



Universidad Nacional Autónoma de México

# **Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

## **T e s i s**

**Valuación económica de patentes con opciones reales  
para el análisis de la viabilidad y conveniencia económica  
para su obtención y aplicación temporal**

**Que para obtener el grado de:**

**Maestro en:  
Finanzas**

**Presenta: Luis Fernando Romero Coria**

**Tutor (Director de la tesis): Dr. Francisco López Herrera**

**México, D.F. Septiembre de 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A Dios por la oportunidad, a mis antepasados y antecesores por su apoyo.**

**A México.....**

**Por ser el crisol donde se lleva a cabo los sueños y vidas donde cabemos todos como nosotros.**

**A mis padres.....**

**Por todo su amor, comprensión, pasión, paciencia y fortaleza, siempre serán mi mayor orgullo.**

**A mi madre, Georgina María Inés Coria Quezadas (de Romero).....**

**Que Dios no aguantó más la falta de su alegre presencia y reclamó de nuevo a ese ángel a su lado.**

**A mis hermanos: Georgina María Luisa, Patricia Eugenia, Alejandro, Pablo Armando y Miguel Ángel.....**

**A todos por ese gran ejemplo de lucha y dedicación además de todo el cariño que me han regalado en todo momento, saberlos cerca es un tónico además de una bendición.**

**A mi familia.....**

**Por su sabiduría, amor y comprensión.**

**A mis amigos.....**

**Que por compartir siempre momentos que por ellos se vuelven importantes, sean duros amargos o felices.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México.....**

**Por ser madre de ideas y padre de hechos.**

**A todos aquellos amigos y familia intelectual.....**

**Por que de uno u otra forma han sido factores para llegar a este punto.**

**Tutto e possibile.**

**A todos aquellos que estuvieron en el momento preciso.**

**...que Dios te de la posibilidad de estar donde quieras estar, con los que quieras estar el tiempo que sea necesario estar.**

**...después de pasar grandes dificultades para establecer contacto con el maestro (Ejo Takata) cierto día temblando de meción finalmente llamé a su puerta. Apareció u oriental con el cráneo rapado y sin edad –podía tener veinte años o sesenta-, vestido con un hábito de monje, me abrió y de inmediato me trató como si hubiera sido amigo suyo desde siempre. Me tomó de lamano para conducirme a la sala de meditación donde me mostró un pedazo de tela blanca fijado al muro y sobre el cual estaba escrita una palabra en japonés, que él se prestó a traducirme y pronunció con dificultad: “felicidad”...**

**... Y es que cuando me mostró el signo de “felicidad” me di cuenta que me estaba enseñando el secreto del alma: ser feliz a pesar de miserias y fracasos; la vida es una fuente de felicidad y la curación es reconocer que debajo de este contexto terrible en que vivimos, hay un río de increíble gozo. Luego tomó dos banquitos y me dijo: “Vamos a meditar afuera”. Y a la mitad del camino se detuvo y me entregó uno de los bancos y me pidió: “Ahora llevalo tú”.**

**Ahí entendí todo: durante la primera mitad del camino, el maestro guía al discípulo, pero la parte final del camino debe hacerla éste último sólo. ...**

**... (De su vida en Japón sólo conozco esta anécdota: mientras los norteamericanos bombardeaban Tokio, en medio de la lluvia de bombas él seguía meditando.)**

**Más tarde comprendí que toda estructura narrativa (incluso la de los chistes) puede interpretarse: toda historia es iniciática, si se le observa con detenimiento.**

**Alejandro Jodorowsky, La sabiduría de los chistes, Historias iniciáticas.**

**Siempre le pedimos una oportunidad a la vida, siendo que a vida es la oportunidad que ella nos otorga. Koan cero, Luis Fernando Romero Coria.**

**...la felicidad proviene de dentro, el placer de fuera... Koan uno, Luis F. Romero Coria.**

**El poder es la velocidad en la capacidad de pasar de las ideas a los hechos. L.F.R.C.**

**...La persistente aspiración de libertad y misterio que envuelve al mundo del guerrero expresan (los) secretos sentimientos de todo ser humano... Víctor Sánchez: Las enseñanzas de Don Carlos: Aplicaciones prácticas de las enseñanzas de Carlos Castañeda.**

**...si no somos capaces de cambiar el espíritu no seremos capaces de cambiar la materia. Pablo González Casanova.**

**... las tempestades de la libertad son preferibles a la paz (placidez) sepulcral de la servidumbre. Miguel Ramos Arispe. (L.F.R.C.)**

**Pensamos que si en nuestras aulas –cualquiera sea el nivel- comenzara a entrar este discurso desde el hacer, sería posible que se lograra la revaloración del conocimiento, el conocerse y el cuidarse; la escasez por la falta de sentido de los aprendizajes dejaría paso a la riqueza de la búsqueda de sentido a partir de los mismos.**

**Conocimiento es sabiduría y sabiduría es felicidad. Si queremos ciudadanos responsables necesariamente tendremos que trabajar a favor de la felicidad y por ende en pos del acercamiento a la sabiduría. La filosofía antigua nos ofrece un caudal inagotable de ese conocimiento profundo que permite a cada ser entenderse con el mundo que lo rodea. También nos guía para ir ayudando a que la sabiduría latente en cada individuo le permita entenderse con su medio en armonía con él, tomando de él lo que éste le ofrece y devolviéndole amorosamente un producto aún mejor.**

**Consideramos que si la educación continuara proponiéndose incrementar los saberes, habilidades y competencias del aprendiente e incorporara con la misma intensidad el fomento de la reflexión acerca del cómo conocer para poder conocerse y cuidarse quizá habría menos patologías, más armonía, menos violencia y una valoración del conocimiento no sólo utilitario sino como una vía para vivir juntos de una mejor manera, “una buena vida”. Esto sólo sería posible si –como dijimos anteriormente- se implementaran modificaciones en la formación docente que tendieran a ese objetivo.**

**Coincidimos con Jean Claude Filloux cuando expresa: “...no es banal enseñar este trabajo sobre uno mismo, que a veces pone en juego el sentido que le damos a la vida y el sentido que los otros le dan a su propia vida. [Se necesita que] los docentes sean sujetos éticos, para que sean concientes de los problemas éticos en el mundo, a su alrededor...en ellos mismos. También [necesitan] una formación psicosociológica para [abordar] lo que pueda suceder en el aula y [...] una formación clínica tratando de iniciarlos...en la transferencia que ocurre en el sentido psicoanalítico del término entre el docente y el alumno [...] una educación para la ética tiene que pasar por una educación clínica que utilice los datos de los psicosociólogos y psiconalistas.” (RIE N° 46/5- 25 de junio de 2008).**

**“Al final del De docta ignorantia, en una última carta dirigida al cardenal Julianus, Cusa explica cuál fue el lugar en donde conoció la revelación de la ignorancia: „Fue en el navío que me traía de Grecia en donde fui llevado a abrazar de manera incomprensible (incomprehensibiliter) lo incomprensible (incomprehensibilita)“. (...) El hecho mismo del conocimiento en el hombre es la huella de su finitud. Ninguna ontología positiva, ningún saber absoluto le son posibles. Homo est Faber. Homo no será nunca Sapiens. (...) Ignorantia que es dos veces docta, por saber que ignora, por saber que la ignorancia produce. Es la fórmula altiva del segundo capítulo del Liber primus del tratado sobre la docta ignorantia: „He sacado a la luz de manera directa la raíz misma de la docta ignorantia en la inaccesible precisión de su verdad (radicem doctae ignorantiae in inapprehensibilili veritatis praecisione satim manifestans“).”**

**VALUACIÓN DE PATENTES CON OPCIONES REALES**  
**PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD**  
**Y CONVENIENCIA ECONÓMICA**  
**PARA SU OBTENCIÓN Y APLICACIÓN TEMPORAL**

## ÍNDICE

Resumen/Abstract.....Pág. 10

Glosario

INTRODUCCIÓN      Pág. 14

CAPÍTULO 1      Pág. 17

### TEORÍA DE PATENTES, OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES EL PAPEL DE LA FLEXIBILIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN MÉXICO

DERECHOS DE AUTOR

DERECHO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL.....Pág. 18  
BANCO NACIONAL DE PATENTES (BANAPA)

MÉXICO Y LOS ACUERDOS INTERNACIONALES  
SOBRE PROPIEDAD INTELECTUAL

EL TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN)

ACUERDO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO  
SOBRE ASPECTOS DE LOS DERECHOS DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL  
RELACIONADOS CON EL COMERCIO (ADPIC) .....Pág. 19

PATENTES

OPORTUNIDADES QUE OFRECEN LAS PATENTES  
PARA LOS PAÍSES MENOS DESARROLLADOS .....Pág. 26

MÉTODOS TRADICIONALES DE VALUACIÓN DE PATENTES.....Pág. 31

APLICABILIDAD DE LAS OPCIONES FINANCIERAS  
Y LAS OPCIONES REALES A LAS PATENTES .....Pág. 32

Figura 1: Colocación de la metodología propuesta para la evaluación de opciones...Pág. 35

Fig. 2: Planteamiento gral. de relaciones y lógica del proceso del presente trabajo...Pág. 36

CAPÍTULO 2      Pág. 37

ALCANCES Y LIMITACIONES DE LOS MODELOS  
TRADICIONALES DE VALUACIÓN DE PATENTES

¿QUÉ ES UNA OPCIÓN REAL? .....Pág. 39

PROPIEDADES DE LAS OPCIONES REALES

VALOR PRESENTE NETO Y LAS OPCIONES REALES .....Pág. 40

OPCIONES REALES AVANZADAS

HAY QUE HACER QUE ELLO SUCEDA

<b>2.1 BASES PARA LA VALUACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES.....</b>	<b>Pág. 41</b>
<b>2.2 OPCIONES DE COMPRA (“CALLS”) Y VENTA (“PUTS”) DIAGRAMAS DE DESCRIPCIÓN Y PAGOS</b>	
<b>Figura 3: Pago de una opción de compra (call)</b>	
<b>Figura 4: Pago de una opción de venta (put).....</b>	<b>Pág. 42</b>
<b>2.3 DETERMINANTES DEL VALOR DE LA OPCIÓN</b>	
<b>Tabla 2.1: Resumen de las variables que afectan el valor de las opciones de compra/venta. (Call o Put), mientras estén activas las opciones</b>	
<b>OPCIONES AMERICANAS VS. EUROPEAS: VARIABLES RELACIONADAS CON EL EJERCICIO TEMPRANO .....</b>	<b>Pág. 43</b>
<b>Tabla 2.2: Resumen de las variables que afectan el valor de las opciones de compra/venta. (Call o Put), mientras estén activas las opciones.....</b>	<b>Pág. 44</b>
<b>2.4 MODELOS DE VALUACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS</b>	
<b>2.4.1 EL MODELO BINOMIAL</b>	
<b>Figura 5: Formulación general de la trayectoria del precio en base binomial. ....</b>	<b>Pág. 45</b>
<b>CREANDO UN PORTAFOLIOS DE REPLICACIÓN</b>	
<b>Un ejemplo de valuación binomial</b>	
<b>Figura 6: Proceso binomial del Call. ....</b>	<b>Pág. 46</b>
<b>Figura 7: Proceso binomial del Call y su solución.</b>	
<b>Figura 8: Proceso binomial del Call</b>	
<b>Figura 9: Proceso binomial del Call .....</b>	<b>Pág. 47</b>
<b>LOS DETERMINANTES DEL VALOR</b>	
<b>2.4.2 CONVENIENCIA DE LA ECUACIÓN DE BLACK-SCHOLES</b>	
<b>2.4.2.1 LA ECUACIÓN (MODELO) DE BLACK-SCHOLES.....</b>	<b>Pág. 48</b>
<b>2.4.2.2 EL PORTAFOLIOS DE REPLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BLACK-SCHOLES</b>	
<b>2.4.2.3 LIMITACIONES DEL MODELO Y PUNTOS FIJOS.....</b>	<b>Pág. 49</b>
<b>1. Dividendos</b>	
<b>EJERCICIO TEMPRANO.....</b>	<b>Pág. 50</b>
<b>1. Impacto del ejercicio sobre el valor del activo subyacente</b>	
<b>2.5 VALORANDO LOS PUTS.....</b>	<b>Pág.51</b>
<b>AJUSTES SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE VALUACIÓN DE OPCIONES.....</b>	<b>Pág. 52</b>

1. El activo subyacente no se negocia
2. El precio del activo sigue un proceso continuo
3. La varianza se conoce y es constante sobre toda la vida de la opción
4. El ejercicio de las mismas es instantáneo. ....Pág. 53

## 2.6 LAS DIFERENTES OPCIONES

### OPCIONES FINANCIERAS: LIMITADAS, BARRERA, COMPUESTAS Y ARCO IRIS

#### 2.6.1 OPCIONES LIMITADAS Y BARRERA

Figura No. 10 Opción Limitada.....Pág. 54

#### 2.6.2 OPCIONES COMPUESTAS

#### 2.6.3 OPCIONES ARCO IRIS

### 2.7 OPCIONES EN EL ANÁLISIS DE INVERSIÓN/ PRESUPUESTACIÓN DE CAPITAL

#### 2.8 OPCIÓN FINANCIERA A RETRASAR INVERSIÓN EN UN PROYECTO...Pág. 55

##### 2.8.1 OBTENIENDO LOS PARÁMETROS PARA VALORAR LA OPCIÓN A RETRASAR LA INVERSIÓN.....Pág. 56

Figura 11: Diagrama de Pagos, mostrando variaciones en función del VPN

### VALUACIÓN DEL ACTIVO SUBYACENTE

#### VARIANZA EN EL VALOR DEL ACTIVO

PRECIO DE EJERCICIO SOBRE UNA OPCIÓN.....Pág. 57

#### EXPIRACIÓN DE LA OPCIÓN Y LA TASA LIBRE DE RIESGO

#### COSTO DEL RETRASO; PARA LA GENERACIÓN DE GANANCIAS

2.8.2 VALUACIÓN DEL RETRASO DE UNA OPCIÓN.....Pág. 58

#### Un ejemplo

2.8.3 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS .....Pág. 59

#### Casos y Ejemplos

IMPLICACIONES DE OBSERVAR EL DERECHO A  
RETRASAR UN PROYECTO CÓMO UNA OPCIÓN.....Pág. 60

### VALUANDO UNA PATENTE

C1: Valoración de una patente: Avonex en 1997. ....Pág. 61

Fig. 12: Pago de la introducción de un producto

REFINAMIENTOS POTENCIALES.....Pág. 62

C2: Valoración de opciones sobre recursos naturales.....Pág. 63



1. <u>Reservas disponibles del recurso</u> .....	5
2. <u>Costo estimado del desarrollo del recurso</u>	
3. <u>Tiempo de vida de la opción</u>	
	Pág. 64

