

B. PRECIOS DE REFERENCIA-LEY DE WEBER-FECHNER

Los precios de referencia son estándares con los que los consumidores comparan los precios actuales de los productos. Esas comparaciones influyen sobre sus percepciones y valoraciones de los precios y en consecuencia, sobre sus decisiones de compra. Por ello, son piezas clave en la gestión de precios orientada hacia el mercado.

Son diversas las propuestas desarrolladas que pueden utilizarse como base para explicar el fenómeno de los precios de referencia. Una de ellas y que servirá de base para la valuación de un proyecto comercial es la ley de Weber-Fechner.

Se aplica este planteamiento al caso particular del precio, es posible afirmar, en primer lugar, que el impacto de un cambio de precio es percibido por el consumidor en términos relativos. Además, no siempre que cambia el precio de un producto el consumidor percibe ese cambio: ello depende de la magnitud de la variación. A ello hay que añadir que <<cuanto más fuerte sea el estímulo inicial, mayor será la intensidad adicional que se necesita para que se perciba el segundo estímulo como algo diferente>>. (Díaz,2005)

La ley, aplicada a los precios, permite establecer una relación logarítmica entre los precios de venta y el comportamiento de compra de los individuos. A modo de conclusión cabe señalar que la aportación más destacada con relación a la fijación de precios radica en considerar que los individuos poseen límites o umbrales inferiores y superiores de precios y por tanto, intervalos de precios aceptables. Este planteamiento tiene una relación directa con los precios de referencia. (Díaz,2005)

1. Concepto de Precio de Referencia. En la práctica, el concepto de precio de referencia puede hacerse operativo de formas diversas. Una de ellas es el denominado “precio justo o equitativo”, que representa lo que el producto ‘debería costar’, de manera que los consumidores sólo estarían dispuestos a pagar el precio justo, o un nivel de precio inferior. (Díaz,2005)

Los elementos que determinan la percepción de equidad en los precios por parte de los compradores son, básicamente, los precios pagados anteriormente por el bien, los precios de productos similares o pagados en situaciones similares y el grado de “necesidad” asociado al bien -si se considera que el producto es necesario para mantener la calidad de vida, los incrementos de su precio tienden a ser considerados injustos- Los precios de referencia también se forman a partir de los precios que resultan habituales o frecuentes para los compradores: el consumidor desarrolla mentalmente una distribución de frecuencias de los precios históricos y elige la moda como precio de referencia. (Nagle y Holden, 1995).

En este proceso, el último precio pagado ejerce una fuerte influencia sobre el precio de referencia, ya que es más probable que este precio sea recordado, en lugar de otros precios observados y no pagados (Nagle y Holden ,1995).

Otros niveles de precios que influyen de manera fundamental en la formación y modificación de los precios de referencia son:

a. Precio de reserva. Es el límite superior del intervalo de precios, utilizado por los economistas para referirse al precio que se encuentra justo por debajo del nivel que llevaría al consumidor a rechazar la compra del producto (Lichtenstein y Bearden, 1988)

b. Precio mínimo aceptable. Nivel de precio por debajo del cual el consumidor percibe que el producto no posee una calidad suficiente. Es el límite inferior del intervalo de precios aceptables (Lichtenstein y Bearden, 1989).

c. Precio futuro esperado. Este concepto implica que el consumidor no sólo crea valores de referencia para realizar comparaciones en el momento presente, sino que también genera previsiones de los niveles de precios futuros para tomar sus decisiones actuales (Lichtenstein y Bearden, 1988)

En definitiva, es posible concluir que existen básicamente cinco conceptos operativos que derivan del concepto teórico de precio de referencia. Son los siguientes: precio justo, precio de reserva, precio mínimo aceptable, precio esperado y precio percibido este último procede de la conjunción del precio establecido con más frecuencia, el último precio pagado, el precio de la marca que se adquiere habitualmente y el precio medio de los bienes similares. Ello implica que el precio de referencia es un concepto de naturaleza multidimensional. Por tanto, resulta interesante incorporar en los modelos de demanda no sólo el concepto de precio de referencia que sostiene la literatura psicológica, sino también un vector de precios de referencia, para así considerar los distintos tipos de precios de referencia que, según la literatura del marketing, pueden afectar al comportamiento del consumidor (Winer, 1988).

2. Análisis Relativo a los Precios de Referencia. Los distintos elementos que pueden representar para el consumidor puntos de referencia en su evaluación de los precios pueden ser agrupados en dos grandes modalidades: precios de referencia internos o temporales almacenados en la memoria y precios de referencia externos o de contexto. Las diferencias fundamentales que pueden establecerse entre ellos se centran en dos aspectos básicos: la forma en que son elaborados u obtenidos por el sujeto y lo que representan para él (Klein y Oglethorpe, 1987).

Mientras que los estándares internos derivan de la exposición pasada a diferentes niveles de precios, los estándares externos se basan en la información presentada en el punto de venta (Kumar *et al.*, 1998).

Aunque la literatura disponible tiende a presentar estos precios de referencia como alternativos y excluyentes, en la práctica, los consumidores suelen utilizarlos de forma simultánea, aunque concediendo más importancia a unos u otros en función de las circunstancias (Mazumdar y Papatla, 2000).

Los precios de referencia internos se encuentran en la memoria del consumidor y pueden venir representados por: los precios pagados recientemente por los productos, el precio de mercado percibido, la creencia sobre el precio de un producto en ese mercado, un precio esperado, el precio de otro producto, etc. Los agrupan del siguiente modo: precios de aspiración o deseo (precio que se desearía pagar, precio que es considerado como una "buena compra", lo máximo que se ha pagado en el pasado o un precio "razonable"), precio medio de mercado (precio concreto que se ha visto o escuchado) y precios históricos (precio medio pagado en el pasado, último precio pagado o precio pagado habitualmente). Estos precios de referencia internos se caracterizan por estar influidos por el contexto en que se produce la adquisición del bien y por formarse a través del almacenamiento en la memoria de los precios observados en el pasado. (Klein y Oglethorpe, 1987)

Por lo que se refiere a los precios de referencia externos, éstos suelen venir representados por un precio anunciado y externo en la situación de compra, introducido por el vendedor para proporcionar al consumidor un punto de referencia que aumente su valor percibido con relación al producto, así como su precio de referencia interno. De este modo, más que promover la percepción de un menor sacrificio monetario, el precio de referencia externo persigue un incremento del valor percibido, bien a través del aumento de la calidad percibida con respecto al producto, bien mediante la formación de un nuevo precio de referencia interno. Si ese precio de referencia interno aumenta, se incrementará el valor de transacción percibido por el consumidor, lo que hace que disminuya la probabilidad de que ese consumidor despliegue nuevos esfuerzos para buscar una oferta mejor. (Klein y Oglethorpe, 1987)

En definitiva, los estándares o niveles de referencia internos pueden modificarse como consecuencia de la exposición a una nueva información, lo que refleja su dinamismo (Yadav y Seiders, 1998).

La búsqueda interna de información (precios de referencia internos) sucede cuando el consumidor dispone de información acumulada en su memoria, mientras que la búsqueda de información externa (precios de referencia externos), que es recogida del entorno, se produce cuando la información que se necesita no ha sido adquirida previamente o no se recuerda. La cuestión de interés que afecta a los precios de referencia externos es que éstos serán utilizados por el consumidor como orientación en sus valoraciones cuando sean percibidos como creíbles, es decir, como representativos del valor de mercado del producto. Para contrastar esa credibilidad, el consumidor comparará el precio de referencia externo con su precio de referencia interno, en el caso de que lo posea. Si el precio externo es percibido como creíble (esto es, el precio externo no supera al interno), el comprador quizás lo utilizará para inferir la calidad del producto; en caso contrario, usará el precio de referencia interno, o bien buscará más información. (Yadav y Seiders, 1998).

No obstante, aunque un precio de referencia excesivamente elevado sea percibido como inverosímil, ese precio puede incidir sobre el valor percibido por el consumidor e incrementarlo en el caso de que provoque un aumento de su precio de referencia interno. Además, si el consumidor no posee precio de referencia interno, debido a que no posee información sobre el precio del producto (bien porque no lo adquiere frecuentemente, bien porque no recuerda el precio que tenía la última vez que lo compró), la verosimilitud del precio de referencia externo dependerá de la magnitud de la diferencia entre el precio de referencia y el precio de venta anunciados. Cuanto mayor sea la diferencia percibida por el consumidor entre esos dos valores, menor será la probabilidad de que el precio de referencia externo sea juzgado como creíble. No obstante, también en este caso de no existencia de precio de referencia interno, un precio de referencia externo inverosímil puede influir en la percepción del valor. En conclusión, los precios de referencia influyen sobre el proceso cognitivo de los consumidores en interacción con la credibilidad de la fuente de información y con el precio de los productos competidores; así, cuanto mayor sean la credibilidad de la fuente de información y la cuantía en que el nivel de precio de los productos competidores supera al propio, mayor será la influencia de los precios suministrados por las empresas. (Kumar *et al.*, 1998).

Desde el punto de vista de la gestión empresarial, resulta interesante conocer cuáles son los factores que determinan el tipo de precio de referencia (interno o externo) que utilizan los consumidores en sus evaluaciones. Entre ellos destacan, por su especial influencia, la experiencia de compra del sujeto, la situación relativa del precio de referencia externo con respecto al interno, la magnitud de la discrepancia, el grado de familiaridad del producto o marca, la reputación del establecimiento y el contexto de la evaluación. Más concretamente, los segmentos de consumidores que emplean con más intensidad los precios de referencia internos son los que se muestran más sensibles ante las ganancias que ante las pérdidas, los que concentran sus decisiones de compra en un número de marcas más reducido y los que adquieren productos de precio más elevado y con menor frecuencia de compra y de promoción (Mazumdar y Papatla, 2000)

Finalmente, es importante considerar que, independientemente de la experiencia, los compradores manifiestan, en general, tendencia a utilizar, en primer lugar, la información más fácil de obtener y procesar, que suele ser la suministrada en el punto de venta (precios de referencia externos). En conclusión, los niveles internos de referencia representan un punto neutral de comparación y, por tanto, desempeñan un papel fundamental en las evaluaciones de los individuos, en la medida en que los precios que se sitúen por encima de él serán valorados negativamente, y los que se encuentren por debajo lo serán positivamente. Así, dado que los consumidores comparan el precio ofrecido con el precio de referencia interno al evaluar el carácter favorable o no de la compra, cualquier efecto sobre el precio de referencia interno influye necesariamente en las evaluaciones de la compra. No obstante, si el precio de referencia externo que se propone supera ampliamente el precio normal de mercado esperado, es muy probable que sea percibido como poco o nada creíble y, en consecuencia, contrastado con los estándares de precios internos. En cualquier caso, la influencia del precio de referencia externo sobre el interno y por tanto, sobre las evaluaciones de los consumidores, no será tan positiva bajo un efecto de contraste que bajo uno de asimilación. (Yadav y Seiders, 1998)

Otra posibilidad consiste en que el precio de referencia externo se encuentre muy por debajo del mayor precio de mercado esperado. En este caso, será percibido como creíble, pero probablemente ejercerá poca influencia sobre los estándares

internos y sobre las evaluaciones. Se permite concluir que existen tres categorías básicas de información que determinan los precios de referencia del consumidor: los precios actuales a los que está expuesto, los precios recordados y el contexto dentro del cual es presentado el precio. Además, los precios de referencia no tienen por qué permanecer estables; por el contrario, estos niveles de referencia evolucionan a medida que lo hacen los factores que los determinan. (Yadav y Seiders, 1998)

3. Implicaciones para la Gestión Empresarial. El planteamiento que sirve como base para comprender la importancia de los precios de referencia dentro de la gestión de precios es éste: para fijar adecuadamente los precios teniendo en cuenta la demanda, es necesario conocer cómo interpretan o perciben los consumidores dichos precios y sus modificaciones y cómo establecen comparaciones entre los mismos. (Díaz,2005)

La falta de atención a esta consideración lleva a las empresas a cometer importantes errores en la fijación de precios. Entre ellos destacan la no diferenciación entre precio absoluto y relativo y la realización de modificaciones de precios sin tener en cuenta las percepciones de valor de los consumidores y sus alteraciones debido a los cambios en los precios. Los dos errores mencionados están directamente relacionados con los llamados 'umbrales de precios'. Éstos hacen referencia a los límites inferiores y superiores de precios que fijan los compradores con relación a cada producto para tomar sus decisiones de compra basadas en el precio. (Díaz,2005)

De este modo, los precios anteriores constituyen un punto de referencia para evaluar los precios actuales. Este papel de los precios practicados en el pasado dentro de la evaluación de los precios practicados en el presente se refuerza cuando son pocas las alternativas –marcas- que se ofrecen en el mercado, cuando es difícil para el consumidor establecer comparaciones entre las distintas alternativas de compra o cuando la relación entre consumidor y vendedor es de carácter continuo. Por el contrario, cuando en el mercado existe un gran número de marcas competidoras que presentan grandes similitudes, el consumidor suele realizar comparaciones entre los precios actuales de las distintas marcas, de manera que la importancia de los precios pasados disminuye. (Díaz,2005)

Otros elementos que deben ser tenidos en cuenta al estudiar los precios desde un punto de vista dinámico son las expectativas de los consumidores con respecto a los precios esperados. En efecto, la evolución de los precios en el pasado puede ser utilizada por los consumidores para generar expectativas acerca de la evolución futura de los mismos. Esas expectativas aumentan en exactitud a medida que el consumidor recopila más información que le permita prever cambios en los precios. De este modo, cuando los consumidores no poseen expectativas acerca de los precios futuros de un bien, el único elemento de referencia de que dispone para tomar su decisión es el precio actual. En este caso, la empresa puede situar el precio del bien en un nivel que coincida con el mayor precio de reserva del mercado, para posteriormente reducir ese precio hasta el nivel del siguiente precio de reserva más elevado, y así sucesivamente, hasta alcanzar el nivel del costo marginal. En definitiva, las expectativas de los consumidores sobre los precios futuros constituyen un importante fenómeno que debe ser considerado dentro de la toma de decisiones estratégicas de precios. (Diaz,2005)

(Ver Figura No. 2)

VIII. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PRODUCTO

La planificación estratégica de un producto es crucial para el éxito de una empresa. En un mercado cada vez más competitivo la gerencia necesita determinar el tiempo óptimo en el que un producto necesita ser innovado, por lo que incurre en decisiones que pueden no haber sido previstas en un principio para lograr el éxito del proyecto. Así mismo la gerencia toma decisiones respecto a brindar más apoyo al producto, abandonarlo o seguir con él. La incertidumbre del mercado, nuevas tecnologías, competencia, deben ser tomadas en cuenta para valorar el desempeño del proyecto. Si no se toman en cuenta estas variables que rodean al proyecto, la empresa no podrá tomar buenas decisiones en las que pudo haber obtenido ganancias o evitado pérdidas.

La empresa debe responder estas preguntas: ¿Por cuánto tiempo la empresa debe de ofrecer su actual variante del producto? ¿Cuándo la empresa debe abandonar, aumentar o disminuir su actual variante del producto? de otras variantes. ¿Cuál es la que debe de seleccionar?, etc.

A. 4 P'S MEZCLA DE MARKETING

Mezcla de marketing es el conjunto de herramientas de marketing que la empresa usa para alcanzar sus objetivos de marketing en el mercado meta.

(Kotler,2001:)

Se clasificó estas herramientas en cuatro grupos amplios a las que llamó las cuatro P's de marketing: producto, precio, plaza y promoción. Se deben tomar decisiones de la mezcla de marketing para influir en los canales comerciales así como en los consumidores finales. (Kotler,2001:)

Variables de marketing específicas:

1. Producto:

- a. Variedad del producto
- b. Calidad
- c. Diseño
- d. Características
- e. Nombre de marca
- f. Empaque
- g. Tamaños
- h. Servicios
- i. Garantías
- j. Devoluciones

2. Precio:

- a. Precio de lista
- b. Descuentos
- c. Complementos
- d. Periodo de pago
- e. Condiciones de crédito

3. Promoción:

- a. Publicidad
- b. Fuerza de ventas
- c. Relaciones públicas
- d. Marketing directo

4. Plaza:

- a. Canales
- b. Cobertura
- c. Surtidos
- d. Ubicaciones
- e. Inventario
- f. Transporte

(Kotler,2001:)

IX. REAL OPTIONS Y LAS 4P'S

Los fundamentos y las técnicas derivadas de la valuación de opciones son capaces de cuantificar los elementos de la flexibilidad de la administración operativa y las interacciones de estrategias ignoradas o subestimadas por el VPN estático y otros métodos cuantitativos.

La incertidumbre puede crear valor y no debe de ser ignorada. La empresa tiene el derecho de actuar en cualquier decisión estratégica: en la variante de producto (introducir nueva variante, abandonar una ya existente o extenderla aun mas, etc.), en el precio (aumentar, disminuir o permanecer igual), en promociones (continuar o abandonar) y plaza (cambiar entre puntos de venta). Así mismo se debe tomar en cuenta el movimiento de la competencia al ingresar el producto. Sin embargo no es obligación para la empresa actuar en estas decisiones.

El valor de la flexibilidad se manifiesta típicamente como una colección de "Real Options" relacionado con oportunidades de inversión, teniendo como base el valor del proyecto como flujos esperados de efectivo operacionales. Varias Real Options corren de forma natural (diferir, contraer o abandonar), otras pueden ser planificadas o construidas por algún costo extra (expandir o cambiar).

A. PRODUCTO

La rentabilidad de un producto "X" es determinada por la diferencia entre sus ingresos y egresos. En este caso el cálculo del Valor Presente Neto será en base a la utilidad.

Tomando en cuenta el número de rubros que contiene un estado de pérdidas y ganancias y que dependerán en gran medida del tamaño y giro del negocio, para fines prácticos, este trabajo omitirá la obtención de cada uno de los rubros y se simplificará hasta un desglose entre ingresos y egresos. A excepción de algunos factores que influyen en la comercialización del producto en base a las 4p's.