Figura 13: Pagos a partir del desarrollo de las reservas de un recurso natural

4. <u>Varianza en el valor del activo subyacente</u>	
5. <u>Costo del retraso en la inversión</u> .....	Pág. 65

E1: Valuación de una mina de oro

E2: Valuación de una reserva de petróleo.....Pág. 66

INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA CANTIDAD DE RESERVAS. ....Pág. 67

## 2.9 LA OPCIÓN DE EXPANSIÓN DENTRO DE UN PROYECTO

### 2.9.1 EN LA PRÁCTICA: EVALUAR LA OPCIÓN A EXTENDER

El caso Home Depot.....Pág. 68

Figura 14: La opción a extender un proyecto

2.9.2 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS .....Pág. 69

2.9.3 IMPLICACIONES

## CAPÍTULO 3 Pág. 70

### CONSIDERACIONES ESTRATÉGICAS/OPCIONES

1. Entrar a un nuevo mercado en crecimiento o a un mercado mayor

2. Experiencia tecnológica

3. Nombre de marca

3.1 INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y  
GASTOS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADO

3.2 PROYECTOS/INVERSIONES MULTIESTADO .....Pág. 71

3.3 ¿CUÁNDO SON VALIOSAS LAS OPCIONES REALES .....Pág. 72  
ALGUNAS PRUEBAS/PREGUNTAS CLAVE

ESTIMACIÓN CUANTITATIVA

PRUEBAS/PREGUNTAS CLAVE

La primera es: la naturaleza de la competencia.....Pág. 73

La segunda es la naturaleza de la ventaja competitiva.....Pág. 74

3.4 LA OPCIÓN A ABANDONAR EL PROYECTO

3.4.1 VALUACIÓN DE LA OPCIÓN A ABANDONAR

Un ejemplo

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS.....Pág. 75

IMPLICACIONES.....	6 Pág. 76
CLÁUSULAS DE ESCAPE EN EL CONTRATO	
INCENTIVOS AL COMPRADOR	
3.4.2 VALUANDO LA PARTICIPACIÓN CÓMO UNA OPCIÓN	
3.4.3 EL MARCO DE TRABAJO GENERAL.....	Pág. 77
Figura 16: Pago sobre la participación, cómo opción sobre una firma	
Aplicación a la valuación: Un ejemplo simple	
IMPLICACIONES .....	Pág. 78
OBTENIENDO LOS DATOS PARA VALUAR LA OPCIÓN	
ALGUNOS CASOS DEL MUNDO REAL.....	Pág. 79
VALOR DE LA FIRMA.....	Pág. 80
VARIANZA EN EL VALOR DE LA FIRMA	
MADUREZ DE LA DEUDA	
VALOR DE CARÁTULA DE LA DEUDA .....	Pág. 81
Valuando la participación cómo opción – Caso Eurotunnel	
VALUACIÓN DE OPCIONES EN LA ESTRUCTURA DE CAPITAL	
Y LAS DECISIONES DE POLÍTICA DE DIVIDENDOS.....	Pág. 83
EL CONFLICTO ENTRE TENEDORES DE ACCIONES Y TENEDORES DE BONOS	
ADOPTANDO PROYECTOS RIESGOSOS	
FUSIÓN DE CONGLOMERADOS.....	Pág. 84
DISEÑO Y VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	Pág. 85
VALOR DE LA FLEXIBILIDAD FINANCIERA	
Tabla 3.1: Flexibilidad financiera. ....	Pág. 86
Tabla 3.2: Flexibilidad financiera para Home Depot.....	Pág. 87
Tabla de Fondos internos estimados para Home Depot	
IMPLICACIONES.....	Pág. 88

## CAPÍTULO 4      Pág. 90

### TEORÍA DE OPCIONES REALES

#### EL ROL DE LA FLEXIBILIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

4.1 MODELOS DE VALUACIÓN PARA OPCIONES REALES.....Pág. 91

LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN.....Pág. 92

---

**LOS MÉTODOS DE RETÍCULAS****RESOLVIENDO LA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL  
EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS****MÉTODO EXPLÍCITO DE DIFERENCIAS FINITAS.....Pág. 93****MÉTODO IMPLÍCITO DE DIFERENCIAS FINITAS****TIEMPO COMPUTACIONAL****EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS.....Pág. 94****MÉTODO EXPLÍCITO/IMPLÍCITO EN UNA ECUACIÓN  
DIFERENCIAL PARCIAL DEL TIPO PARABÓLICA.....Pág. 95****CONVERGENCIA Y ESTABILIDAD .....Pág. 97****MÉTODOS ANALÍTICOS****TÉCNICAS CUANTITATIVAS APLICABLES A LAS OPCIONES REALES ...Pág. 99****PATENTES COMO OPCIONES REALES .....Pág. 100****LA OPCIÓN A RENOVAR****LA OPCIÓN A LICENCIAR .....Pág. 101****LA OPCIÓN DE PATENTAR A NIVEL INTERNACIONAL****LA OPCIÓN A ABANDONAR****LA OPCIÓN A DEMANDAR .....Pág. 102****MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....Pág. 103****4.2 MODELOS DE OPCIONES REALES PARA LA VALUACIÓN DE PATENTES  
SECUENCIALES****OPCIONES REALES DE SECUENCIAS COMPUESTAS****OPCIONES REALES MÚLTIPLES.....Pág. 105****FUENTES MÚLTIPLES DE INCERTIDUMBRE.....Pág. 106****INTERACCIONES ESTRATÉGICAS.....Pág. 108****CAPÍTULO 5      Pág. 113****PLANTEAMIENTO DE UNA LÓGICA BASADA EN  
OPCIONES REALES PARA EL ANÁLISIS, POSICIONAMIENTO E  
INICIACIÓN DE INVERSIONES TECNOLÓGICAS****REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE IDIOSINCRÁSICA Y RENTAS****EL POSICIONAMIENTO DE PROYECTOS DE  
TECNOLOGÍA GENERA OPCIONES REALES.....Pág. 114**

## 5.1 EL PRECIO Y EL VALOR DE UNA OPCIÓN TECNOLÓGICA

INCERTIDUMBRE TÉCNICA Y EXTERNA, EL TIEMPO.....Pág. 115  
DE EJERCICIO Y EL VALOR DE LA OPCIÓN

INCERTIDUMBRE EXTERNA Y EL VALOR DE LA OPCIÓN A ESPERAR...Pág. 116

5.2 AMPLIFICANDO LAS PREINVERSIONES.....Pág. 117

Fig. 15 Árbol de decisión de la opción de posicionamiento de tecnología

5.3 EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE FRONTERA SOBRE LA VARIANZA  
DE LOS RETORNOS NETOS Y EL VALOR DE LA OPCIÓN.....Pág. 118

CONDICIONES DE FRONTERA QUE AFECTAN LOS DERECHOS SUBYACENTES  
A LOS RETORNOS ACUMULATIVOS A PARTIR DE LAS OPERACIONES...Pág. 119

CONDICIONES DE FRONTERA E INCERTIDUMBRE RESPECTO  
DEL TAMAÑO DE LAS CORRIENTES DE RENTAS

INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA DEMANDA

INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA VELOCIDAD DE ADOPCIÓN.....Pág. 120

TABLA 5.1:Contingencias claves que influyen en la incertidumbre y las oportunidades  
estratégicas de rentas. ....Pág. 121

INCERTIDUMBRE CON RESPECTO AL BLOQUEO .....Pág. 122

INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA EXPROPIACIÓN.....Pág. 123

CONDICIONES DE FRONTERA Y LA INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA  
SUSTENTABILIDAD DE LAS CORRIENTES DE RENTAS (FDE).....Pág. 124

INCERTIDUMBRE RESPECTO DEL AJUSTE ENTRE EMPRESAS

INCERTIDUMBRE RESPECTO A LA IMITACIÓN.....Pág. 125

CONDICIONES DE FRONTERA Y COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN.....Pág. 126

INCERTIDUMBRE RESPECTO A LA ACCESIBILIDAD  
A LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA

INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA DISPONIBILIDAD  
DE TECNOLOGÍAS PARALELAS

Figura 16: Factrs. que influyen el valor de posicionamiento opción tecnológica Pág. 127

FACTORES QUE INFLUENCIAN EL PRECIO DE LA OPCIÓN:  
COSTO DE DESARROLLO

EFECTOS DE SALPICADO.....Pág. 128

ESTADO DEL CICLO DE VIDA TECNOLÓGICO

MODELANDO LOS VALORES DE OPCIONES SOBRE TECNOLOGÍA.....Pág. 129

METODOLOGÍA.....Pág. 131

MARCO TEÓRICO.....	Pág. 132
--------------------	----------

## CAPÍTULO 6      Pág. 133

### OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN, INCLUYENDO PATENTES, CÓMO OPCIONES REALES

#### COMENZANDO CON LAS VARIABLES PARA PRESENTAR LA NUEVA MÉTRICA DE LUERHMAN

“MAPEANDO” UN PROYECTO SOBRE UNA OPCIÓN.....	Pág. 134
--	----------

RELACIONANDO EL VPN Y EL VALOR DE LA OPCIÓN.....	Pág. 135
--	----------

CUANTIFICANDO EL VALOR AGREGADO: $VPN_c$ .....	Pág. 136
--	----------

CUANTIFICANDO EL VALOR EXTRA: VOLATILIDAD ACUMULADA.....	Pág. 137
--	----------

VALUANDO LA OPCIÓN .....	Pág. 139
--------------------------	----------

¿QUÉ TANTO SE PUEDE EXTENDER EL MARCO DE TRABAJO?.....	Pág. 143
--	----------

CÓMO ESTIMAR LA VOLATILIDAD ACUMULADA.....	Pág. 144
--	----------

TOMAR UNA PISTA EDUCADA.....	Pág. 145
------------------------------	----------

RECOLECTAR ALGUNOS DATOS.....	Pág. 146
-------------------------------	----------

#### SIMULAR LA $\sigma$

#### UN EJEMPLO EN SIETE PASOS

Paso 1: Reconocer la opción y describirla.....	Pág. 147
--	----------

Paso 2: “Mapear” las características del proyecto sobre las y ajustándolo a las variables de una opción call europea.....	Pág. 149
---	----------

Paso 3: Reacomodar las proyecciones de DFE para dos propósitos: el separar las diferentes fases, y para aislar los valores de $S$ y de $X$	
--	--

Paso 4: Establecer un benchmark para el valor de la opción de la fase 2, basándonos en el reacomodo del análisis del DFE	
--	--

Paso 5: Fijar valores a las variables de valuación de opciones.....	Pág. 151
---	----------

Paso 6: Combinar las cinco variables de valuación de opciones en nuestra métrica de valuación de opciones de dos variables $VPN_c$ y $\sigma t^{1/2}$ .....	Pág. 152
---	----------

Paso 7: El fijar el valor del call cómo un porcentaje del valor del activo en nuestra tabla de valuación de opciones de Black-Scholes	
---	--

CONCLUSIONES	Pág. 153
--------------	----------

BIBLIOGRAFÍA	Pág. 159
--------------	----------

#### Referencias Bibliográficas

Referencias electrónicas.....	Pág. 164
-------------------------------	----------

## Resumen/Abstract

La capacidad de generar y acumular nuevo conocimiento tanto en la apariencia cómo en la tecnología que a veces no vemos; pero percibimos claramente por la utilidad intrínseca de los objetos que utilizamos constituye la fuerza que motiva el desarrollo y el crecimiento de cualquier empresa dentro de la actual era del conocimiento. El camino hacia la apropiación adecuada y continua de los derechos de propiedad intelectual depende en alto grado del cómo hemos de llevarlo a cabo. Ello impacta de manera muy importante en el acceso a las ganancias que se vuelven el fundamento para el desarrollo de toda tecnología.

En las estrategias existentes de investigación tecnológica incluyendo las patentes, se opera dentro de tres contradicciones mayores las cuales a veces no tienen fronteras muy claras: ya sea el explorar o el explotar, el seguir o liderar e igualmente el ir solo o acompañado, argumentamos que lo que aparentemente parece como inconsistente es de hecho bastante coherente cuando se especifican de manera apropiada las condiciones de frontera. Se desarrolla de manera breve pero directa la teoría y los resultados empíricos dentro de un modelo incluyente para cuando las inversiones para el posicionamiento de tecnología tienden a incrementar el valor de la firma.

Señalando la idea obvia, aunque no para nuestras autoridades, de pasar de I+D (investigación y desarrollo) a I+I+D e I (investigación, innovación, desarrollo e implementación) dentro de nuestro propio entorno económico, **para así podernos hacer de los derechos propios de nuestros esfuerzos de manera asertiva y duradera dentro del terreno de la propiedad intelectual** se propone la elegante solución del ajuste de Luerhman al planteamiento de Black-Scholes junto con acotaciones prácticas para ayudarnos en las decisiones tanto de inversiones cómo de trayectoria dentro de la mayoría de las negociaciones.

## Glosario:

**Contrato Forward:** es un acuerdo para comprar o vender un activo en un cierto tiempo futuro a un cierto precio. Éste contrato se efectúa normalmente entre dos instituciones financieras o entre una institución financiera y uno de sus clientes corporativos y las más importantes normalmente no se ofertan dentro del piso de remates de una bolsa organizada debido a que deben normalmente de ser ajustados a fines y necesidades específicos. Por la característica de emisión del propio contrato éste obliga a una de las partes de dicho contrato ha de asumir la **posición “larga”** o de compra y consecuentemente a comprar el **activo subyacente** en una fecha cierta futura especificada (**fecha de expiración o “expiration date”**) y a un cierto precio especificado (**precio de entrega o “strike price”**), siendo éste el objeto del contrato. Su contraparte asume consecuentemente la **posición “corta”** o de venta y acuerda a vender el activo subyacente en la misma fecha futura especificada y al mismo cierto precio especificados y siendo igualmente el objeto de dicho contrato. Al precio acordado dentro de un **contrato forward** se le conoce cómo **precio de entrega**.

En el tiempo en el que se genera el contrato se elige de forma tal que el valor del contrato forward para ambas partes tiene un valor de cero. Lo cual significa que para ambas partes no les cuesta nada el tomar ya sea la posición corta o larga en la condición inicial del contrato. El **contrato forward** se fija a la madurez o fecha de entrega o expiración o cierre. El tenedor de la posición corta entrega el activo al tenedor de la posición larga a cambio de una cantidad de efectivo equivalente al **precio de entrega**.

Una variable clave en la determinación del valor del contrato forward en cualquier momento es el valor de mercado del activo subyacente. Cómo se ha mencionado anteriormente el contrato forward vale cero cuando se genera, posteriormente puede tener un valor ya sea positivo o negativo y solamente de manera accidental es posible que llegue a volver nuevamente cero, aunque de manera global el contrato siempre vale cero, de manera tal que cada parte ha de cumplir con los faltantes para ello. Aunque para el emisor del instrumento en el caso de encontrarse dentro de una bolsa organizada o dentro de un banco emisor si cobra a ambas partes

en todos los casos la **emisión o apertura del contrato** y en algunos el cierre del mismo. (Hull, J.C., 1997).

**Dentro-del-dinero/En-el-dinero/Fuera-del-dinero:** Se refiere a la condición de una opción con respecto a si existe una ganancia o flujo de efectivo positivo, se encuentra en cero o en equilibrio, o si presenta pérdidas o con flujo de efectivo negativo, si fuesen hechas efectivas o “liquidadas” en el momento en el que se encuentran en dicha situación. Si  $S$  es el precio del instrumento (opción) en el momento  $t$  y  $X$  es el *precio de ejercicio*: una opción call se encuentra *dentro-del-dinero* cuando  $S > X$ , *en-el-dinero* si  $S = X$ , y *fuera-del-dinero* cuando  $S < X$ . Para una opción *put* se encuentra dentro-el-dinero cuando  $S < X$ , en-el-dinero si  $S = X$ , y fuera-del-dinero cuando  $S > X$ . Es claro que normalmente se ejercerá la opción si se encuentra dentro-el-dinero, aunque eventualmente por razones de estrategia temporal se puede ejercer en-el-dinero o levemente fuera-del-dinero si la tenencia física del bien nos es más conveniente en función de primordialmente condiciones específicas, normalmente multas, a ser llenadas por la potencial falta de la entrega física del bien comprado, aunque ello obviamente depende de la experiencia del comprador. (Kester, W. C., 1981).

**Derivado financiero:** Se trata de un instrumento financiero representado por un contrato emitido cuyo valor depende de la cotización de otro instrumento más básico denominado activo subyacente. A éstos instrumentos a veces se les llama “*reclamos contingentes*”. (Neftci, S., 2008).

**Ecuación de Black-Scholes:** Modelo matemático del mercado financiero que abarca a ciertos instrumentos derivados de inversión. A partir de la ecuación de Black-Scholes se puede deducir la *fórmula o ecuación de Black-Scholes*, la cual sirve para evaluar las opciones europeas. Dicha fórmula llevó a un ascenso en la operación (intercambio) de opciones y dio legitimidad a la operación del Chicago Board Options Exchange y a otros mercados de opciones alrededor del mundo y es ampliamente usada por participantes del mercado de opciones. Muchas pruebas empíricas han mostrado que el precio obtenido de la ecuación de Black-Scholes es lo “suficientemente cercano” a los precios observados, a pesar de que existen discrepancias bien conocidas tales como en la “opción sonrisa”. (Venegas-Mártinez, F., 2006).

**Fecha de expiración o “expiration date”:** Ver *Contrato Forward*.

**Método:** Es un proceso sistemático establecido, habitual, lógico o práctica descrita para lograr ciertos fines o resultados con precisión y eficiencia, el cual normalmente se encuentra dentro de una serie de pasos fijos. (Wikipedia, C2010).

**Modelo:** Representación o versión simplificada de un concepto, fenómeno, relación o estructura de un aspecto de la vida real la cual puede ser gráfica, matemática (simbólica), física o verbal. Los objetivos del modelo pueden incluir (1) el facilitar el entendimiento por medio de la eliminación de componentes innecesarios, (2) para ayudar en los procesos de decisión por medio de la simulación de escenarios, (3) para explicar controlar y predecir eventos en la base de observaciones anteriores, partiendo de que la mayoría de los objetos y fenómenos son muy complicados (tienen numerosas partes) y en general son demasiado complejos (sus partes tienen series de conexiones densas normalmente) cómo para poder ser entendidas en su totalidad, un modelo solamente contiene (idealmente) aquellas partes consideradas como de primordial importancia para el que hace el modelo. Los *modelos* varían desde un simple dibujo hasta millones de líneas de programación de computadora, pero todos ellos comparten una característica en común: algunas de las partes del objeto de estudio se abstraen o “mapean” dentro del modelo.

Los modelos se dividen en tres clases en la base de su grado de abstracción en (1) Icónicos: son los menos abstractos, son físicos, y “se parecen” al original, tal cómo un modelo de tren o de aeroplano. Los modelos análogos: los cuales son más abstractos pero aún mantienen algún parecido con aquello que representan, tales cómo un gráfico, carta, mapa, diagrama de red, etcétera. (3) Modelo simbólico el cual casi no tiene parecido salvo solamente con lo que representa, tal cómo una ecuación o una fórmula matemática, estado financiero, lenguaje o series de cuentas.

---

**Modelo binomial de valuación de opciones:** Es un método numérico generalizable para la solución de valuación de opciones. Dicho modelo fue propuesto por *Cox-Ross-Rubinstein (1979)*. Esencialmente el modelo utiliza una base de “tiempo discreto” (basado en capas) de las variaciones del precio a través del tiempo del instrumento financiero subyacente. El cual normalmente no tiene soluciones de forma-cerrada. (Las bases, detalles de operación y manejo, y su solución se explican en detalle dentro del cuerpo del presente trabajo). (**Grenadier, S. R., 1996**).

**Opción call:** (opción de compra): Ver *Contrato forward*.

**Opción put:** (opción de venta): Ver *Contrato forward*.

**Patente:** es la forma principal de propiedad intelectual y consiste en una serie de derechos exclusivos entregados y asegurados por un estado soberano a un inventor o persona asignada por el mismo por un periodo de tiempo limitado a cambio del mostrar la forma en la cual se puede llevar a cabo y en que consiste la invención y mostrando normalmente las ventajas obtenidas con respecto al estado anterior de la misma técnica sin el concurso de la existencia de la nueva invención protegida por medio de la misma (patente). (**Becker, P. N., 2007**).

**Precio de entrega o “strike price”:** Ver *Contrato forward*.

**Riesgo:** Es la posibilidad de que las ganancias presentes será menores a lo esperado. El *riesgo* incluye la posibilidad de perder una parte o la totalidad de lo invertido. Se pueden tener varias medidas del riesgo por medio del cálculo de la desviación estándar de las ganancias históricas o retornos promedio de un instrumento específico. Una elevada desviación estándar indica un elevado nivel de riesgo. (**Baldursson, F., 1997**).

En el presente muchas compañías colocan elevadas inversiones tanto de dinero como de tiempo en el desarrollo de estrategias de administración de riesgos para ayudar a manejar los riesgos asociados con sus negocios e inversiones. Un elemento clave del proceso de la administración de riesgos es la evaluación de riesgos, la cual implica la determinación de riesgos rodean cualquier negocio o inversión. (**Kalligeros, K., de Neufville R., 2006**).

**Tasa interna de retorno (TIR):** es la tasa de retorno o de recuperación de capital utilizada dentro de los gastos de capital que hace que el valor presente neto de todos los valores de los flujos de efectivo de un proyecto en particular se hagan iguales a cero. Generalmente mientras mayores sean las tasas internas de retorno, hacen más deseable el tomar el proyecto. Cómo tal la *TIR* se puede utilizar para clasificar varios proyectos posibles que estén siendo considerados por la firma. Suponiendo que el resto de los factores considerados sean iguales de entre varios proyectos, aquel con la TIR mayor debiese de ser considerado cómo el mejor y el que se ha de tomar primero. A veces a la TIR se le refiere como **tasa económica de retorno** o **TER**. (**Barney, J.B., 1986**).

**Valor actual Neto (VAN):** Ver *Valor presente neto*.

**Valor del dinero en el tiempo:** Se trata del valor del dinero suponiendo que se obtiene (o gana) una cierta cantidad de dinero a través del paso del tiempo. El concepto de valor del dinero en el tiempo es el concepto central en la teoría financiera. Dicho método permite la valuación de las corrientes similares futuras de forma tal que los ingresos anuales se descuentan y después se suman juntos para darnos un gran total de “valor presente” de la corriente total de flujos. Todos los cálculos estándar del valor del dinero en el tiempo se derivan de la expresión algebraica más sencilla del valor presente para una suma futura, descontada del presente por una cantidad igual al valor del dinero en el tiempo. Por ejemplo la suma de **FV** a ser recibida en un año ha de ser descontada (a la tasa de interés **r**) para darnos una suma de **VP** en el presente:  $VP = FV - rPV$  =  $FV/(1 + r)$ . (**Damodaran, A., 2005**).

**Valor presente neto (VPN):** Es la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo entrantes y el valor presente de los flujos de efectivo salientes. Se utiliza el VPN dentro del



gasto de capital para analizar el nivel de ganancias dentro de un proyecto de inversión. El VPN es sensible a la confiabilidad de los flujos de efectivo futuros de una inversión o un proyecto o patente han de generar. En algunos casos se le conoce como *valor actual neto (VAN)*. El tratamiento matemático se encuentra dentro del cuerpo del presente trabajo. (Geske, R., 1979).

**Valuación (Finanzas):** Determinación del valor económico de un activo o de una obligación. (López-Herrera, F., 2009).

**Valuación de opciones reales:** también frecuentemente llamado análisis de *opciones reales* se trata de la aplicación de las técnicas de valuación de opciones a las decisiones de gasto o colocación de capital. Una opción real por sí misma, es el derecho, pero no la obligación, de llevar a cabo ciertas iniciativas de negocio tales como el diferir, abandonar, expandir, detener o dar etapas ya sean o no secuenciales al hecho de contratar un proyecto de inversión de capital. Por ejemplo, la oportunidad de invertir en la expansión de una fábrica dentro de un corporativo, o de manera alternativa el vender la fábrica, se trata de una opción real ya sea de compra o call real o de venta o put real, respectivamente, y las opciones reales se distinguen de las opciones financieras convencionales por no ser operadas como instrumentos de inversión y no requieren normalmente de decisiones sobre un activo subyacente el cual se trata casi siempre de un instrumento financiero.

El análisis de opciones reales como disciplina se extiende desde su aplicación finanzas corporativas hasta la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre en general adaptando las técnicas desarrolladas en las opciones financieras a decisiones dentro la vida real. (Brennan, M., Schwartz, E., 1977).

**Valuación de proyectos:** en general se trata del valor estimado de un proyecto por medio del uso de la valuación de descuento de flujos de efectivo y del tomar la oportunidad de inversión con el mayor valor posible y se mide como resultado de cual valor presente neto (VPN) se ha de escoger. Lo cual requiere de la estimación de los tamaños y tiempo en los flujos de efectivo incrementados que resulten del proyecto. Tales flujos de efectivo han de ser entonces descontados y determinados por medio de sus valores presentes (véase *valor del dinero en el tiempo*). La suma de tales valores presentes se resta del desglosado de la inversión inicial y eso representa el VPN. De igual forma se trata de una forma de valuación financiera. (Livinstone, J.L., 1992).

**Variación de Luerhman a la ecuación de Black-Scholes:** Es un arreglo que partiendo de la ecuación de Black-Scholes propone el utilizar una tabla reducida de sus valores ajustándolos a una serie de valores discretos evitando con ello el acceder a cálculos que para ser precisos requieren de corridas con modelos del tipo Monte Carlo los cuales a su vez requieren de elevada aplicación de tiempo de cálculo dentro de una computadora debido a que generan una gráfica tridimensional que abarca todos los valores posibles de tanto las variables estadísticas como del tiempo en la *ecuación de Black-Scholes*. (Luerhman, T., 1998).

---

## INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia de las Finanzas en los últimos años ha permitido aplicar y transferir en los países desarrollados los modelos de opciones financieras hacia *opciones reales*, y finalmente éstas se han visto reflejadas en acciones dentro de eventos reales. En los países en desarrollo, cómo en el caso de nuestro país, ha permitido apenas en fechas recientes el incluir tales posibilidades como herramientas de decisión dentro de los modelos de análisis de viabilidad, dicho avance nos habilita para llevar a cabo el uso de dicha herramienta dentro de un ambiente un poco más apegado a la nuestra realidad tanto de proyectos cómo de *patentes*.

Debido a que el área de patentes nuestro país está relativamente retrasado, - de 1,000,000 presentadas en el Mundo en 2009, solamente se presentaron 19,000 en el país, siendo de éstas solamente 631 hechas por connacionales, o sea un 0.0631% del total, y dicho sea de paso es una circunstancia gravísima e igualmente un área de oportunidad siendo que somos alrededor de 110 millones de habitantes, más 70 millones viviendo fuera de nuestro territorio. E igualmente siendo la 14ava economía del mundo debiésemos de tener al menos - ajustando por población - 24 veces más patentes y ajustando por tamaño de economía - de acuerdo al PIB - al menos 30 veces, teniendo en cuenta una posición aditiva requerimos para empezar deberemos al menos ser entre 20 y posteriormente llegar a ser 100 veces más productivos en ésta área total y estratégica para el desarrollo tanto tecnológico cómo económico y consecuentemente reflejar ésta situación dentro del nivel de vida del país.