Se obtendrá una matriz donde se mostrará la fluctuación del mercado del producto con base a su participación del mercado que estará ligada a la matriz principal del desempeño de la empresa, determinando si es capaz de captar dicho mercado. Así mismo es posible crear una matriz de crecimiento del mercado en cuyo caso exista gran volatilidad, cada una de las alternativas en su movimiento a lo largo del tiempo tendrá un modelo distinto del Valor Presente Neto del proyecto.

Las opciones que se pueden encontrar en el producto cuando se evalúa un proyecto comercial son:

- **Abandonar** (El tiempo óptimo para abandonar el proyecto)
- **Contraer** (Opción que permite contraer el negocio antes de abandonarlo completamente)
- **Expandir** (Opción para decidir mejorar el producto con nuevas características y tecnología que puede significar una inversión)
- **Continuar** (Seguir sin ninguna modificación)

1. Abandonar. Una american put option brinda al dueño el derecho de vender un determinado activo en o antes de su fecha de ejercicio. La decisión de abandonar brinda a quien toma decisiones el derecho, pero no la obligación de cancelar el proyecto si la situación se ve desfavorable. Por lo que la opción de abandonar se modela como una american put option, el exercise price para la opción de abandono sería el valor de salvamento o los ahorros en costos que la empresa incurriría por abandonar el proyecto. Teniendo así un valor de $V + \text{Max}(A-V, 0)$, siendo V el valor actual del proyecto y A el ahorro en costos.

Por ejemplo, si los precios sufren una declinación, o por alguna otra razón (perdida de interés de parte del consumidor, productos sustitutos, competencia, etc.), la administración no tiene porqué continuar incurriendo en costos fijos, en su lugar, la administración puede ejercer la opción de abandonar el proyecto a cambio del ahorro en los costos de no seguir adelante.

2. Contraer. Si las condiciones del mercado resultan ser más débiles de lo que originalmente se esperaba, la administración puede operar debajo de su capacidad o incluso reducir su escala de operaciones por algún $c\%$, por lo tanto ahorrando parte de la inversión. Esta flexibilidad para mitigar pérdidas se puede modelar como una american put option que hace que quien tome decisiones tenga el derecho, pero no la obligación de contraer el negocio. El exercise price sería el ahorro en costos por contraer el negocio de este producto, con un valor de $\text{Max}(I_c - c\%V, 0)$, donde I_c son los ahorros potenciales en costos y $c\%$ es el porcentaje de reducción del valor del Proyecto.

3. Expandir. Un american call option brinda el dueño el derecho pero no la obligación de comprar un determinado activo pagando por el un precio (exercise price). Si las condiciones del mercado resultan ser favorables o sobrepasan las expectativas, la decisión de expandir brinda a quien toma decisiones la opción de mejorar la actual variante del producto invirtiendo recursos para ello y/o expandiendo la capacidad comercial en un $x\%$. El exercise price sería la inversión por mejorar el producto o producir más. La persona encargada de la toma de decisión ejercerá la opción si el costo de ejercicio es menor que el ingreso del producto. La inversión es la escala base del proyecto mas la call option de la futura inversión $V + \text{Max}(x\%V - I_e, 0)$, donde I_e es la inversión por expandir el negocio y $x\%$ es el porcentaje de crecimiento del valor del proyecto.

Por ejemplo, basado en la elección de un diseño inicial, la administración puede estar a favor de una nueva tecnología cuando sea conveniente. La opción de expandirse es de una gran importancia estratégica, especialmente si permite a la empresa capitalizar futuras oportunidades de crecimiento. Cuando la empresa decide lanzar un nuevo producto a pequeña escala se posiciona así misma en una ventaja de desarrollar un gran mercado, por lo que usando una base estática de VPN puede parecer una inversión poco atractiva, pero que puede valer la pena llevarla a cabo.

4. Continuar. No hacer nada es, en si, una opción, por lo que es modelada como una american call option, el exercise price es el costo que se incurriría por continuar (sin alterar el proyecto) con el producto con un valor dado por $\text{Max}(V - C, 0)$, siendo V la escala actual de ingresos del proyecto y C costo total del proyecto.

B. PRECIO

En el caso de los precios se seguirá de acuerdo a la ley de Weber Fechner. Las respuestas ante los precios y sus cambios dependen de la magnitud de los mismos; los cambios de precios son percibidos en términos relativos.

Si los cambios de precios se mantienen dentro de una cierta proporción, no se producirán cambios significativos en las percepciones de los consumidores; por tanto existen intervalos de precios aceptables y los cambios de precios generan evoluciones de las percepciones en forma logarítmica.

Se empezará creando una matriz de precios, los ingresos del proyecto dependerán enteramente de ella. En cada uno de los periodos, durante el tiempo de vida del proyecto, la administración tendrá el criterio necesario para aumentar o disminuir los precios en el porcentaje que ellos, con la información disponible, consideren conveniente. Determinar esta flexibilidad mediante la ley de Weber-Fechner, permitirá que cualquier variación del mercado (a favor o en contra) no esté influenciada por el precio establecido (para mi producto), al no altear la estructura de precios de referencia del mercado por parte de la empresa. Sin embargo hay que tener en cuenta que la empresa puede alterar la estructura de precios, por lo que la variabilidad del mercado estará influenciada por el precio que implantó la empresa. Al mantener el precio dentro del rango de la ley, se podrá, al menos, simplificar el análisis del por qué de la variación del mercado al no tomarlo en cuenta (precio de mi producto) como causa de su variabilidad. La metodología se realizará teniendo en cuenta la actual competencia y su nivel de participación del mercado.

C. PROMOCIÓN

La promoción, tiene la intención, en la mayoría de los casos, de aumentar la participación del mercado (share), aunque dependerá del tiempo, tipo y objetivo de la misma. Se puede modelar el aumento o disminución del share que se estima tener con ella. En este caso se podrá suponer que después del lanzamiento del producto, un tiempo t después, se hará una promoción. La duración de la promoción se recomienda establecerla tomando en cuenta la ley de Weber-Fechner en cuyo caso el

consumidor deberá de percibir el cambio y deberá terminar en un "tiempo óptimo", para no alterar la percepción de los consumidores respecto al valor del producto. Puede ser el caso que la promoción se efectúe para contrarrestar alguna acción de la competencia, en cuyo caso, aunque se esté incurriendo en pérdida, es preferible seguir con ella, pero deberá hacerse esta salvedad en el análisis, aunque se esperaría que cualquier promoción llevada a cabo rindiera en ganancias ya sea en el corto o largo plazo.

D. PLAZA

La opción que se tiene es:

- **Cambiar** (Entre distintos puntos de venta)

El cambio de de una plaza por otra puede ser modelada como una opción de abandonar la actual plaza, análoga a una american put option, donde el exercise price será el valor del los ahorros en costos que la empresa incurriría por el cambio, teniendo un valor de: $V + \text{Max}(C_i - C_f, 0)$, siendo C_i el costo actual de la plaza del proyecto y C_f el costos de la nueva plaza.

E. COMPETENCIA

La competencia incluye todos los ofrecimientos reales, potenciales y los sustitutos que un comprador pudiese considerar. (Kotler,2001:)

Se pueden distinguir cuatro niveles de competencia con base en cuán sustituibles sean los productos:

1. *Competencia de marca*: Una empresa ve como competidores a otras empresas que ofrecen un producto y servicios similares a los mismos clientes, a precios similares.
2. *Competencia de industria*: Una empresa ve como competidores a todas las empresas que generan el mismo producto o clase de productos.

3. *Competencia de forma*: Una empresa ve como competidores a todas las empresas que generan productos que proporcionan el mismo servicio.
4. *Competencia genérica*: Una empresa ve como competidores a todas las empresas que compiten por el mismo dinero de los consumidores.

(Kotler,2001:)

En este apartado es de considerar que el grado de incertidumbre y de escenarios es muy amplio. Por lo que el modelo se debe adaptar de acuerdo a las circunstancias del mercado en que se desenvolverá el producto. Si en dado caso ocurre un evento externo que cambie la estructura del mercado, se deberá realizar de nuevo el modelo tomando en cuenta dichos acontecimientos.

Se podrá establecer una matriz de la participación de mercado en la empresa, proyectando los posibles escenarios si las condiciones del mercado son favorables o no, enlazándola con la matriz de utilidad de la empresa, determinando de esa forma, los ingresos.

Es posible que la empresa lance un producto innovador siendo la única en ese momento capaz de satisfacer los deseos de los consumidores y obteniendo así ganancias monopólicas, en dicho caso se tendrá que considerar la facilidad de entrada de un competidor a dicho mercado.