Obviamente esto será solamente posible con la ayuda y buena disposición gubernamental. A manera de ejemplo, nosotros como ciudadanos de éste país, ni siquiera accedemos a la información abierta disponible que se encuentra en los sitios de Internet de la **Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, o World Intellectual Property Organization, WIPO)**, la cual es una fuente obligada de las empresas para saber cuales son las áreas específicas de oportunidad de creación de conocimiento.

Y con fines de comparación: la compañía LG en ese mismo año presentó 13,000 patentes, por ello de manera minúscula lo que se busca es el investigar las posibilidades y estrategias y a un aspecto no tan conocido de éste tremendo problema que afecta de manera central el comportamiento de nuestra economía y una posibilidad tangible de acceder a una economía basada en el conocimiento y de ésta manera poder aumentar el valor agregado de nuestros productos el cual en nuestro país es apenas del 2.9% del valor final de los productos.

Al respecto existen economías completas como el caso de Corea – no es casual el que LG sea de Corea - con un valor agregado de alrededor del 30% y productos con valores mayores al cien por ciento, eventualmente de miles por ciento, basando esto en la capacidad de concebir, proteger; por la vía de la propiedad intelectual, generar, colocar y eventualmente hasta hacer llegar hasta el consumidor final, al menos con un alcance regional y posteriormente nacional en una primera instancia la propiedad intelectual, producción y finalmente los productos, logrando de ésta manera hacernos de todos los valores agregados generados a partir de la concepción del proyecto hasta eventualmente la colocación en manos del consumidor final, como condición mínima inicial al menos dentro de nuestras regiones internas y posteriormente nuestro país.

Ya no se diga acerca de los productos virtuales los cuales por sus características en el momento actual, por cierto también debido a que pertenecen de manera primordial al área de las finanzas, pueden alcanzar valores tremendamente elevados y de alguna forma benefician al o a los que los generaron sin tener que incurrir en mayor gasto a partir del momento que el de pensar y redondear el producto, aunque la entrega pudiese estar ampliamente protegida hasta por cláusulas y penalizaciones muy fuertes dirigidas primordialmente hacia la no divulgación.

Como consecuencia de lo anterior que nos lleva a los varios objetivos ya citados de éste trabajo, aunque la finalidad de todos salvo el punto del modelo ajeno presentado y ajustado con ideas propias, tienen como objetivo el dar tanto un punto de vista profesional y técnico en una primera instancia a los diferentes puntos de partida que han de ser las bases para partes de cada situación planteada, ello parte de una necesidad de tratar acerca del desconocimiento profundo de dicho problema, de sus dimensiones reales y actuales, y mostrar algunos de los alcances actuales de la técnica; para la función de plantear respuestas adecuadas dirigidas a tratar de resolver las cuestiones que se han presentado normalmente hasta el presente.

Aunque con una perspectiva más adecuada a los escenarios reales probables con la finalidad de tener una estrategia coherente al momento de llegar a las fases y escenarios posteriores y/o secuenciales que muestren dependencia confiable de una posición sólida tomada desde las primeras etapas, sabiendo eventualmente que puede surgir como respuesta de nuestra contraparte en la negociación o en el desenvolvimiento de hechos futuros probables.

Dicha circunstancia en lo futuro nos ha de permitir el analizar partiendo de los eventos anteriores el utilizar al menos premisas tendientes a la utilización del modelo y en nuestro caso nos sugiere la necesidad de la utilización del modelo sugerido a través tanto de planteamientos como de ejemplos y el evaluar su eficacia por medio de su aplicación a otros, sabiendo que la mayor ventaja del *modelo de Luerhman* es la sencillez de su aplicación apoyándonos en software ya existente en la gran mayoría de las empresas.

Este modelo es utilizado para analizar un ejemplo definido a manera de muestra de la lógica aplicada a la solución de un caso amplio y el objetivo último de éste trabajo es ofrecer dicho ajuste y una aplicación propia a una serie de posibilidades mayores dentro del análisis de las características específicas de los escenarios que aparecen dentro del desarrollo de una o varias patentes. Y para dar un sello de pragmatismo al tratamiento anterior se trata finalmente de sugerir cuando ha de ser el tiempo adecuado para acceder a un mercado dado, deteniéndonos momentáneamente en dos de los más importantes que son tanto en el caso de riesgo idiosincrásico como el caso de las opciones que surgen en terrenos de inversión tecnológica.

Las *patentes* cómo es conocido nos dan idea y para algunos representan oportunidades de inversión, el invertir en ellas depende de toda la posible información que tengamos y una parte que se plantea como problema a ser resuelto por el lado idiosincrásico de cualquier evento, y que conforme avancemos en su obtención, igualmente vayamos obteniendo o recopilando, las políticas y acciones de inversión relacionadas con las patentes que por dichas causas tienen un cercano parecido con las *opciones reales* y finalmente con las financieras, lo cual se amplía en el texto de la presente.

Las patentes dan a sus poseedores una serie compleja de opciones, tales como: desarrollar ciertos tipos de productos, llevar a cabo procesos de registro en el extranjero, seguir las investigaciones o detenerlas, poseer o licenciar la tecnología, etcétera.

La aproximación al análisis de las patentes basada en el parecido a una opción financiera u opción real, ha alcanzado una gran importancia e influencia debido a que las herramientas basadas en el análisis de descuento de flujos de efectivo, fallan en tomar en cuenta el valor de las opciones reales que les son inherentes, así como los cambios que se dan como respuesta en el medio ambiente por ejemplo a la aparición de los productos mismos o de sucedáneos.

Es objetivo de la presente tesis el mostrar una revisión general , a la par que investigar algunas de las aplicaciones del análisis basado en una óptica de operación desde la afinidad que

muestran con las opciones reales; por lo tanto no es una revisión exhaustiva del campo de las opciones reales, sino que lo que pretende es formular la presentación de una serie de modelos y estrategias de valuación de **patentes** por medio de ejemplos representativos desde el punto de vista de la administración por medio de las **opciones reales**.

Como consecuencia de lo expuesto y planteado anteriormente se busca el examinar la teoría de las opciones reales dentro de la literatura de patentes y discutir de manera crítica sus aplicaciones a las condiciones de valuación de patentes, uso y/o licenciamiento y/o alcance y/o la conveniencia del registro de dichas patentes, así como otras decisiones relevantes respecto a las patentes, tales como la oposición.

De manera central igualmente lo que se pretende como alcance de este trabajo es el llenar ese vacío dentro de la literatura técnica local de los siguientes puntos:

- i) Mostrar que el enfoque de opciones reales es un marco adecuado que puede aplicarse para mejorar el entendimiento del problema global del patentar y/o de la conveniencia de patentar;
- ii) E igualmente que puede ayudar a mejorar el análisis de los escenarios futuros que existen como posibles en el caso de las patentes; las estrategias a implementar una vez que se halla optado por hacerlo, tales como la conveniencia de patentar a nivel internacional,
- iii) Aplicar el enfoque de opciones financieras aplicado como opciones reales a los escenarios posibles que existen generalmente dentro del campo de la negociación de patentes a nivel internacional, siendo ésta óptica incluyente tanto del nivel nacional; cómo regional y local; así como dentro de corporaciones que se ven obligadas a establecer estrategias tanto de protección intelectual, cómo de inhibición y restricción de competencia por medio de estrategias que abarcan otros aspectos comerciales, tales como fusiones y/o adquisiciones. Y finalmente,
- iv) Desarrollar una lógica de análisis del modelo de opciones reales propio para el análisis de problemas específicos del proceso de obtención de patentes. E igualmente importante es el plantear cuando es el momento adecuado para acceder a un mercado específico dado.

La finalidad última es desembocar en la respuesta a la pregunta planteada inicialmente dentro del título de la presente obra cómo: ¿El modelo de análisis presentado (basado en la **variación de Luerhman a la ecuación de Black-Scholes**) como propuesta por nosotros puede ayudarnos a describir y mejorar de forma alguna tanto la viabilidad y conveniencia económica para la obtención de patentes y su aplicación temporal? Respecto a las métricas tradicionales aplicadas a estos fines. Al hacerlo la discusión puede limitarse a argumentos específicos que han de servirnos para definir nuestra posición para los modelos de valuación presentados en cada caso y los análisis de patentes desde el punto de vista de las opciones reales.

En esta tesis se utilizan modelos (**VAN, TIR, VPN y Descuento de Flujos de Efectivo**) y métodos de valuación de opciones para estudiar las patentes como opciones compuestas, opciones reales múltiples, y tratar la medición del riesgo como cambios abruptos (saltos) sufridos en el proceso por el **activo subyacente** y eventualmente, dado el caso, como opciones estratégicas dentro de la teoría de juegos.

## CAPÍTULO 1

### TEORÍA DE PATENTES, OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES EL PAPEL DE LA FLEXIBILIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

Los seres humanos somos por naturaleza creadores e inventivos, como consecuencia e igualmente somos potenciales inventores. Con el tiempo se mostró la trascendencia de proteger esos inventos y creaciones. Así la propiedad intelectual tiene antecedentes que se remontan a la Grecia antigua, pasando por la Edad Media hasta llegar a nuestros días.

La propiedad intelectual está íntimamente ligada con el desarrollo económico de los países, no se puede concebir a un estado poderoso y rico sin la inversión en investigación, pues finalmente de ésta última surgen los conocimientos para modernizar la industria e incluso el agilizar los procesos productivos y la reducción de costos, y de ésta manera avanzar como sociedad.

En el trabajo presente se estudiarán qué es la propiedad intelectual, las *patentes*, las opciones financieras y la aplicación de la variante práctica que son las *opciones reales* tanto para la valuación, medición y finalmente aplicación a los proyectos de inversión en su modalidad de patentes potenciales. A continuación se presenta un recuento resumido de su historia, tanto en México como en el resto del mundo. (**Wikipedia, Consultado en 2010**).

Se verá que no es un fenómeno nuevo, el que la propiedad industrial y su moderna representación las patentes han sido fundamentales en el desarrollo del capitalismo, especialmente a partir de la Revolución Industrial. Sin embargo en el siglo XX y sin duda en el presente siglo tendrán aún mayor relevancia. Comenzaremos con una perspectiva amplia de los derechos de autor incluidas las patentes.

#### LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN MÉXICO

##### DERECHOS DE AUTOR

Los antecedentes de la legislación mexicana relativa a la propiedad intelectual comienza con los Derechos de Autor y es la siguiente (**IMPI, C2010**):

- 20 de octubre de 1764 fue la primera disposición legislativa que incluyó los preceptos de derechos intelectuales sobre las obras literarias.
- En la Constitución de 1824, en su título III, Sección Quinta del Poder Legislativo, Artículo 50, previó entre las facultades del Congreso: “Promover la ilustración, asegurando por tiempo limitado derechos exclusivos a los autores por sus respectivas obras”.
- En 1846, se publicó el Derecho sobre la Propiedad Literaria. Este instrumento legal constó de 18 artículos y asimiló el Derecho de Autor al Derecho de propiedad. Este Derecho se incorporó el 8 de diciembre de 1879, al Código Civil de ese año.
- El Código Civil de 1884, se considera al Derecho de Autor como un decreto real de la propiedad.
- La Constitución de 1917, incorporó el Derecho de Autor en su artículo 28.

- El Código Civil de 1928, en sus artículos 1181 al 1280, reguló todo lo concerniente a la disciplina autoral.
- Para cumplir con las disposiciones aceptadas por México en la Conferencia Interamericana de Expertos para la Protección de Derechos de Autor, realizada en Washington en 1946, se expidió la Ley Federal del Derecho de Autor en 1947 y ésta entró en vigencia en 1948.
- En 1956, se expidió la segunda Ley sobre la materia, y al amparo de ésta Ley se creó la Dirección General de Derecho de Autor.
- Finalmente en 1996, se aprobó la Ley de Derecho de Autor, que dio origen al Instituto Nacional del Derecho de Autor (**INDAUTOR, C2010**).

## **DERECHO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL**

La autoridad encargada de velar por éste Derecho es la Secretaría de Economía a través del **Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial**, dicho Instituto. Fue creado en 1993 como un organismo descentralizado. Tiene como función principal: “brindar apoyo técnico y profesional a la autoridad administrativa, así como proporcionar servicio de orientación y asesoría a los particulares para lograr el mejor aprovechamiento del sistema de propiedad industrial”.

Las atribuciones del **IMPI** son: “ser órgano de consulta y apoyo técnico de la **Secretaría de Economía (SE)**, así como difundir, asesorar y dar servicio al público en materia de propiedad industrial”.

Su misión es “estimular la creatividad en beneficio de la sociedad en su conjunto y proteger jurídicamente a la propiedad industrial y los derechos de autor a través del **Sistema Nacional de la Propiedad Industrial (SNPI)**, mediante el otorgamiento de derechos tales como *patentes*, modelos de utilidad y diseños industriales. Asimismo emitir resoluciones sobre signos distintivos, como son las marcas, avisos comerciales, la publicación de normas comerciales, las declaraciones de protección de las denominaciones de origen y sus autorizaciones de uso, además de las relativas licencias y transmisiones de derechos derivados de la protección legal de los mismos. También imponer sanciones por el uso indebido de los derechos de propiedad intelectual y para declarar la nulidad, cancelación o conducidad de los mismos. Difundir el conocimiento tecnológico mundial protegido por los derechos de propiedad industrial, mediante la promoción y la disseminación de su acervo de información”.

### **BANCO NACIONAL DE PATENTES (BANAPA)**

Este banco es dependiente del **IMPI** y “almacena datos bibliográficos sobre patentes, certificados de invención, modelos de utilidad, diseños industriales y solicitudes de patentes desde 1980 a la fecha. (**Banapa, 2010**).

## **MÉXICO Y LOS ACUERDOS INTERNACIONALES SOBRE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Los Estados para proteger a escala internacional sus derechos tienen que participar en tratados bilaterales o multilaterales. México ha ratificado varios tratados en la materia, pero son de suma trascendencia, especialmente el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el Acta Final de la Ronda Uruguay y de Negociaciones Económicas Multilaterales y el Acuerdo de la Organización Mundial de Comercio sobre Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (**ADPIC**), (**TRIPS, C2010**).

### **EL TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN)**

Uno de los objetivos del **TLCAN** es “proteger y hacer valer, de manera adecuada los derechos de propiedad intelectual de cada una de las partes”. (**TLCAN, C2010**).

Tanto en el **TLCAN** como en el **ADPIC**, los derechos de propiedad intelectual que se protegen son los relacionados con las variedades vegetales, las patentes, el esquema de trazado de circuitos de semiconductores integrados, los secretos industriales y de negocios.

En materia de *patentes*, el **TLCAN** establece que cada país debe:

1. “Conceder patentes para productos y procesos en todo tipo de inventos, incluidos los farmacéuticos y agroquímicos;
2. Eliminar cualquier régimen especial para categorías de productos, cualquier disposición para la adquisición de los derechos de patentes y cualquier discriminación en la disponibilidad y goce de los derechos de patentes que se otorguen localmente o en el extranjero;
3. Brindar oportunidad a los titulares de las patentes para que obtengan la protección de los inventos relativos a productos farmacéuticos y agroquímicos que anteriormente no estaban sujetos a ser patentados.

### **ACUERDO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO SOBRE ASPECTOS DE LOS DERECHOS DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL RELACIONADOS CON EL COMERCIO (ADPIC)**

Los *ADPIC* (o *Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights* o *TRIP's* por sus siglas en inglés) tiene como objetivo: “fomentar la protección eficaz y adecuada de los derechos de propiedad intelectual” y promueve los siguientes principios;

- Trato nacional: Cada una de las partes otorgará a los nacionales de la otra parte, trato no menos favorable del que conceda a sus propios nacionales en materia de protección y defensa de todos los derechos de la propiedad intelectual;

- Trato de nación más favorecida. Es decir toda ventaja, favor, privilegio o inmunidad que conceda a sus los nacionales de cualquier país se otorgará inmediatamente y sin condiciones a los nacionales de los demás miembros.

### **PATENTES**

Una patente es una forma de propiedad intelectual. Consiste de una serie de derechos exclusivos garantizados por un estado soberano a un inventor o alguna persona asignada por el, por un espacio de tiempo limitado y una zona geográfica delimitada a cambio de la divulgación pública de su invención.

El procedimiento para entregar las patentes, los requerimientos fijados al solicitante de la patente y el grado en el que se emiten derechos exclusivos a favor del inventor varía de manera muy amplia de acuerdo al país, las leyes nacionales y los acuerdos internacionales. De manera típica sin embargo, cualquier patente deberá de incluir uno o más reclamos definiendo la invención la cual ha de reunir los requerimientos de patentabilidad, tales como la novedad y la no obviedad.

De acuerdo a la *WIPO* el derecho exclusivo dado y asegurado al que patenta en la mayoría de los países es el derecho a evitar que otros u otras partes hagan, usen, vendan o distribuyan la invención patentada sin un permiso emitido por el tenedor del derecho de la patente. (**WIPO, 2010**).

Bajo el Acuerdo sobre los aspectos relacionados de comercio de los derechos relacionados con la propiedad intelectual o *TRIPS* de la Organización Mundial de Comercio (*WTO, World Trade Organization* idem ibidem), las patentes deben de estar disponibles para los estados miembros de cualquier invención en cualquier campo de la tecnología, y el lapso de protección disponible deberá de ser por un mínimo de 20 años. En muchos países ciertas áreas se encuentran excluidas de las patentes tales como métodos de negocios y programas de cómputo.

La definición de patente se refiere de manera usual al derecho exclusivo entregado a cualquier persona que inventa cualquier nuevo, útil y no obvio proceso, máquina, artículo manufacturado o cualquier mejora nueva y útil, y reclama el derecho dentro de una solicitud de patente.

La calificación adicional de útil se añade en los Estados Unidos de Norteamérica, para distinguirlos de otros tipos de *patentes* (por ejemplo: patentes de diseño) pero no deberá de ser confundido con modelos de utilidad emitidos por otros países. Los ejemplos de especies particulares de patentes para invenciones pueden incluir pero no se encuentran limitados a patentes biológicas, de métodos de negocios, químicas y de software.

Algunos otros tipos de derechos de propiedad intelectual son referidos como patentes en algunas jurisdicciones: los derechos diseño industrial son denominadas patentes de diseño (ellas protegen el derecho del diseño visual de objetos que no son puramente utilitarios), los derechos de criadores de plantas; son llamadas a veces patentes sobre plantas, y los modelos de utilidad o *Gebrauchsmuster*, son a veces llamados patentes sobre innovación o triviales o subordinadas, las cuales también se pueden considerar cómo invenciones, y por ello ser objeto de una patente. **(Schippel, H., 2010).**

La etimología se origina a partir de la palabra en latín *patere*, lo que significa “tener abierto”, de manera más directa como una versión corta de derecho de patente, lo cual originalmente denotaba una carta pública abierta para que se leyese y diese cuenta de la extensión y entrega de derechos exclusivos y consecuentemente extraordinarios a una persona, inicialmente por parte de un Emperador o rey, de ahí el dicho: parece que tiene derecho “de patente”.

Desde el punto de vista histórico, sabemos que en el año 500 A.C. en la ciudad griega de Sybaris (localizada en lo que ahora es la región sur de Italia), se “motivaba a todo aquel que sugiriese algún refinamiento dentro del contexto del lujo, y las ganancias generadas provenientes de dicha mejora durante el lapso de un año se asegurarían en todo el territorio a favor del inventor de la patente, de ahí viene el calificativo de *sibarita*, o que busca el lujo.

Por ejemplo el arquitecto florentino Filippo Brunelleschi recibió una patente de tres años por un lanchón con un arreglo de suspensión, el cual cargaba mármol a través del río Arno en 1421. En 1449 el rey Enrique VI entregó al primera patente con una licencia de duración de 20 años a John de Utynam por la introducción del vidrio coloreado a Inglaterra. **(Wikipedia, C2010).**

Las patentes en el sentido moderno se originaron en 1474, cuando la República de Venecia decretó que los elementos nuevos e inventivos, habían de ser comunicados a la Republica para obtener el derecho de evitar que otros los produjesen y usaran sin su consentimiento.

Inglaterra siguió con el estatuto de monopolios en 1624 bajo el rey Jaime I, el cual declaró que: las patentes solamente podían ser entregadas para proyectos de “nueva invención”. Durante el reinado de la reina Ana (1701-14), los abogados de la corte inglesa desarrollaron el requerimiento de que la descripción de la patente debería de ser sometida ha visto bueno para ser aceptada. Los sistemas de patentes de otros países, incluida Australia, se basan en la ley inglesa y sus orígenes se pueden trazar hasta el “Estatuto de monopolios”.

En 1641, a Samuel Winslow se le otorgó la primera patente en los Estados Unidos de Norteamérica por la corte general de Massachussets por un nuevo proceso para hacer sal. En Francia las patentes se entregaban por la monarquía y otras instituciones cómo la “Maison du Roi”. Dicha academia examinaba la novedad y normalmente los exámenes eran efectuados en secreto, sin la necesidad forzosa de publicar la descripción de la invención, sí se consideraba adecuada también entonces lo era igualmente para ser divulgada al público.

El sistema moderno francés de patentes fue creado durante la revolución de 1791, las patentes eran emitidas sin examinarlas debido a que se consideraba un derecho natural y consecuente al derecho del inventor de llevar a cabo un trabajo propio.



De acuerdo a Youngston en 1911, en los Estados Unidos de Norteamérica, durante el llamado periodo colonial y los años de los artículos de la federación (1778-89) varios estados adoptaron un sistema de patentes propio. El primer congreso consideró adecuado adoptar una Acta Patente, en 1790, y la primera patente fue emitida bajo éste Acto el 31 de julio de 1790, a Samuel Hopkins de Vermont por una técnica de producción de potasa aunque se referían al carbonato de potasa/ío (hidróxido de potasa/ío:  $K_2CO_3$  e  $KOH$  respectivamente, potasa proviene del inglés pot y ash, balde y ceniza de madera respectivamente).

La óptica legal, de acuerdo a los *TRIPS* nos señala que la *patente* no es el derecho a llevar a cabo o utilizar la invención. Más que eso; excluye a otros de hacer, vender, ofrecer en venta o importar la invención patentada, durante la duración de la patente, y ahora le agregamos dentro de un área delimitada, lo cual normalmente se hace durante 20 años a partir del llenado de una solicitud, el ser aceptada y está sujeta al pago de cuotas de mantenimiento.

Una patente es en efecto el derecho de una propiedad limitada que el gobierno ofrece a los inventores a cambio de compartir los detalles de la misma al público en general. De igual manera que cualquier otro derecho de propiedad, éste se puede vender, licenciar, hipotecar, asignar o transferir, regalar o simplemente se puede abandonar y consecuentemente perder a favor del dominio público en caso de estar libre de litigio.

Los derechos que definen a la patente varían de país a país. Por ejemplo en los E.U. de N. una patente cubre la investigación excepto la puramente filosófica. En ese país se está infringiendo la patente aún en el caso de que se haga un elemento para desarrollar una nueva invención, y aunque la investigación vaya mucho más allá de la patente original y por sí misma se vuelva objeto de patente.

En el sentido de los efectos una patente siendo un derecho de exclusión no, sin embargo, da al tenedor de la patente el derecho exclusivo a explotar la patente. Por ejemplo muchas invenciones son mejoras de invenciones que pudiesen estar aún cubiertas por la patente de alguien más. Sí un inventor toma una trampa para ratones ya existente y hace una mejora al diseño de la trampa, el cual añade una nueva característica a la trampa y obtiene una patente sobre la mejora, la persona solamente podrá construir de manera legal la trampa mejorada con el permiso de el tenedor original de la trampa inicial, si la patente aún se encuentra en vigencia.

Por otro lado, el poseedor de la patente sobre la mejora puede excluir del uso de la misma al inventor de la trampa original y aún puede demandar el que se quite la característica y el avance diferenciador, obviamente además de los pagos en efectivo de los daños por infringir la patente.

En algunos países se tiene la posibilidad de solicitar una patente en progreso que requiere que la explotación se lleve a cabo dentro de la jurisdicción que cubre. Las consecuencias de no ejercer el derecho a la invención varían de país a país, variando desde la revocación de los derechos de patente al poseedor de una licencia obligatoria al entregar los derechos a una persona que si vaya a llevar a cabo la explotación del derecho entregado con la patente. (**Lemley, 2005**).

El poseedor de la patente tiene la posibilidad de apelar la decisión de revocación o licenciamiento, pero para esto se requiere que se provea la evidencia razonable de que los requerimientos hechos por y para beneficio público se han alcanzado por medio del trabajo de invención.

De acuerdo con **Piper y Gray (2005)**, partiendo de que para las patentes se puede obligar a su protección por medio de demandas civiles (por ejemplo, para una patente de los E.U. Mexicanos se puede demandar en una corte a nivel federal o estatal debido a infringir una patente), en algunos países, tales como Francia y Austria existen penas criminales debido al denominado infringimiento imperdonable, lo cual de alguna forma coloca al derecho de patente dentro de una escala moral dentro del alcance de la municipalidad.

Generalmente el tenedor de los derechos de la patente ha de buscar una compensación monetaria por acciones pasadas y buscará un requerimiento judicial para evitar que el agresor

lleve a cabo en el futuro nuevas agresiones. Para probar el infringing, el poseedor de la patente deberá de establecer que el acusado que infringe tiene practicando al menos una de las demandas presentadas dentro de la patente, (en muchas jurisdicciones el alcance de la patente puede que no se encuentre limitada a lo que se establece de manera literal dentro de las demandas; por ejemplo debido a los llamadas “doctrinas equivalentes”).

Una limitación importante en la capacidad del poseedor de la patente para asegurar la patente dentro de un litigio civil es el derecho del infractor acusado a retar la validez de tal patente. Los litigios dentro de cortes civiles pueden y de hecho lo hacen frecuentemente declarar las *patentes* no válidas. Una patente puede ser encontrada y considerada cómo no válida en terrenos que se fijan en la generalidad relevante libre que existe entre las legislaciones vigentes entre diferentes países.

Frecuentemente éstos terrenos son un subconjunto de requerimientos de patentabilidad relevantes para cada país. A pesar de que el infractor generalmente es libre de descansar en cualquier terreno inclusive el considerado cómo inválido (tal cómo la condición de publicación previa, por ejemplo), algunos países cuentan con sanciones para prevenir la mismas cuestiones de validez que se han de relitigar. Un ejemplo de ello es el del certificado de validez contestado del Reino Unido o sea que ya ha sido juzgado y resuelto a favor del tenedor de la patente.

Las licenciamientos de patentes son contratos en los cuales el poseedor de la patente (el licenciador) accede a evitar ejercer su derecho a la penalización debido a la infracción de su derecho por parte de una tercera parte denominada licenciado, usualmente a cambio de un pago de derechos u otro tipo de compensación. (**Lemley, 2005**).

Es común para las compañías dentro de áreas de elevada complejidad técnica (tales cómo el cómputo, incluyendo software y hardware, control de procesos, etc.) el entrar en docenas de licencias de acuerdos asociados para la producción de un solo producto. Aún más, es igualmente común para sus competidores en tales campos el establecer contratos de licencias cruzadas para compartir los beneficios de utilizar las patentes que residen dentro de las invenciones patentadas por cada parte.

De acuerdo con **Lemley, (Febrero 2001)**. Por lo tanto se puede obligar a obedecer la fuerza de la entrega de una patente por medio de litigios y ante eso una defensa común es el reto a invalidar. Las patentes obviamente también se pueden sujetar a acuerdos de licenciamiento. La gran mayoría de las patentes nunca caen en litigio o aún siquiera son licenciadas.

Acerca de la apropiabilidad de las patentes en la mayoría de los países, se puede aplicar por una patente por medio de una corporación, para nuestro país puede ser una persona moral o por medio de una persona física o cómo se denomina en otros países persona natural. Sin embargo en los E.U. de N. solamente se puede aplicar por medio de un o unos inventor/es y posteriormente asignarle la propiedad a una corporación o entidad corporativa de manera posterior, y se puede requerir a los inventores el asignar la propiedad de su/s invención/ones a sus empleados por medio de un anexo a su contrato de empleo.