En el caso que existan sólo dos empresas en el mercado asumiendo que existen barreras de entrada para cualquier otra empresa, por ejemplo si la tecnología desarrollada para ese producto es exclusiva de estas dos, la empresa potencialmente competidora podrá salir a competir en el mercado con un producto similar en cualquier momento. Se recomienda utilizar para ello un modelo de Leader & Follower cuyas funciones asumirán valores de acuerdo a la participación de mercado del líder que evolucionará en un proceso de inmigración (nacimiento) y muerte para establecer el momento en que entrará la competencia. El mercado y la participación de mercado reflejan la llegada de nuevos clientes y antiguos clientes saliendo. El líder invertirá primero y será beneficiado por asegurar una más alta participación de mercado que sus

competidores. Operando el líder en el mercado con un flujo de ganancias que evoluciona de acuerdo a un movimiento geométrico Browniano.

$$dx_t = \mu x_t dt + \sigma x_t d\omega_t .$$

La participación del mercado (que de aquí en adelante llamamos share) evoluciona en un proceso aleatorio, más específicamente en un modelo de nacimiento y muerte, donde nuevos clientes llegan de acuerdo a un proceso de poisson y una vez ahí pueden salir en cualquier momento. El tiempo de vida de un individuo como cliente tiene una distribución exponencial $\rho = \frac{\lambda}{v}$.

Donde λ es la tasa de inmigración (llegada de clientes) y v la tasa de muerte (salida de clientes). (Para mayor referencia sobre la distribución exponencial consultar: <<Anderson, D; Sweeney, D; Williams T.2004. *Estadística para administración y economía*. 8va ed. Thomson. Mexico,D.F. págs.:232-234>>)

Se define el share como el factor que multiplica una x ganancia estándar y que se ajusta a través del tiempo por el parámetro ρ .

*Para más referencia consultar el estudio: <<Paxon,Dean;Pinto,Helena.2002. *Timing advantage: leader/ follower value functions if the market share follows a birth and death process*. Estudio.Manchester Business School.28 págs.>>

X. EJEMPLO PRÁCTICO

Este caso es hipotético, eventualmente puede tener valores atípicos, pero se considera útil con fines demostrativos para el presente trabajo. Se analizarán algunas opciones que pueden estar presentes en la toma de decisiones.

La empresa Real Options S.A. analiza el lanzamiento de un producto innovador "x". Con ello la empresa busca posicionarse en este mercado donde no hay gran cantidad de competidores, pensando captar con este lanzamiento el 30% del mercado.

El mercado actual es de \$1,000,000 al año. Se espera que crezca por un factor de 1.03 mensual.

El costo inicial del proyecto es de \$160,000.

La empresa tiene experiencia en el mercado y a determinado lanzar el producto "x" a un precio de \$1000, el cual tiene un rango de aceptación media vez no supere los \pm \$100, si se asume que al aplicar la ley de Fechner-Weber el rango del precio aceptables se encuentra entre los \$900 y los \$1100. Por lo que se estableció la política de un incremento progresivo de \$5 cada mes si las condiciones son favorables o una disminución de \$3 mensuales si la situación resultaba desfavorable.

Los costos fijos son de \$100,000 y los costos variables de \$400 por unidad. La empresa en caso de que las condiciones le resulten favorables piensa expandir su capacidad comercial a partir del mes 11 en un 40% con una inversión de \$100,000 (que incluye el desarrollo de nuevos clientes, mayor publicidad, incremento en la fuerza de ventas, más impulsadoras, material POP etc.) o estar en la capacidad de reducirla en 25% (menor publicidad, fuerza de ventas, etc.) si las condiciones no son buenas a partir del mes 9, lo cual se calcula que tendría una reducción costos y gastos en \$50,000.

La logística de distribución y el mantenimiento de los puntos de venta se estiman como parte de los costos fijos. No se contempla un aumento de los puntos de venta y tampoco la apertura de un nuevo canal de distribución.

La empresa estima que, si el producto es aceptado, esto representaría un aumento por un factor de 1.05 en la participación del mercado cada mes o, en caso contrario, sufriría una disminución de un factor de 0.97 mensual si no logra desempeñarse bien. La probabilidad de fluctuaciones en el mercado es del 50%. La vida del proyecto es de 12 meses, al cabo del cual se evaluarán los resultados y la posibilidad de continuidad del mismo.

La administración ha calculado de la forma usual el VPN utilizando una tasa de retorno esperada de $k=20\%$ anual. La tasa libre de riesgo se estima de un 5% anual.

La Gerencia ha solicitado la evaluación de la rentabilidad del proyecto comercial. Determine la rentabilidad del proyecto. ¿SÍ/NO se llevará a cabo?

*Se empieza estableciendo el patrón de crecimiento del mercado a lo largo de 12 meses.

$$Valor_del_Mercado_{t+1} = (Valor_del_Mercado_t) * (Factor_de_crecimiento)$$

Donde t es el número de periodo.

Por ejemplo para el periodo 1,

$$Valor_del_Mercado_1 = (\$1000000) * (1.06) = \$1030000$$

y así por 12 periodos

Ver Tabla. No. 1

*La matriz del árbol de share se establece multiplicando el factor de crecimiento o reducción por el nodo anterior de share.

Para el periodo 1 se obtiene:

$$Share^{\pm}_{t+1} = (Share_t * (factor^{\pm}))$$

$$Share^+_1 = (0.3 * (1.05)) = 31.5 \approx 32\%$$

$$Share^-_1 = (0.3 * (0.97)) = 0.291 \approx 29\%$$

Ver Tabla. No. 2

*En el caso del precio, se forma un árbol con las diferentes variaciones del precio a lo largo del tiempo (12 meses), para el periodo 1 por ejemplo se tiene:

$$Precio^{\pm}_{t+1} = (Precio_t \pm Valor^{\pm})$$

$$\text{Precio}^+_1 = (\$1000 + \$5) = \$1005$$

$$\text{Precio}^-_1 = (\$1000 - \$3) = \$997$$

Ver Tabla. No. 3

*Se obtiene un árbol de la utilidad del proyecto.

La utilidad en cada uno de los periodos se calcula como:

$$\text{Utilidad}_t^n = (\text{Valor}_{\text{del}_{\text{Mercado}_t}} * \text{Share}_t^n) - \frac{(\text{Valor}_{\text{del}_{\text{Mercado}_t}} * \text{Share}_t^n)}{\text{Precio}_t^n} * CV - CF$$

Donde t es el periodo, n el numero de nodo, CV los costos variables por unidad y CF costos fijos.

Para el Nodo 1 del periodo 1 la utilidad es:

$$\text{Utilidad}_1^1 = (1030000 * 31.5\%) - \frac{(10300000 * 31.5\%)}{1005} * 400 - 100000 = \$95315.6716$$

Ver Tabla. No. 4

A continuación se realizará primero un análisis de la rentabilidad del proyecto utilizando el VPN estático y luego con el VPN expandido para comparar resultados y demostrar el valor que tiene la flexibilidad utilizando Real Options en la rentabilidad de un proyecto.

VPN Estático

Luego de obtener el árbol de utilidad del proyecto, se hace el cálculo del VPN del proyecto en cada uno de los nodos a lo largo del tiempo, empezando del final hacia el principio, descontando uno a uno los periodos de tiempo

$$VPN_{Estatico}_t^n = \frac{qV^+ + (1-q)V^-}{1+k}$$

Donde k es la tasa de retorno esperada.

Por ejemplo el VPN del nodo 1, del periodo 11 será de:

$$VPN_{Estatico}_{11}^1 = \frac{0.5 * 378274.923 + 0.5 * 339798.588}{1+0.0167} = \$353139.329$$

y así sucesivamente

Ver Tabla. No5. (Las casillas de color representan los VPN a lo largo del proyecto y las casillas de color blanco la utilidad en el periodo)

		10	11	12
		306546,803	340962,702	378274,923
		329466,969	350139,329	378274,923
		273797,366	305484,7	339798,588
		295144,182	316798,806	339798,588
		243652,954	272789,093	304380,104
		263551,011	283347,973	304380,104
		215908,107	242713,345	271778,444
		234472,2	262557,252	271778,444
		190373,467	215032,362	241771,473
		207709,364	224218,519	241771,473
		166874,531	189557,132	214154,463
k	• 1,67%	183079,677	198137,703	214154,463
q0	• 0,5	145250,484	166113,464	188738,743
		160414,65	174136,512	188738,743

Con ello se llega al VPN del proyecto en el momento 0.

El VPN del proyecto, se obtiene del VPN en el momento 0 menos la inversión inicial:

$$VPN_{PROYECTO} = VPN_0^1 - I_0$$

$$VPN_{PROYECTO} = \$157223.76 - \$160000 = -\$2776.24$$

Entonces se ve que utilizando el VPN Estático diríamos que el proyecto no se debería llevar a cabo ya que da como resultado un VPN negativo.

VPN Expandido

Al igual que la valuación del VPN Estático, se debe calcular el VPN en cada uno de los periodos a lo largo del tiempo, viniendo del final al presente.