En la mayoría de los países europeos, la propiedad de la invención puede pasar del inventor corporativo aparente a su empleado, el inventor real, por una regla de ley de invención la cual observa en donde e inclusive con que intención fue efectuada, sí fue efectuada durante el curso de las horas de trabajo asignadas por la compañía o si fue dentro de las horas complementarias a él, y sí durante éstas tareas y pudiere ser aplicadas a las actividades de su compañía, de sí el invento pudiese ser una consecuencia razonable de las actividades dentro de la compañía o aún si el investigador tiene una especial obligación hacia extender más ampliamente los intereses de la compañía.

Los inventores, sus sucesores y sus asignados se vuelven propietarios de una patente cuando y sí es entregada. Si la patente es entregada a más de un propietario, las leyes del país en cuestión y cualquier negociación entre los propietarios y otras partes puede eventualmente afectar el grado en el que cada uno de ellos puede explotar la patente. Por ejemplo en algunos países se permite el ceder los derechos de producción si solamente uno de los copropietarios cede éste derecho, en

otros países se deberá de consultar a todos y dar aviso conjunto y en otros habrá de dar aviso a la autoridad e inclusive dar fe pública.

La habilidad de asignar derechos de propiedad se incrementa con la liquidez de la patente como propiedad. En algunos casos los inventores pueden obtener patentes y tener los mismos derechos y ceder o vender los derechos a terceras partes. Si las terceras partes; ya poseen las patentes heredan los mismos derechos que los poseedores originales de las patentes de evitar que otros exploten las *patentes* o cualquier parte de los derechos reclamados, cómo si ellos hubiesen inventado todo aquello que cae bajo el alcance de derechos de la patente.

Las leyes que gobiernan a las patentes se supone que garantizan y obligan la observación de las patentes las cuales son gobernadas por las leyes nacionales y las leyes internacionales y dondequiera que dichas leyes internacionales hayan permeado a las contrapartes nacionales, las patentes son, por lo tanto de naturaleza territorial.

Normalmente, cada nación tiene una oficina de patentes con la responsabilidad de operar el sistema de patentes de dicha nación, dentro de las leyes relevantes al respecto. La oficina de patentes generalmente tiene la responsabilidad de otorgar las patentes y en el caso de cualquier infracción o infringimiento reportarlo a las autoridades judiciales o cortes de ley de la nación.

Existe una tendencia hacia la armonización global de las leyes de patentes, con la **WTO** (Organización Mundial de Comercio; por sus siglas en inglés) actuando de manera activa en ésta área. Respecto a ello los Acuerdos **TRIPS** han sido muy exitosos en proveer de un foro a las naciones para ponerse de acuerdo sobre una serie de leyes de patentes alineadas o eventualmente armonizadas. La conformidad con los acuerdos TRIPS es una condición necesaria para el requisito de admisión a la WTO y su cumplimiento se observa, de acuerdo a varias naciones, cómo muy importante. Los TRIPS son un acuerdo internacional administrado por la WTO los cuales fijan los estándares mínimos para las regulaciones de muchas de las formas de la propiedad intelectual, las cuales incluyen el aplicarse en condición de nacionales a todos los ciudadanos de los países firmantes de los acuerdos de la WTO, los cuales fueron negociados al final de la ronda Uruguay del Acuerdo General sobre Tarifas y Comercio (**GATT, The General Agreement on Tariffs and Trade; (C2010)** por sus siglas en inglés) en 1994.

Los acuerdos TRIPS llevaron la Ley de la Propiedad Intelectual al sistema de comercio internacional por vez primera y permanece como el acuerdo internacional más comprensivo sobre la propiedad intelectual a la fecha. En 2001, los países en desarrollo, preocupados de que los países desarrollados insistían en una lectura demasiado cerrada en beneficio suyo de los acuerdos TRIPS iniciaron una ronda de pláticas cuyo resultado final fue la Declaración de Doha. La Declaración de Doha es la declaración de la WTO que aclara el alcance de los TRIPS, estableciendo excepciones específicas; por ejemplo que los TRIPS han de ser interpretados a la luz de “el promover el acceso a las medicinas para todos”.

De manera específica los TRIPS contienen los requisitos de ley que deben de cumplirse para ser registrados (copyright rights) incluyendo los derechos de ejecutantes, productores de registros y grabaciones de sonido y organizaciones de transmisión; indicaciones geográficas, incluyendo denominaciones de origen; diseños industriales; diseños de arreglos de circuitos integrados; patentes; monopolios para los desarrolladores de nueva/s variedad/es planta/s; marcas comerciales (trademarks); diseños de empaque (trade dress) incluyendo su/s cadena/s de valor/es y múltiples significados; y la información no divulgada o confidencial.

Las directrices dentro de los acuerdos TRIPS también especifican los procedimientos de regulación y obligación de observación, y resolución de disputas. La protección de regulación y obligación de observación de los derechos de propiedad intelectual deben de cumplir los objetivos de contribuir a la promoción de la innovación tecnológica y a la transferencia y disseminación de la tecnología con el fin de la ventaja mutua de productores y usuarios del conocimiento técnico y en una forma conducente al bienestar social y económico y con la intención de balancear los derechos y obligaciones entre sus miembros. (**GATT, C2010**).

Los acuerdos TRIPS fueron negociados al final de la ronda Uruguay del GATT de 1994. Su conclusión fue la culminación de un intenso programa de convencimiento incentivado (cabildeo o lobbying) por parte de los E. U. de N., apoyado por varias naciones de la Unión Europea, Japón u otras naciones desarrolladas. Las campañas de impulso económico bajo el Sistema Generalizado de Preferencias y la coerción bajo la Sección 301 del Tratado de Comercio jugaron un rol importante en vencer y eliminar las políticas que desalentaban la competencia y se trató de eliminar posiciones políticas que eran apoyadas por países en desarrollo, particularmente Corea y Brasil, pero también incluían a Tailandia, India y los países de la Cuenca del Caribe.

A diferencia de ello, la estrategia de ligar la política comercial a los estándares de propiedad intelectual se puede trazar hasta el espíritu emprendedor de los ejecutivos mayores de **Pfizer** de los años 80's, los cuales movilizaron a las corporaciones en los E. U. de N., y maximizaron el privilegio a los derechos intelectuales, volviéndolos la prioridad número uno de la política comercial dentro de los E. U. de N..

Después de la ronda Uruguay, el **GATT** se volvió la base para el establecimiento de la **WTO**. Debido a la ratificación de los **TRIPS** es un derecho obligatorio para la membresía de la WTO, cualquier país que quiera un acceso fácil a los diferentes mercados internacionales abiertos por la WTO, entonces ésta última deberá de obligar las estrictas leyes de propiedad intelectual remarcadas por los acuerdos TRIPS. Es por ésta razón los TRIPS se vuelven el instrumento multilateral más importante para la globalización de las leyes de propiedad intelectual. Estados tales como Rusia y China no estaban de acuerdo en el acceder para unirse al acuerdo de la Convención de Viena y han encontrado que el ser miembro de la WTO puede ser y tener un profundo y poderoso efecto. Más aún, a diferencia de otros acuerdos de propiedad intelectual, los TRIPS tienen un mecanismo para su seguimiento muy disuasivo. Entre los cuales se encuentra la solución de el disciplinar por medio del mecanismo de conciliación de disputas de la WTO.

Los TRIPS requieren de los estados miembros el proveer de una fuerte protección a los derechos de propiedad intelectual. Por ejemplo bajo los TRIPS:

- Los **derechos de copiado (copyrights)** se han de extender potencialmente hasta los 50 años después de la muerte del autor (Art. 12 y 14).
- Los derechos de copiado (idem ibidem) se han de otorgar de manera automática y no se han de basar en ninguna “formalidad” tales como el registro o sistemas de renovación.
- Los programas de computadora se han de considerar como “obras literarias” bajo la Ley de **Derechos de Copiado (Copyright Law, C2010)** y han de recibir los mismos términos de protección.
- Las excepciones nacionales del derecho de copiado, tales como las reglas de “uso justo” o “fair use”, de los E.U. de N., se limitan a la prueba de los tres pasos de Berna.
- Las **patentes** han de ser otorgadas en todos los campos de la tecnología, a menos que estén justificadas por ciertos intereses públicos (Art. 27.2 y 27.3) y han de ser obligatorias por al menos 20 años (Art. 33).
- Las excepciones a derechos exclusivos deberán de estar limitadas, suponiendo el que una explotación normal del trabajo (Art. 13) y una explotación normal de la patente (Art. 30) no estén en conflicto.
- No ha de existir perjuicio a los intereses legítimos de los tenedores del derecho al patentado de programas de computadora.
- Los intereses legítimos de terceras partes han de ser tomados en cuenta dentro de los derechos de patente (Art. 30).
- En cada estado, las leyes de propiedad intelectual no han de proveer de ningún beneficio especial a los ciudadanos locales que no se encuentren disponibles para los ciudadanos de los países signatarios de los TRIPS bajo el principio de “tratamiento nacional” (con ciertas excepciones limitadas, Art. 3 y 5). Cualquier ciudadano de los países signatarios de los TRIPS ha de recibir el tratamiento de la cláusula de “nación más favorecida”.

Muchas de las provisiones de los TRIPS acerca del derecho de copiado, fueron tomadas de la **Convención de Berna, (C2010)** para la Protección de los Trabajos Literarios y Artísticos y muchas de las previsiones de derechos de marca y de patentes fueron modificados en la Convención de París para la Protección del Derecho Industrial.

El acceso a las medicinas esenciales. Éste es uno de los conflictos más visibles y se ha manifestado dentro del problema del SIDA en África. A pesar del rol que han jugado las patentes en el mantener altos los precios de las drogas para los programas de salud a lo largo de África, dicha controversia no ha llevado a la revisión de los TRIPS. En lugar de ello se le ha dado una interpretación declaratoria, la **Declaración de Doha (C2010)**, la cual fue divulgada en noviembre del 2001, la cual indica que los TRIPS no pueden evitar que los estados enfrenten con todos los medios posibles las crisis de salud pública. Después de Doha, **PhRMA** (de sus siglas en inglés **Pharmaceutical Research and Manufacturers of America, C2010**) de los E.U. de N. y algunas naciones desarrolladas en mucho menor grado empezaron a trabajar para minimizar el efecto de la declaración.

En 2003 se aflojó un poco el acuerdo para los casos de mercados domésticos y permite a los países en vías de desarrollo el exportar a otros países donde exista un problema de salud pública en tanto que las drogas exportadas no sean parte de una política comercial o industrial. Las drogas exportadas bajo tal régimen se pueden empacar o colorear de manera diferente para prevenir el dañar a los mercados dentro del mundo desarrollado. En 2003 la administración Bush también cambió su posición, concluyendo que los tratamientos genéricos pudiesen ser de hecho un factor dentro de una estrategia efectiva de combate al HIV. Bush creó el programa **PEPFAR (President's Emergency Plan for AIDS Relief, C2010)**, por sus siglas en inglés), el cual recibió \$15 mil millones de dólares de 2003 a 2007, y fue reautorizado a recibir otros \$ 30 mil millones de dólares en los cinco años siguientes. A pesar de liberar el problema de licenciamiento obligatorio, el PEPFAR empezó a distribuir drogas genéricas en 2004-5. Respecto del patentado de software y métodos de negocios, ha generado controversia acerca de los requerimientos del Art. 27 de patentabilidad dentro de “todas las áreas de la tecnología” y de si es necesario el asegurar la necesidad de patentar el software y los métodos de negocios.

Implementación en países en desarrollo, las obligaciones bajo los acuerdos TRIPS se aplican de manera igual, a todos los estados miembros, sin embargo se ha permitido a los países en vías de desarrollo de un mayor tiempo para implementar los cambios aplicables a sus leyes nacionales, dentro de dos tramos de transición de acuerdo a su nivel de desarrollo. El periodo inicial de transición para los países en vías de desarrollo expiraba en 2005. El segundo periodo de transición para implementar los TRIPS para los países menos desarrollados se extendió hasta 2013, y hasta enero de 2016 para las *patentes* farmacéuticas con la posibilidad de una extensión futura mayor. (**Baker, D., 2005**).

Se ha argüido de que el estándar de los TRIPS de el requerir a cada estado el tener un control estricto de la propiedad intelectual está en (franco) detrimento del desarrollo de los países menos desarrollados. Muchos argumentan a partir de, *prima facie* (**aparentemente o de acuerdo a una primera revisión de los hechos**), que en el interés estratégico de la gran mayoría de los estados en desarrollo, si no es que todos, el utilizar las reglas más flexibles posibles teniendo como consecuencia la menor protección de los derechos de propiedad intelectual. A lo cual se ha contra argüido que no es en todos los casos. En 2005 en un caso reportado por la **OMS (WHO, World Health Organization, C2010)**, por sus siglas en inglés), encontró que muchos de los países por el contrario no han implementado las flexibilidades de los TRIPS dentro de sus marcos de operación, ni legal, ni físicamente, (tales como: la obligación de licenciar, importación paralela, límites a la protección de datos, el uso de investigaciones amplias y otras excepciones a la patentabilidad, etc.) dentro de sus legislaciones en el grado que lo permiten los tratados de Doha.

Esto se debe primordialmente a la falta de la experiencia tanto técnica como legal que se requiere para modificar los textos de la legislación propia para implementar sus flexibilidades, lo cual ha llevado a los países en desarrollo a copiar de manera textual y directa las leyes ya plasmadas dentro de los países desarrollados para la propiedad intelectual, o descansan en la

ayuda asistencial de la WIPO, la cual de acuerdo con críticos, tales como **Cory Doctorow, (2005)**, estimula a implementar monopolios mucho más fuertes de la propiedad intelectual. (**Doctorow, C., C2010**).