Se utiliza para ello,

$$VPN_{Expandido}_i^n = \frac{qV^+ + (1-q)V^-}{1+r_f}$$

Siendo,

$$q = \frac{(1+r_f) - d}{u - d}$$

Donde u es el factor del movimiento positivo del share y d el factor del movimiento del share a lo largo del tiempo y r_f la tasa libre de riesgo, obteniendo un valor de q (probabilidad libre de riesgo, también llamada probabilidad de riesgo neutral) de:

$$q = \frac{(1+0.0042) - 0.97}{1.05 - 0.97} = 0.4275$$

El valor de la flexibilidad en un proyecto, se cuantificará utilizando para ello tres de las opciones que tiene la administración del proyecto (Abandonar, Contraer y Expandir) y se obtendrá su VPN con cada una de las opciones.

*Abandonar

Se interpreta la opción real de abandonar, como análoga a una american put option, cuyo valor es: **Max (A-V,0)**

En este caso la opción se ejercerá sólo si el ahorro en costos fijos es mayor al valor del proyecto. La opción puede llegar a tomarse si las condiciones de mercado son muy desfavorables, siendo el caso en el periodo 12, los nodos 12 y 13 y en el periodo 11, el nodo 12.

Por ejemplo, el VPN del nodo 12, en el periodo 11, se obtiene (Ver Tabla No. 6):

El nodo 12 del periodo 11 originó dos ramas en el último periodo (nodos 12 y 13). El nodo 12 del periodo 12 tiene un valor inferior a los costos fijos por lo que se ejerce la opción, de la misma forma el nodo 13 del periodo 12 también tiene un valor inferior a los costos fijos por lo tanto se prefiere no seguir adelante y obtener el ahorro. El valor VPN del nodo 12 en el periodo 11 es:

$$VPN_Expandido_{11}^{12} = \frac{qV_{12}^{12} + (1-q)V_{12}^{13}}{1+r_f} = \frac{0.4275 * 100000 + (1-0.4275) * 100000}{1+0.0042} = \$99581.76$$

Como también el VPN de este nodo es inferior a los ahorros en costos fijos se decide ejercer la opción y su valor cambia a $VPN_Expandido_{11}^{12} = \100000

Y así sucesivamente,

El VPN del proyecto, se obtiene del VPN en el momento 0 menos la inversión inicial:

$$VPN_{PROYECTO} = VPN_0^1 - I_0$$

$$VPN_{PROYECTO} = \$162832.26 - \$160000 = \$2832.26$$

El valor de la flexibilidad (prima de opción) del proyecto se calcula por la diferencia entre el VPN expandido debido a la opción y el VPN estático esperado del proyecto (Ver figura No. 1):

$$\text{Prima de Opción} = \text{NPV Expandido} - \text{NPV Estático}$$

$$\text{Prima de Opción} = \$2832.26 - (-2776.24\$) = \$5608.5$$

Se puede observar que ahora se obtiene un VPN positivo, por lo que la flexibilidad que se adquiere con esta opción, provoca considerar llevar a cabo el proyecto.

***Contraer**

Se interpreta la opción real de poder contraer el negocio como análoga a una european put option (restricción de ejercerla no antes del mes 9) cuyo valor es de:

$$\mathbf{Max (Ic - c\%V, 0)}$$

La opción se ejercerá si el ahorro que se produce por contraer el negocio es superior al valor del proyecto contraído por un porcentaje c%. En este caso se ejercerá en los nodos. (5-10,6-11,7-12 y 7-13) del periodo 9, 10, 11 y 12.

Por ejemplo se calcula el VPN del nodo 6, del periodo 10 así (Ver Tabla No.7):

Las dos ramas que se obtienen del nodo 6 del periodo 10, son los nodos, 6 y 7 del periodo 11.

El valor del proyecto en el nodo 6 del periodo 11 es superior al ahorro en costos de contraer el negocio, por lo que no se ejerce la opción, en cambio el nodo 7 del

periodo 11, muestra que los ahorros en costos de reducir el proyecto son superiores al valor del proyecto reducido (en 25%), por lo que se decide ejercer la opción y agregarle el valor de los ahorros al proyecto.

Entonces se obtiene el VPN del nodo 6 del periodo 10 como:

$$VPN_{\text{Expandido}}^6_{10} = \frac{qV_{11}^6 + (1-q)V_{11}^7}{1+r_f} = \frac{0.4275 * 200374.16 + (1-0.4275) * 185564.41}{1+0.0042} = \$191092.99$$

Analizando la opción en este nodo se tiene:

$$\text{Max}(I_c - c\%V, 0) = (50000 - 25\% * 191092.99) = \$2227$$

Por lo tanto se decide ejercer la opción en este nodo, entonces,

$$VPN_{10}^6 = 191092.99 + 2227 = \$193319.74 \text{ y así sucesivamente,}$$

El VPN del proyecto, se obtiene del VPN en el momento 0 menos la inversión inicial:

$$VPN_{\text{PROYECTO}} = VPN_0^1 - I_0$$

$$VPN_{\text{PROYECTO}} = \$185637.65 - \$160000 = \$25637.65$$

El valor de la flexibilidad (prima de opción) del proyecto se calcula por la diferencia entre el VPN expandido debido a la opción y el VPN estático esperado del proyecto (Ver figura No. 1):

$$\text{Prima de Opción} = \text{NPV Expandido} - \text{NPV Estático}$$

$$\text{Prima de Opción} = \$25637.65 - (-\$2776.24) = \$28413.89$$

El valor que brinda la opción provoca que el VPN sea positivo y vuelva atractivo el proyecto.

*Expandir

La Opción Real de poder expandir el proyecto es análoga a una european call option (restricción de ejercerla no antes del mes 11) cuyo valor es $Max(x\%V - I_e, 0)$

Esta opción se ejercerá sólo si el valor del proyecto por el porcentaje de expansión (40%), supera a los costos que se incurrirían en lograr expandirlo. En este caso se ejercerá en los nodos 1-4, en los periodos 11 y 12.

Por ejemplo se calcula el VPN del nodo 1 del periodo 11 así (Ver Tabla No.8):

Las dos ramas que nacen del nodo 1 del periodo 11, son los nodos 1 y 2 del periodo 12.

La opción del proyecto en nodo 1 del periodo 12, se ejerce ya que el valor del proyecto expandido es superior a la inversión de hacer esa expansión, por lo que el valor del proyecto toma los ingresos adicionales que se obtendrían en caso de expandirlo. Lo mismo ocurre en el nodo 2 del periodo 12. De este modo el VPN del nodo 1 del periodo 11 es:

$$VPN_{Expandido}_{11}^1 = \frac{qV_{12}^1 + (1-q)V_{12}^2}{1+r_f} = \frac{0.4275 * 429584.89 + (1-0.4275) * 375718.02}{1+0.0042} = \$397078.38$$

Al analizar la opción en este nodo obtenemos:

$$Max(x\%V - I_e, 0) = (40\% * 397078.38 - 100000) = \$455910$$

Por lo tanto se decide ejercer la opción,

$$VPN_{11}^6 = 397078.38 + 455910 = \$455909.73 \text{ y así sucesivamente,}$$

El VPN del proyecto, se obtiene del VPN en el momento 0 menos la inversión inicial:

$$VPN_{PROYECTO} = VPN_0^1 - I_0$$

$$VPN_{PROYECTO} = \$163268.77 - \$160000 = \$3268.77$$

El valor de la flexibilidad (prima de opción) del proyecto se calcula por la diferencia entre el VPN expandido debido a la opción y el VPN estático esperado del proyecto (Ver figura No. 1):

$$\text{Prima de Opción} = \text{NPV Expandido} - \text{NPV Estático}$$

$$\text{Prima de Opción} = \$3268.77 - (-\$2776.24) = \$5545.01$$

La flexibilidad que brinda esta opción, provoca que el VPN del proyecto sea positivo y por lo tanto considerar seguir adelante con el proyecto.

R// Sí se debe considerar realizar el proyecto. La flexibilidad que brinda el proyecto a través de cualquiera de sus opciones da como resultado un VPN positivo que hace atractivo el lanzamiento del producto "X". Es de considerar que la opción que brinda el mayor VPN es la de contraer, de llevarse a cabo el proyecto, se debe tener mucho cuidado de tener presente y mantener esa flexibilidad a lo largo del tiempo, teniendo cuidado de no perderla.

XI. CONCLUSIONES

- A. El valor de la flexibilidad de un proyecto se manifiesta como una colección de "Real Options" relacionadas con oportunidades de inversión, teniendo como base el valor del proyecto como flujos esperados de efectivo.
- B. Las opciones que se pueden encontrar en relación al producto cuando se evalúa un proyecto comercial son: *Abandonar* (El tiempo óptimo para abandonar el proyecto), *Contraer* (Opción que permite contraer el negocio antes de abandonarlo completamente), *Expandir* (Opción para decidir mejorar el producto con nuevas características y tecnología que puede significar una inversión), o *Continuar* (Seguir sin ninguna modificación)
- C. La opción real de poder Abandonar un proyecto se modela como una american put option, cuyo valor es: $\text{Max}(A-V,0)$, siendo V el valor actual del proyecto y A el ahorro en costos.
- D. La opción de Contraer un proyecto se puede modelar como una american put option cuyo valor es: $\text{Max}(I_c - c\%V,0)$, donde I_c son los ahorros potenciales en costos y $c\%$ es el porcentaje de reducción del valor del proyecto.
- E. La opción Real de poder Expandir el proyecto es análoga a una american call Option cuyo valor es $\text{Max}(x\%V - I_e,0)$, donde I_e es el costo de la inversión por expandir el negocio y $x\%$ es el porcentaje por el que se expandirá el valor del proyecto
- F. La opción de no hacer nada sino continuar como se venía realizando un proyecto puede ser modelada como una american call option, cuyo valor es: $\text{Max}(V-C,0)$, siendo V la escala actual de ingresos del proyecto y C costo total del proyecto.
- G. Los principios de la ley de Weber-Fechner deberían ser considerados en la aplicación al caso de reacción de los precios de un producto.

- H. Se puede modelar el aumento o disminución del share que se estima tener mediante el uso de una promoción. Se recomienda que al analizar la posibilidad de establecer una promoción se tomen en cuenta los principios de la Ley de Weber-Fechner.

- I. En la plaza la opción real que se tiene es de Cambiar (Entre distintos puntos de venta) análoga a una american put option, cuya opción de abandono sería el valor de los ahorros en costos que la empresa incurriría por cambiar, teniendo un valor de: $V + \text{Max}(C_i - C_f, 0)$, siendo C_i el costo actual de la plaza del proyecto y C_f el costo de la nueva plaza.

- J. La competencia en el modelo se debe adaptar de acuerdo a las circunstancias del mercado en que se desenvolverá el producto y ante cualquier variación del Share se deben considerar las acciones de la competencia como parte del análisis de las posibles causas de su variación.

XII. RECOMENDACIONES

- A.** Según el comportamiento del mercado a lo largo del tiempo, la administración puede valorar las decisiones que influirán en el lanzamiento de un producto, utilizando para ello Real Options. Obteniendo con ello el VPN estático que junto con el VPN expandido mostrarán el valor que la flexibilidad puede proporcionar a la rentabilidad de un proyecto.
- B.** Existen diversas variables que influyen en un proyecto y que en determinado caso pueden convertirse en opciones, por lo que debe modelarse las Real Options que sean razonables e incluirlas en el análisis al evaluar un proyecto.
- C.** Se debe tratar, en la medida de lo posible modelar todas las Real Options razonables, integrándolas en una sola opción, para considerar toda la flexibilidad y no por casos separados.
- D.** Se debe recordar que éste es un modelo que, por factores exógenos puede tener un comportamiento no previsto, por lo que se deben contemplar planes de contingencia.
- E.** El modelo se puede ajustar en función del share, obteniendo opciones que puedan llegar a contribuir a su crecimiento en el corto plazo.
- F.** Se debe tomar en cuenta que por causas que no se deben al propio mercadeo de la empresa sino por factores exógenos se lleguen a ejercer las Real Options.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- A. Diaz, Isabel. 2005. *Precios de Referencia: un esquema de análisis para comprender el comportamiento de los consumidores frente a los precios*. Tesis Universidad de Sevilla. España, Sevilla. 26 págs.
- B. Klein, N.M.; Oglethorpe, J.E. 1987: "Cognitive reference points in consumer decision making", in *Advances in Consumer Research*, vol. 14, ed. Melanie Wallendorf and Paul F. Anderson, Provo, UT: Association for Consumer Research, pp. 183-187.
- C. Kotler, Philip. 2001. *Dirección de Marketing*. Milenio ed. Mexico. Pearson Educacion. 792 págs.
- D. Kumar, V.; Karande, K.; Reinartz, W.J. 1998: "The impact of internal and external reference prices on brand choice: the moderating role of contextual variables". *Journal of Retailing*, vol. 74, nº. 3, otoño, pp. 401-426.
- E. Lichtenstein, D.R.; Bearden, W.O. 1989 "Contextual influences on perceptions of merchant-supplied reference prices". *Journal of Consumer Research*, vol. 16, pp. 55-66.
- F. Nagle, T.T.; Holden, R.K. 1995. *The strategy and tactics of pricing – a guide to profitable decision making*. Ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- G. Mazumdar, T.; Papatla, P. 2000: "An investigation of reference price segments". *Journal of Marketing Research*, vol. XXXVII, mayo, pp. 246-258
- H. Paxon, Dean; Pinto, Helena. 2002. *Timing advantage: leader/ follower value functions if the market share follows a birth and death process*. Estdio. Manchester Business School. 28 págs.
- I. Trigeorgis, Lenos. 1996. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. 1ª ed. United States of America. The MIT Press. 427 págs.
- J. Winer, R.S. 1988: *Behavioral perspective on pricing: buyers' subjective perceptions of price revisited*, en Devinney, T.M. ed. *Issues in pricing: theory and research*. Lexington Books, Lexington, Massachusetts, pp. 35-57.
- K. Yadav, M.S.; Seiders, K. 1998: "Is the price right? Understanding contingent processing in reference price formation". *Journal of Retailing*, vol. 74, nº. 3, otoño, pp. 311-329.
- L. *En torno al lenguaje*:
www.uba.ar/academicos/ubas21/download/materias/weberfechner

XIV. ANEXOS

Tabla No. 1

VALOR DEL MERCADO (\$)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1000000	1030000	1060900	1092727	1125508.81	1159274.07	1194052.3	1229873.87	1266770.08	1304773.18	1343916.38	1384233.87	1425760.89

Tabla No. 2
Árbol Share

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
130%	132%	133%	135%	136%	138%	140%	142%	144%	147%	149%	151%	154%
	229%	231%	232%	234%	235%	237%	239%	241%	243%	245%	247%	250%
		328%	330%	331%	333%	334%	336%	338%	340%	342%	344%	346%
			427%	427%	430%	432%	433%	435%	437%	439%	440%	442%
				527%	528%	529%	531%	532%	534%	536%	537%	539%
					626%	627%	628%	630%	631%	633%	635%	636%
						725%	726%	728%	729%	730%	732%	733%
							824%	825%	827%	828%	829%	831%
								924%	925%	926%	927%	929%
									1023%	1024%	1025%	1026%
										1122%	1123%	1124%
											1221%	1223%
												1321%

Tabla No. 3
Árbol precio (\$)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11000	11005	11010	11015	11020	11025	11030	11035	11040	11045	11050	11055	11060
	2997	21002	21007	21012	21017	21022	21027	21032	21037	21042	21047	21052
		3994	3999	31004	31009	31014	31019	31024	31029	31034	31039	31044
			4991	4996	41001	41006	41011	41016	41021	41026	41031	41036
				5988	5993	5998	51003	51008	51013	51018	51023	51028
					6985	6990	6995	61000	61005	61010	61015	61020
						7982	7987	7992	7997	71002	71007	71012
							8979	8984	8989	8994	8999	81004
								9976	9981	9986	9991	9996
									10973	10978	10983	10988
										11970	11975	11980
											12967	12972
												13964

Tabla No. 4
Utilidad del Proyecto (\$)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80000	95315,6716	111925,279	129937,55	149470,31	170651,2427	193618,7072	218522,6327	245525,481	274803,289	306546,803	340962,702	378274,923
	79477,2417	94753,6058	111320,915	129287,667	148771,4399	169899,6501	192810,3701	217653,219	244590,325	273797,366	305464,7	339798,588
		78953,103	94190,0755	110714,997	128636,1352	148070,821	169146,2025	192000,065	216781,718	243652,954	272789,093	304380,104
			78427,5688	93625,0651	110107,5089	127982,9382	147368,435	168390,88	191187,771	215908,107	242713,345	271778,444
				77900,6243	93058,55855	109498,4339	127328,0576	146664,263	167633,663	190373,467	215032,362	241771,473
					77372,25408	92490,5398	108887,7549	126671,475	145958,286	166874,531	189557,132	214154,463
						76842,44282	91920,99251	108275,454	126013,173	145250,484	166113,464	188738,743
							76311,17488	91349,9002	107661,515	125353,133	144540,838	165350,44
								75778,4345	90777,2461	107045,919	124691,335	143829,329
									75244,2056	90203,0132	106428,649	124027,761
										74708,4722	89627,1846	105809,686
											74171,2177	89049,7429
												73632,4257