La expansión post TRIPS. Los requerimientos de los TRIPS son desde la perspectiva de la política extremadamente limitativos. A pesar de ello, los pregoneros o cabilderos de las empresas (lobbyists) que se benefician de varias de las leyes de propiedad intelectual han a partir de 1994 incrementado su presencia y campañas en favor de endurecer las formas actuales de propiedad intelectual y crear nuevas clases de las mismas:

- La creación de las leyes para evitar la circunvención para proteger los sistemas de Administración de Derechos Digitales. Lo cual fue logrado en 1996 dentro del Tratado de **Derechos de Copiado de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO Treaty, C2010)** y los Tratados de Desempeño y Fonogramas de la **WIPO**.
- El deseo de restringir aún más la posibilidad de la obligatoriedad de las licencias para patentes ha llevado a solicitar condiciones precautorias en los recientes tratados bilaterales de los E.U. de N.
- Una cosa es tener leyes de Protección de la Propiedad Intelectual dentro de los estados y otra el que los gobiernos obliguen a su respeto de manera agresiva. Ésta distinción ha llevado a la existencia de provisiones dentro de las negociaciones de tratos bilaterales, e igualmente como propuestas para la WIPO y los lineamientos de refuerzo de las obligaciones de los Derechos Intelectuales. En 2001 la Directiva de Derechos de Copiado se implementó dentro del Tratado de la WIPO de 1996.
- La orientación del Artículo 27 de los **TRIPS** se utiliza para justificar una extensión del sistema de patentado.
- La campaña para la creación de un Tratado de Telecomunicaciones de la **WIPO** que daría a los comunicadores (y posiblemente telecomunicadores) derechos exclusivos sobre las copias de trabajo que hayan distribuido.

### **OPORTUNIDADES QUE OFRECEN LAS PATENTES PARA LOS PAÍSES MENOS DESARROLLADOS**

A partir de que los TRIPS entraron en operación han recibido cada vez mayores críticas de los países en desarrollo, académicos y las **ONG (organizaciones no gubernamentales, C2010)**. Algunas de las críticas son contra la WTO cómo un todo, pero muchos de los que la apoyan consideran a los TRIPS como una mala política (véase por ejemplo la opinión de **Jagdish Bhagwati (C2010)** en su escrito “En defensa de la globalización” para una discusión de los efectos negativos que tienen los TRIPS sobre el acceso de los países en desarrollo a las medicinas) además los TRIPS tienen la clara tendencia a defender los intereses de los países desarrollados.

Por ejemplo por qué se han de tratar a los programas de cómputo como obras literarias para evitar que se haya de registrar y cobrar por ese concepto y evitar que se retrase el avance en dichos mercados y áreas de desarrollo que casualmente son áreas en las cuales los países desarrollados tienen ventajas y consecuentemente ellos están interesados en mantener dichas ventajas añadiendo la prerrogativa de no tener que pagar derechos por dichos conceptos.

Los efectos en la distribución de la riqueza de los TRIPS (transfiriendo dinero de los países en desarrollo hacia los tenedores de las patentes y de derechos de copiado en los países desarrollados) y la imposición de rareza artificial sobre los ciudadanos de los países que de alguna otra forma han tenido leyes más laxas de propiedad intelectual, se vuelven una base común para tales críticas.

Algunos especialistas tales como **Peter Drahos (2002, C2010)** señalan que: “ha sido una parte de la moral comercial internacional aceptada que establece que los estados han de establecer y diseñar una ley de propiedad intelectual que se ajuste a sus propias circunstancias económicas. Y los estados se aseguran de que los acuerdos de propiedad intelectual les entreguen la suficiente latitud y laxitud para hacerlo.

Otros argumentan que la importancia de los TRIPS en el proceso de generación y difusión del conocimiento ha sido sobreestimada tanto por sus detractores como por aquellos que la apoyan. **Henry y Stiglitz (2006)** argumentan que el régimen global de propiedad intelectual actual puede impedir la innovación y la diseminación del conocimiento, y sugieren reformas a para adoptar la diseminación global del conocimiento y la innovación hacia el desarrollo sustentable.

Esto ha llevado a muchas naciones en desarrollo, las cuales históricamente han añadido leyes para favorecer su desarrollo, normalmente se les solicita que pongan en línea sus prácticas a los de las prácticas globales. Para las patentes la convención internacional clave es la **Convención de París para la Protección de la Propiedad Industrial (C2010)**. La cual fue inicialmente firmada en 1883. La Convención de París fija una serie de reglas básicas relativas a las patentes y a pesar de que la convención no tiene un efecto legal directo en todas las jurisdicciones nacionales, los principios de la Convención se incorporan dentro de todos los sistemas de *patentes* más importantes.

El aspecto más significativo de la **Convención de París** es que se reserva el derecho de un año para dar acceso a cualquier otro miembro estado solicitante y recibir el beneficio de tener esa fecha como la fecha original de patentado para cualquiera de los habitantes de sus estados miembros, o sea que si alguien dentro del alcance de la Convención de París, hace un reclamo de una patente tiene hasta un año para estudiar y el registrar sus derechos de patente a nivel internacional, sin perder dichos derechos. Debido a que el derecho de patente es intensamente impulsado por la velocidad en recibir la fecha inicial y original de la fecha de patentado. Y cómo éste derecho es la parte más fundamental del uso moderno de las patentes, es y se vuelve cada día mas importante, total.

La autoridad para los estatutos de las patentes varía en los diferentes países. En el Reino Unido, la parte substantiva mayor está contenida en el **Acto de Patentes de 1977 (C2010)**, como una enmienda. En los E. U. de N., la Constitución misma da poderes al Congreso para generar leyes que “promuevan el progreso de las ciencias y la utilidad de las artes...” Las leyes que ha pasado el congreso están codificadas bajo el título 35 del código de los E. U. de N. y crean la Oficina de Patentes y Marcas de los E. U. de N.

En adición a ello, existen procedimientos de tratados internacionales, tales como los procedimientos bajo el **Tratado de Cooperación en Patentes (Patent Cooperation Treaty, PCT, C2010)** Administrado por la **WIPO** y que cubre más de 140 países), la cual centraliza alguna parte de los procedimientos de llenado y de exámenes. Arreglos similares existen a través de los estados miembros de la **ARIPO (African Regional Intellectual Property Organization** por sus siglas en inglés) y **OAPI (Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle**, por sus siglas en francés), los cuales plantean tratos análogos entre los países africanos y los nueve miembros que han formado la **EPO (Eurasian Patent Organization C2010)**.

La aplicación y prosecución se lleva a cabo por medio del llenado de una aplicación en la oficina de patentes relevante. A la persona o compañía que llena la aplicación se le llama el aplicante. El aplicante puede ser el inventor o alguien que el inventor asigne. La aplicación contiene una descripción del cómo hacer y utilizar la invención que ha de contener la información y el detalle suficiente para que una persona con habilidades en al área (por ejemplo el área relevante de la tecnología) para llevar a cabo y utilizar la invención.

En la mayoría de los países tanto afortunada como desafortunadamente existen requerimientos para proveer de información específica de respecto a la utilidad de la invención, la mejor forma de llevar a cabo la invención conocida por el inventor, y/o el/los problemas técnicos que la invención ha de resolver. También se han de incluir dibujos ilustrativos de la invención.

La aplicación también ha de incluir uno o más reclamos, a pesar de que no siempre ha de ser un requerimiento el de someter éstos cuando se solicita por primera vez. Los reclamos que se demanda sean protegidos ya que en ellos se define lo que el poseedor potencial de la patente

tiene el derecho de excluir a otros de hacer, utilizar o vender cualquiera que sea el caso. En otras palabras los reclamos definen qué es lo que la patente cubre o el “alcance de la protección”.

Después de llenar los requisitos y aplicar, frecuentemente cómo “patente pendiente”. Mientras que el término no confiere la protección legal y una patente no puede obligar su observación hasta que sea otorgada, sirve al menos del advertir a los probables o potenciales infractores el que si la patente es emitida ellos pueden ser responsabilizados por daños por infringirla.

Para que una patente sea emitida, esto es que tome efecto legal dentro de un país en particular, la patente ha de reunir los requerimientos de patentabilidad de dicho país. La mayoría de las oficinas de patentes examinan si la aplicación cumple con esos requerimientos. Si la aplicación no los cumple, se comunican las objeciones al aplicante o al agente o abogado de patentes y se le dan una o más oportunidades de responder a dichas objeciones para llevar la aplicación a condición de cumplimiento, oportunidades que normalmente se han de proveer al aplicante, de acuerdo a la legislación al respecto del país.

Una vez que se ha entregado la *patente*, ésta se encuentra sujeta al pago de renovaciones para mantener la patente en vigor. Éstos pagos se han de pagar normalmente en pagos anuales, a pesar de que los E. U. de N. son una excepción notable. En algunos países u oficinas regionales (por ejemplo la **Oficina de Patentes Europea, C2010**) también requiere de los pagos anuales antes de que se emita la patente.

Los costos de preparar y llenar la aplicación de la patente, el seguimiento hasta la entrega y el mantenimiento de la patente varían entre las diferentes jurisdicciones y también dependen del tipo y complejidad de la invención y el tipo de patente de que se trate. La Oficina Europea de Patentes (vía una aplicación **Euro-Direct**, por ejemplo no basada en una aplicación **PCT C2010**) y se mantiene la patente por un lapso de diez años lo cual cuesta alrededor de 32,000 €. A partir de que el Acuerdo de Londres entró en operación el 1º de mayo de 2008, ésta estimación es sin embargo actual, debido a que se requiere de una serie de traducciones.

En los E. U. de N., en el año 2000 el costo de obtener la patente (prosecución de la patente) se estimaba en alrededor de entre \$10,000 USCy. y los \$30,000 USCy. por patente. Cuando se requiere del litigio (el cual en el año 1999 sucedió en aproximadamente 1,600 casos comparadas con las 153,000 patentes emitidas en el mismo año ( $\geq 1\%$ ), los costos se incrementaron de manera significativa: mientras que el 95% de los casos de litigio se dirimieron fuera de las cortes, pero cuando llegaron a las cortes los costos directos del litigio por patentes alcanzaron un promedio de un millón de dólares por caso sin incluir los costos inherentes asociados al negocio.

Existen alternativas para la aplicación de una patente, tales como una aplicación defensiva, la cual es el acto de publicar una descripción detallada de una nueva invención sin el patentarla, de ésta forma se establece un acto público en el estado del arte y la identificación de cómo el creador/inventor de una invención, a pesar de que la publicación defensiva puede ser aplicada desde una óptica que puede incluir la aplicación anónima. La publicación defensiva evita que otros sean posteriormente capaces de patentar la invención.

**Un acto o fórmula (de comercio) secreto/a** es la acción de no divulgar los métodos por los cuales una invención compleja opera o cómo se formula algún químico, etcétera. Sin embargo los acuerdos o actos secretos no proveen de la protección legal que sí otorgan las patentes y desde ese punto de vista pueden ser atacadas o vulneradas por medio de ingeniería inversa y por la filtración de información, por ejemplo rompimiento de la confidencialidad y el espionaje corporativo.

Una ventaja del acto secreto o de la fórmula secreta es que mientras que la patente expone de manera abierta las partes que configuran o conforman la patente y ello garantiza la exclusividad del comercio tanto en tiempo cómo en área de alcance, y después de que se extingue el derecho de la patente y no se extiende por cambios sobre la formulación o las aplicaciones, se puede copiar de manera libre la invención, ya sea un acto o una fórmula secreta permite a su tenedor mantener el monopolio en tanto no se tenga acceso a la fórmula y obviamente se mantenga en secreto o no surja un sucedáneo o al menos un competidor ya sea directo o indirecto.



La economía se basa en la suposición de que existen cuatro incentivos primarios englobados en el sistema de patentes: el inventar en primer lugar; para divulgar la invención una vez que se ha hecho; el invertir las sumas necesarias para experimentar, el producir y mercadear la invención y el diseñar alrededor y sobre las patentes anteriores.

1. Las patentes proveen de los incentivos para la **investigación y el desarrollo (I+D)** eficientes. Un estudio conducido anualmente por el **IPTS** muestra que las 2,000 compañías más grandes del mundo invirtieron más de 430,000 millones de € en 2008. en sus departamentos de I+D. Si las inversiones se pueden considerar cómo entradas para la I+D, las patentes han de ser consideradas cómo los productos. Basándonos en éstos grupos, un proyecto denominado **Corporate Invention Board (Buró Corporativo de la Invención)**, ha medido y analizado los portafolios de *patentes* para generar una visión particular de sus perfiles tecnológicos.

Aquellos que apoyan las patentes argumentan que sin la protección de las patentes la inversión colocada hubiese sido mucho menor o de plano eliminada, limitando consecuentemente la posibilidad de acceder a los avances tecnológicos o el romper los paradigmas establecidos. Las corporaciones habrían de ser mucho más conservadores acerca de su aproximación a las inversiones de **I+D** debido a que terceras partes serían libres de explotar cualquier desarrollo. Ésta segunda justificación está cercanamente relacionada con las ideas subyacentes bajo los derechos de propiedad intelectual.

2. De acuerdo con la definición original del término “patente”, las patentes facilitan y/o alientan la divulgación de innovaciones hacia el dominio público para el impulso del bien común. Si los inventores no tuviesen la protección legal de las patentes, y en muchos casos, ellos pudiesen preferir o tenderían a mantener sus descubrimientos en secreto. El otorgar patentes generalmente asegura al hacer públicos los detalles de la nueva tecnología, para explotación por cualquiera después de que ha expirado el derecho de explotación exclusiva o por la mejora secuencial de otros inventores. Cuando termina la duración del lapso de ejercicio de la patente, el registro público asegura que las ideas del que patenta no se pierdan para la humanidad.

3. En muchas industrias (especialmente en aquellas con elevados costos fijos y ya sean bajos costos marginales o bajos costos de ingeniería inversa – tales cómo: procesadores para computadoras y farmacéuticos), una vez que una invención existe, el costo de comercialización (pruebas, el avituallar una fábrica, desarrollar un mercado, etcétera) es mucho más que el costo inicial de concepción, (por ejemplo, la regla de mano interna dentro de varias compañías de computadoras en los 80’s era el que sus costos posteriores a la I+D eran de 7 a 1). A menos de que exista alguna forma de evitar que la competencia en el costo marginal de producción, las compañías no harían la inversión de llevar el nuevo conocimiento hasta convertirlo en un producto.

Otro efecto de las costumbres actuales de uso de las patentes es el que se obligue a los competidores a diseñar alrededor de la patente de otro (o el “inventar alrededor” de acuerdo con **R. S. Praveen Raj**) las patentes de otros. Esto pudiese promover la sana competencia entre los productores, resultando en mejoras graduales sobre la tecnología base. Esto puede aumentar las economías nacionales y el conferir mejores niveles de vida a todos los ciudadanos.