Tabla No. 5
VPN Estático (\$)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
170000	206079,104	244109,743	284176,975	326369,22	370778,3741	417499,9468	466633,191	245525,481	274803,289	629554,406	689406,927	752228,394
40680,6527	53166,7462	69024,2962	89103,2299	114458,734	146399,3899	186546,3529	236906,0815	286188,089	307175,74	477128,521	599695,87	2752228,394
	159473,22	196056,745	234632,723	275288,234	318113,7959	363203,4966	410655,1253	217653,219	244590,325	568217,923	626174,113	687041,694
	44466,8202	58575,8948	76555,0809	99389,0174	128301,5726	164812,1828	210805,1654	255572,212	274759,119	431925,291	545412,581	4687041,694
	148084,101	185170,026	224290,028	265533,2475	213038,7435	308992,3507	354763,6641	192000,065	216781,718	506971,904	563033,369	621948,501
	48144,4738	64027,0666	84343,1767	110232,0693	143111,5913	184744,0732	227392,855	244921,418	244921,418	386788,513	491268,118	621948,501
	135790,859	173376,598	213038,7435	213038,7435	213038,7435	254868,5444	298960,8634	168390,88	191187,771	445818,67	499986,84	556950,982
	51519,6705	69321,7831	92191,55473	92191,55473	92191,55473	121445,3751	158723,7459	201457,777	217459,213	341719,737	437084,313	556950,982
		122550,001	160632,3636	160632,3636	160632,3636	200834,1778	243248,8446	146664,263	167633,663	384760,407	437036,736	492051,369
		54325,4261	74180,72476	74180,72476	74180,72476	99814,35625	132745,1544	177589,814	192185,031	296720,565	383043,057	492051,369
			108316,255	108316,255	108316,255	146891,4193	187629,7975	126671,475	145958,286	323799,373	374185,337	427251,967
			56200,2979	56200,2979	56200,2979	78219,38317	106809,3006	155625,699	168926,098	251792,648	329086,3	427251,967
			93042,50774	93042,50774	93042,50774	132105,9827	187629,7975	108275,454	126013,173	262937,896	311434,995	362555,153
			56661,3318	56661,3318	56661,3318	80917,21897	135414,976	135414,976	147523,199	206937,688	275216,054	362555,153
						76679,73487	91349,9002	91349,9002	107661,515	202178,381	248788,138	297963,377
						55069,97735	116819,003	116819,003	127829,614	162157,444	221434,396	297963,377
							75778,4345	75778,4345	90777,2461	141523,309	186247,273	233479,173
							99710,0241	99710,0241	109710,146	117453,731	167743,469	233479,173
									75244,2056	80975,2425	123814,986	169105,152
									93040,217	72828,4239	114145,485	169105,152
										20536,8299	61493,9516	104844,013
										28283,4588	60642,7319	104844,013
											-713,070038	40698,5435
											7237,56928	40698,5435
												-23328,3772
												-23328,3772

7	OPCION	8	OPCION	9	OPCION	10	OPCION	11	OPCION	12	OPCION
218522,63	218522,63	245525,48	245525,48	274803,29	311215,47	306546,80	332423,53	340962,70	354757,24	378274,92	378274,92
271957,23	100000	291077,62	100000	311215,47	100000	332423,53	100000	354757,24	100000	378274,92	100000
192810,37	192810,37	217653,22	217653,22	244590,33	278175,60	273797,37	297662,04	305464,70	318185,13	339798,59	339798,59
242110,73	100000	259674,70	100000	278175,60	100000	297662,04	100000	318185,13	100000	339798,59	100000
169146,20	169146,20	192000,07	192000,07	216781,72	247764,65	243652,95	265665,35	272789,09	284520,67	304380,10	304380,10
214641,02	100000	230771,47	100000	247764,65	100000	265665,35	100000	284520,67	100000	304380,10	100000
147368,43	147368,43	168390,88	168390,88	191187,77	219775,23	215908,11	236215,41	242713,34	253534,61	271778,44	271778,44
189360,48	100000	204170,67	100000	219775,23	100000	236215,41	100000	253534,61	100000	271778,44	100000
127328,06	127328,06	146664,26	146664,26	167633,66	194016,21	190373,47	209111,26	215032,36	225015,67	241771,47	241771,47
166096,21	100000	179690,53	100000	194016,21	100000	209111,26	100000	225015,67	100000	241771,47	100000
108887,75	108887,75	126671,48	126671,48	145958,29	170311,45	166874,53	184167,70	189557,13	198769,13	214154,46	214154,46
144688,90	100000	157163,52	100000	170311,45	100000	184167,70	100000	198769,13	100000	214154,46	100000
91920,99	91920,99	108275,45	108275,45	126013,17	148498,63	145250,48	161214,08	166113,46	174615,55	188738,74	188738,74
125651,20	100000	136433,27	100000	148498,63	100000	161214,08	100000	174615,55	100000	188738,74	100000
76311,17	76311,17	91349,90	91349,90	107661,52	128428,18	125353,13	140093,11	144540,84	152389,57	165350,44	165350,44
110963,80	100000	118520,28	100000	128428,18	100000	140093,11	100000	152389,57	100000	165350,44	100000
		75778,43	75778,43	90777,25	111991,30	107045,92	120659,86	124691,33	131938,79	143829,33	143829,33
		106135,25	100000	111991,30	100000	120659,86	100000	131938,79	100000	143829,33	100000
				75244,21	102541,02	90203,01	106339,86	106428,65	113122,80	124027,76	124027,76
				102541,02	100000	106339,86	100000	113122,80	100000	124027,76	100000
						74708,47	100456,60	89627,18	102055,01	105809,69	105809,69
				100457	100000	100457	100000	102055	100000	105809,69	100000
								74171,22	99581,76	89049,74	89049,74
								100000	100000	100000	100000
										73632,43	73632,43
										100000	100000

Tabla No. 7
Opción de contraer (\$)

0	1	2	3	4	5	6	OPCION
80000,00	95315,67	111925,28	129937,55	149470,31	170651,24	193618,71	OPCION
185637,65	192478,28	200692,59	210696,24	222858,83	237337,51	253900,79	OPCION
0	0	0	0	222858,83	237337,51	253900,79	0
	79477,24	94753,61	111320,91	129287,67	148771,44	169899,65	OPCION
	181891,47	187756,52	194694,95	203159,86	213682,19	226710,46	OPCION
	0	0	0	203159,86	213682,19	226710,46	0
	78953,10	78953,10	94190,08	110715,00	128636,14	148070,82	OPCION
	178846,29	178846,29	183952,84	189802,32	196793,00	205521,28	OPCION
	0	0	0	189802,32	196793,00	205521,28	0
	78427,57	78427,57	78427,57	93625,07	110107,51	127982,94	OPCION
	176345,17	176345,17	176345,17	180934,41	185974,65	191719,10	OPCION
	0	0	0	180934,41	185974,65	191719,10	0
	77900,62	77900,62	77900,62	77900,62	93058,56	109498,43	OPCION
	174211,97	174211,97	174211,97	174211,97	178498,12	183049,48	OPCION
	0	0	0	174211,97	178498,12	183049,48	0
	77372,25	77372,25	77372,25	77372,25	92490,54	109498,43	OPCION
	172289,46	172289,46	172289,46	172289,46	172289,46	176409,02	OPCION
	0	0	0	172289,46	172289,46	176409,02	0
	76842,44	76842,44	76842,44	76842,44	92490,54	109498,43	OPCION
	170477,23	170477,23	170477,23	170477,23	176409,02	183049,48	OPCION
	0	0	0	170477,23	176409,02	183049,48	0

7	OPCION	8	OPCION	9	OPCION	10	OPCION	11	OPCION	12	OPCION
218522.63	218522.63	245525.48	245525.48	274803.29	311215.47	306546.80	332423.53	340962.70	354757.24	378274.92	378274.92
271957.23	0	291077.62	0	311215.47	-27804	332423.53	-33106	354757.24	-38689	378274.92	-44569
192810.37	192810.37	217653.22	217653.22	244590.33	278175.60	273797.37	297662.04	305464.70	318185.13	339798.59	339798.59
242280.28	0	259674.70	0	278175.60	-19544	297662.04	-24416	318185.13	-29546	339798.59	-34950
169146.20	169146.20	192000.07	192000.07	216781.72	247764.65	243652.95	265665.35	272789.09	284520.67	304380.10	304380.10
216747.28	0	231068.87	0	247764.65	-11941	265665.35	-16416	284520.67	-21130	304380.10	-26095
147368.43	147368.43	168390.88	168390.88	191187.77	220296.89	215908.11	236215.41	242713.34	253534.61	271778.44	271778.44
198646.30	0	207643.11	0	220296.89	-5074	236215.41	-9054	253534.61	-13384	271778.44	-17945
127328.06	127328.06	146664.26	146664.26	167633.66	199623.37	190373.47	210026.29	215032.36	225015.67	241771.47	241771.47
187952.89	0	193385.47	0	199717.53	94	210026.29	-2507	225015.67	-6254	241771.47	-10443
108887.75	108887.75	126671.48	126671.48	145958.29	186767.86	166874.53	191092.99	189557.13	200374.16	214154.46	214154.46
180730.88	0	185275.11	0	190075.89	3308	193319.74	2227	200374.16	-94	214154.46	-3539
91920.99	91920.99	108275.45	108275.45	126013.17	177399.29	145250.48	177660.77	166113.46	180752.54	188738.74	188738.74
174475.96	0	178663.47	0	183049.47	5650	183245.58	5585	185564.41	4812	191554.06	2815
76311.17	76311.17	91349.90	91349.90	107661.52	168932.07	125353.13	165780.22	144540.84	164083.05	165350.44	165350.44
168741.94	0	172629.05	0	176699.05	7767	174335.17	8555	173062.29	8979	174012.83	8662
		75778.43	75778.43	90777.25	161141.76	107045.92	154849.02	124691.33	148744.97	143829.33	143829.33
		167077.28	0	170856.32	9715	166136.77	11288	161558.73	12814	157872.00	14043
				75244.21	153974.79	90203.01	144792.05	106428.65	134632.98	124027.76	124027.76
				165481.09	11506	158594.04	13802	150974.73	16342	143020.82	18993
						74708.47	135540.10	89627.18	121650.03	105809.69	105809.69
						151655	16115	141238	19587	129357.26	23548
								74171.22	109706.73	89049.74	89049.74
								192280	22573	116787	27738
										73632.43	73632.43
										105224	31592

Tabla No. 8
Opción de expandir (\$)

0	OPCION	1	OPCION	2	OPCION	3	OPCION	4	OPCION	5	OPCION	6	OPCION
80000,00	163268,77	95315,67	177054,87	111925,28	191968,98	129937,55	208340,90	149470,31	226662,20	170651,24	247620,56	193618,71	272077,03
163268,77	0	177054,87	0	191968,98	0	208340,90	0	226662,20	0	247620,56	0	272077,03	0
		79477,24	154172,13	94753,61	167217,06	111320,91	181151,99	129287,67	196188,38	148771,44	212674,91	169899,65	231174,91
		154172,13	0	167217,06	0	181151,99	0	196188,38	0	212674,91	0	231174,91	0
				78953,10	145562,20	94190,08	158038,24	110715,00	171252,92	128636,14	185316,76	148070,82	200420,74
				145562,20	0	158038,24	0	171252,92	0	185316,76	0	200420,74	0
						78427,57	137313,92	93625,07	149329,92	110107,51	162007,45	127982,94	175397,77
						137313,92	0	149329,92	0	162007,45	0	175397,77	0
								77900,62	129348,64	93058,56	140958,81	109498,43	153197,10
								129348,64	0	140958,81	0	153197,10	0
										77372,25	121627,97	92490,54	132854,28
										121627,97	0	132854,28	0
												76842,44	114137,31
												114137,31	0

7	OPCION	8	OPCION	9	OPCION	10	OPCION	11	OPCION	12	OPCION
218522,63	218522,63	245525,48	245525,48	274803,29	372566,35	306546,80	413136,99	340962,70	397078,38	378274,92	378274,92
300902,77	0	334575,91	0	372566,35	0	413136,99	0	455909,73	455910	429584,89	429585
192810,37	192810,37	217653,22	217653,22	244590,33	308662,04	273797,37	345004,48	305464,70	345877,42	339798,59	339798,59
252548,15	0	277965,69	0	308662,04	0	345004,48	0	384228,39	384228	375718,02	375718
169146,20	169146,20	192000,07	192000,07	216781,72	257083,19	243652,95	283788,65	272789,09	298747,18	304380,10	304380,10
216910,93	0	235420,99	0	257083,19	0	283788,65	0	318246,05	318246	326132,14	326132
147368,43	147368,43	168390,88	168390,88	191187,77	220972,40	215908,11	239027,58	242713,34	257243,15	271778,44	271778,44
189577,44	0	204680,52	0	220972,40	0	239027,58	0	260140,40	260140	280489,82	280490
127328,06	127328,06	146664,26	146664,26	167633,66	194016,21	190373,47	209111,26	215032,36	225015,67	241771,47	241771,47
166096,21	0	179690,53	0	194016,21	0	209111,26	0	225015,67	215022	241771,47	238480
108887,75	108887,75	126671,48	126671,48	145958,29	170311,45	166874,53	184167,70	189557,13	198769,13	214154,46	214154,46
144688,90	0	157163,52	0	170311,45	0	184167,70	0	198769,13	178277	214154,46	199816
91920,99	91920,99	108275,45	108275,45	126013,17	148498,63	145250,48	161214,08	166113,46	174615,55	188738,74	188738,74
124991,72	0	136435,27	0	148498,63	0	161214,08	0	174615,55	144462	188738,74	164234
76311,17	76311,17	91349,90	91349,90	107661,52	128428,18	125353,13	140093,11	144540,84	152389,57	165350,44	165350,44
106869,39	0	117363,51	0	128428,18	0	140093,11	0	152389,57	113345	165350,44	131491
		75778,43	75778,43	90777,25	109962,26	107045,92	120659,86	124691,33	131938,79	143829,33	143829,33
		99817,18	0	109962,26	0	120659,86	0	131938,79	84714	143829,33	101361
				75244,21	92973,88	90203,01	102780,81	106428,65	113122,80	124027,76	124027,76
				92973,88	0	102780,81	0	113122,80	58372	124027,76	73639
						74708,47	86332,89	89627,18	95812,21	105809,69	105809,69
						86333	0	95812	34137	105809,69	48134
								74171,22	79887,80	89049,74	89049,74
								79888	11843	89050	24670
										73632,43	73632,43
										3085	3085

ILUSTRACIONES

Figura No. 1

La flexibilidad administrativa introduce una asimetría en la distribución de probabilidad del VPN. Arriba: una distribución simétrica de VPN en ausencia de flexibilidad, el VPN Estático coincide con su media (o su estimado). Abajo una distribución asimétrica de VPN (corrida a la derecha) causada por la flexibilidad administrativa, el VPN esperado excede su moda

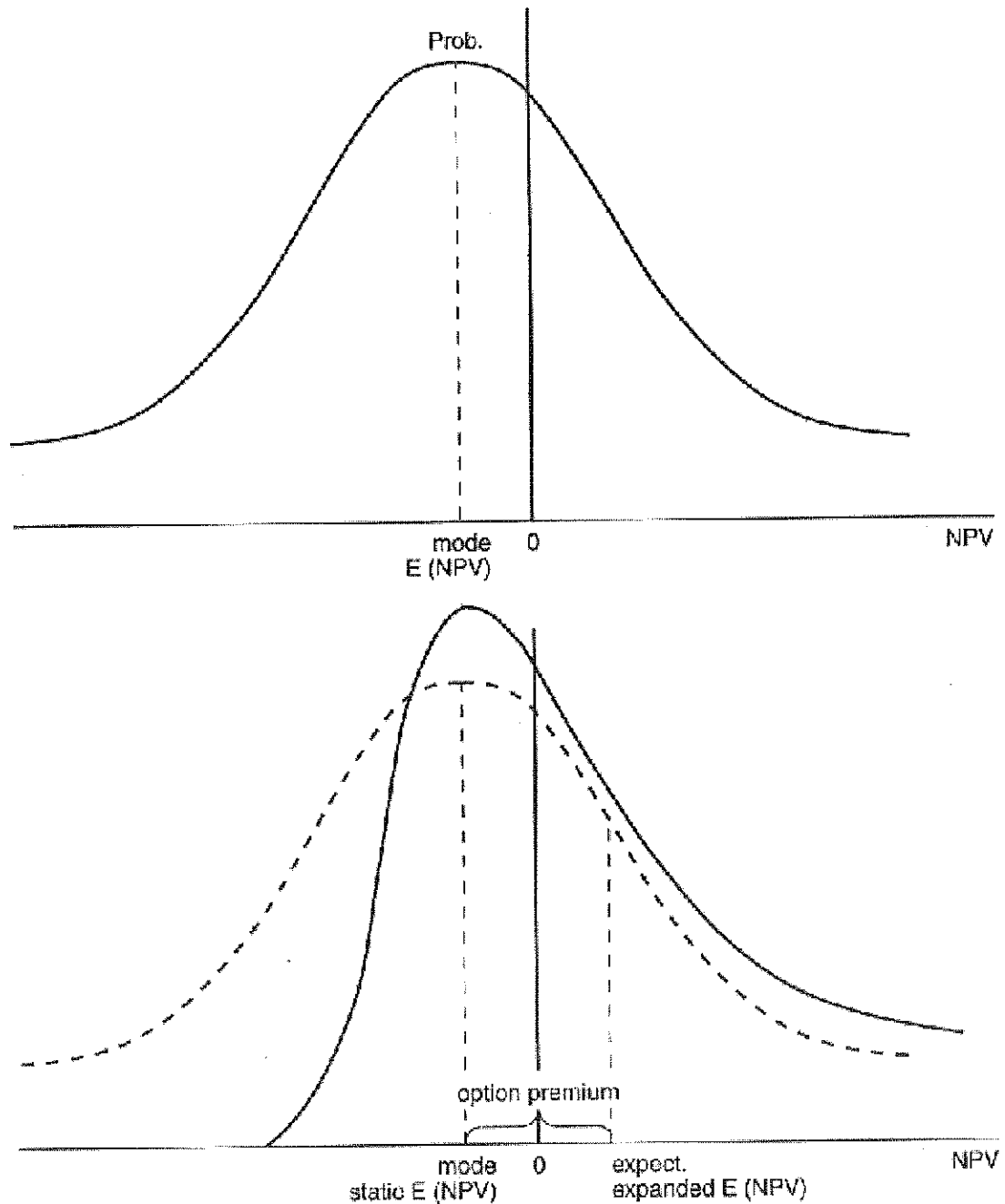


Figura No. 2
Factores que determinan la formación y modificación de los precios de referencia