La crítica pudiera estar en el que cómo son monopolios entregados por el estado, las patentes pueden ser consideradas cómo inconsistentes con el libre comercio. En esa base en 1869 Holanda abolió las patentes y no las reintrodujo sino hasta 1912.

Las patentes también han sido criticadas por ser entregadas sobre invenciones ya conocidas con las consiguientes quejas ante la oficina de patentes de los E.U. de N., (**USPTO**, por sus siglas en inglés, **United States Patent and Trademark Office**) sobre el que “se falla en hacer un trabajo serio acerca del examen de patentes, lo cual permite que se introduzcan patentes malas dentro del sistema”.

Por otro lado, se ha argumentado que debido al reducido número de patentes que caen en litigio, se supone que incrementan la calidad de las patentes en el estado de obtención de la patente y ello incrementará los costos totales asociados con las patentes, y que la política actual de la USPTO se trata de un compromiso sano y razonable entre una política de amenaza de llevar a todos a juicio en el estado de examen y un puro registro sin necesidad de examinar más nada por el otro lado.

Las patentes ruidosas o duplicadas son una crítica común y constante en contra de las patentes, a pesar de que algunos comentaristas al respecto opinan que las patentes ruidosas no son malas, sino más bien se trata de un mal necesario de una economía en crecimiento para el sistema de patentes en forma alguna. Sino que observadas desde la óptica correcta realinean los incentivos a los participantes del mercado, haciendo el mercado más líquido y de alguna manera dan señales de que el mercado deberá de ser limpiado.

Las *patentes* farmacéuticas previenen de la existencia de alternativas genéricas y eventualmente el que éstas entren al mercado sino hasta que las patentes hallan expirado y ello mantenga los precios elevados para las medicinas. Esto puede tener efectos significativos para el mercado especialmente en los países en desarrollo, tal como la situación donde los que tienen una mayor necesidad de acceder a un medicamento e inclusive ya sea este esencial, no tiene la capacidad de tener al alcance la medicina requerida debido a su elevado costo.

Los críticos igualmente cuestionan el razonamiento de que las patentes exclusivas y los consecuentes precios elevados se requieren para que las compañías farmacéuticas recuperen los enormes gastos incurridos para desarrollar e investigar a veces cada uno de los compuestos de una fórmula farmacéutica.

Un estudio concluyó que los gastos de mercadeo y marketing normalmente son del doble de lo que cuesta el generar el ingrediente activo y los ingresos que se colocan para el desarrollar e investigar acerca del mismo compuesto dado. Otros artículos arrojan luz sobre los problemas actuales de la investigación médica. Y es que ello nos da prioridades erradas respecto del precio y de la investigación, y empuja a los sistemas de cuidado médico del estado a niveles donde aún los estados más ricos muestran debilidades o de plano sus límites.

En respuesta a éstas críticas, de acuerdo a una investigación de **Ghafele (Agosto 2008)** reportó que menos del 5% de las medicinas de la **WHO (World Health Organization)** son drogas esenciales que tienen patente o sea que el resto, 95% no se encuentran bajo patente alguna. Igualmente la industria farmacéutica ha donado mas de 2,000 millones de dólares para ayuda en los países en desarrollo, proveyéndoles de drogas contra el VIH/SIDA (ver el problema de **Bayer**) a costos reducidos o simbólicos o de plano regalando las medicinas en ciertos países y ha hecho uso de precios diferenciales y de importaciones paralelas para proveer de medicamentos a los pobres.

Otros grupos han investigado cómo la inclusión social y la distribución de las investigaciones y los descubrimientos en desarrollos se pueden obtener dentro del marco actual existente de propiedad intelectual, a pesar de que dichos esfuerzos no se han hecho públicos.

Algunas campañas públicas han expresado su preocupación por el prevenir sobre el alcance de la propiedad intelectual incluyendo la protección por medio de patentes y el retener un balance público en los derechos de propiedad de ésta clase.

Las alternativas propuestas al sistema de patentes que se discuten para enfrentar el problema de incentivación financiera con la finalidad de substituir a las patentes. Las cuales se encuentran relacionadas primordialmente en relación al fondeo ya sea directo o indirecto del gobierno. Un ejemplo de ello es la idea de proveer de un premio en efectivo o metálico (que provenga de un “fondo de premios” patrocinado por el gobierno) cómo un sustituto a las pérdidas asociadas con el evitar el ejercer monopolios otorgados por una patente. Otra aproximación es el remover el problema del desarrollo del financiamiento a partir de la esfera privada completa y que se cubran los gastos con fondeos directos del gobierno.

Una patente es un título legal que garantiza a su tenedor el derecho exclusivo de la producción, generación y/u obtención de una invención ya sea propia o adquirida, dentro de un área limitada y un plazo de tiempo limitado, la cual evita que otros, entre otras cosas produzcan, generen, vendan o usen artículos, procesos, productos o servicios iguales y/o eventualmente equivalentes al producto, proceso, servicio o evento protegido en las cláusulas amparadas bajo la protección de la patente.

De forma tal que la patente no es, hablando de manera estricta desde el punto de vista legal una invención técnica, sino más bien un derecho legal con un posible valor económico. A cambio del derecho de propiedad se requiere normalmente del tenedor el dar información de la invención al público en general en la mayoría de los países, y el pagar el/los derecho(s) de mantenimiento anual de la posesión de la *patente*.

Una consecuencia obvia de importancia creciente de las patentes es el que son el medio por el cual se apropia uno de rentas, con el consecuente interés de métodos adecuados para hacerse de ganancias y del riesgo asociado con dichos activos, que sobrepasan los criterios tradicionales aplicables a los activos y otras inversiones que han caracterizado a la literatura dentro del área económica y de la innovación y su administración.

La valuación de los derechos de y a la propiedad intelectual, en específico las patentes, ha sido uno de los más difíciles problemas de inversiones, tanto para los académicos como para los practicantes.

## **MÉTODOS TRADICIONALES DE VALUACIÓN DE PATENTES**

Tratándose a las patentes como derechos exclusivos ha permitido a los investigadores y practicantes el enfocarse en las características complejas e importantes de una patente, y de estudiar las relaciones entre patentes, innovación, competencia y difusión de tecnología.

La finalidad de esta sección es el dar una breve introducción a los métodos tradicionales de valuación de patentes y discutir sus limitaciones tomando en cuenta de manera apropiada los riesgos y la naturaleza estratégica de la propiedad intelectual. El valor económico de una patente deriva de los varios beneficios que se pueden esperar razonablemente de la explotación de su propiedad. La fuente mayor de valor se genera por el evitar o postergar la entrada a la imitación y/o a la competencia. Una vez que se ha otorgado la patente ella protege a su tenedor de la competencia, habilitándolo para generar flujos de efectivo provenientes de la comercialización de ciertos bienes y servicios, idealmente de manera única.

Éstos flujos de efectivo nos permiten generar ganancias por medio de las rentas de un monopolio debido al control sobre la mejora o producción de un producto o de un bajo costo de producción o de la generación de un servicio o de una actividad protegida (como en la operación de un negocio protegido como consecuencia bajo el alcance de la patente). Todas las ganancias asociadas en exceso de ésta forma son atribuibles a dicha patente. Otra fuente probable de valor se puede derivar del licenciamiento de la patente. El valor económico en éstas circunstancias puede ser medido por los flujos de caja provenientes del pago anticipado y/o del pago de regalías. Los gerentes de proyectos integrados, los consultores y los contadores, han usado tradicionalmente técnicas diferentes para los diferentes escenarios, muchas veces al menos por costumbres de cada empresa se tiene la tendencia a utilizar siempre los mismos métodos para cada proceso “por que así siempre se ha hecho”, lo cual lleva a la perpetuación del status quo, negando al menos la posibilidad de innovación por accidente, la cual puede abrir nuestra óptica tanto a nuevo conocimiento cómo a agresiones potenciales de otros campos tanto paralelos o cercanos tanto como a campos lejanos de nuestra área especializada de trabajo.

En general, se utilizan tres aproximaciones para estimar los beneficios económicos que se han de explotar a partir de una patente: la primera basada en costos, la segunda basada en el mercado y la última basada en el ingreso.

Las metodologías basadas en el costo asumen que existe algún tipo de relación entre el costo y el valor de las patentes e ignoran sus futuros beneficios. La aproximación basada en el mercado le asigna y/o determina un valor a la patente tomando como base una transacción con precios conocidos de bienes comparables. La mayor desventaja con ésta metodología es que no siempre existe un mercado con tecnologías similares. La aproximación al ingreso normalmente se basa en la regla del valor presente neto (VPN y teniendo como caso de equilibrio a la TIR) e incluye los pagos provenientes del pago compensatorio por regalías y por los métodos de ganancias en exceso de los periodos múltiples.

El método de compensación por regalías se basa en un estimado de un pago hipotético de regalías, que uno tendría que pagar a una tercera persona para alcanzar los beneficios de la patente. El método de ganancias en exceso por periodos múltiples, mide el valor de una patente por el flujo de efectivo incrementado por la posesión del activo. El problema de usar un método de descuento de flujos de efectivo para asignar el valor económico de patentes se debe particularmente a la dependencia de eventos futuros que son inciertos en el momento en que los agentes la solicitan.

El proceso de patentado está sujeto en alto grado a la incertidumbre inicial acerca del éxito técnico o comercial en mercados competitivos del producto o elemento –o activo- subyacente, así como la incertidumbre acerca de la protección legal que puede ocurrir, ya sea durante la presentación de la solicitud o la obligación subsecuente.

Aún más, las *patentes* están sujetas a un rango particularmente amplio de decisiones flexibles desde el proceso de obtención de la patente, ya sean: el postergar la solicitud de la patente, igualmente el postergar o tomar la patente en zonas geográficas mayores, en caso de patentar consecuentemente: las eventuales condiciones de licenciamiento, la decisión de demandar o finalmente el evento del desistimiento de la inversión.

En la valuación de activos intangibles, la regla del *valor presente neto* difícilmente puede incorporar riesgos e implicar los diferentes escenarios estratégicos implícitos en la decisión de explotación. En esencia la aproximación por medio del valor presente neto determina el valor presente de los futuros flujos de efectivo por medio del descuento de ellos usando un costo de capital apropiado.

Entonces se sugiere el invertir, sí y sólo sí la suma de los flujos de efectivo descontados es mayor que la suma de sus costos descontados. De ésta forma se desarrollan al menos dos inconvenientes.

Primero la aproximación por medio del valor presente neto es estática, desde que se enfoca en el tiempo presente: las decisiones de inversión se deberán de tomar ya sea ahora o nunca.

Segundo ésta aproximación puede tener en cuenta, al menos de una forma parcial, al riesgo y la incertidumbre del valor futuro de los activos, por medio de el utilizar diferentes tasas de descuento.

De hecho es difícil determinar el costo adecuado del capital. Por ejemplo, la metodología sugiere que el elevar la tasa de descuento para adecuarlo a la incertidumbre de los flujos de efectivo; sin embargo, es difícil justificar a qué nivel la tasa de descuento incorporará realmente todos los riesgos futuros.

La aplicación de *opciones reales* puede superar en grado apreciable a la gran mayoría de las limitaciones que surgen de los métodos tradicionales de valuación. Igualmente, los académicos desde el punto de vista de opciones reales han reconocido el valor de una patente es solamente una opción real, la aproximación de opciones reales ha mostrado ser muy apropiada dentro del manejo estratégico de las decisiones del patentado.

Los ejemplos de flexibilidad que se presentan al patentar están representadas por las decisiones de invertir, de renovar, de presentar patentes a nivel internacional, de abandonar el proceso o de

presentarse en litigio. Aún más, la aproximación de opciones reales está bien ajustada a la administración de riesgos. De hecho, existen tres fuentes de riesgo que impulsan los valores de la patente y la inversión; algunos autores las refieren de manera más específica como relacionadas con el mercado, con la tecnología y factores de y riesgos de patente.

## **APLICABILIDAD DE LAS OPCIONES FINANCIERAS Y LAS OPCIONES REALES A LAS PATENTES**

Mientras que los métodos más tradicionales para evaluar proyectos, y en ello incluimos a las patentes, generalmente tienen que ver con las técnicas de descuento de flujos de efectivo. Recientemente se ha dado importancia a su valuación por medio de *opciones reales* para la atención de decisiones presupuestales y de administración de proyectos.

La razón para esto es que en general las herramientas tradicionales fallan al tomar en cuenta los riesgos y oportunidades implícitas en las oportunidades de inversión. Como consecuencia de ello se ha incrementado el interés por los modelos basados en opciones reales para enfrentar la administración o gestión de patentes.

Primero, el tratamiento de mayor importancia de las opciones financieras, al igual que las *opciones reales* es el que considera al “activo”, estado de la, *patente* como un derecho contingente sobre el valor de otro activo, que son los derechos que de ella emanan como consecuencia de el registro y la obtención de derechos de patente. Como lo es, por ejemplo: los flujos de efectivo a partir del lanzamiento de un producto o las regalías obtenidas a partir de su licenciamiento o eventualmente venta de derechos.

Segundo, las opciones reales ayudan a las firmas tenedoras en los procesos de toma de decisión por medio de una herramienta valiosa que toma en cuenta de manera apropiada los diferentes escenarios y cambios en el medio ambiente antes y después de por ejemplo el lanzamiento de productos.

Finalmente ésta óptica ayuda a manejar e identificar y considerar de manera separada las diferentes fuentes de incertidumbre que caracterizan a ambas, a las patentes y a las oportunidades de inversión que ellas conllevan.

Se pretende que ésta sirva como una introducción al análisis de conveniencia de la búsqueda de la obtención y la consecuente emisión en nuestro favor de una patente, tanto desde el punto de vista académico como desde el punto de vista operativo de un gerente.

Debido a que la naturaleza de nuestra óptica tiene como finalidad el ilustrar el manejo, la utilidad y eventualmente la valuación de las oportunidades de inversión existentes en el campo de las patentes desde el punto de vista de las opciones reales, y aunque no se profundiza en los detalles de valuación tradicionales, sino solamente en una discusión de las opciones reales como una inversión bajo condiciones de incertidumbre. Si bien es cierto que existen opciones dentro de casi cualquier acción o evento dentro de un proyecto, nosotros consideramos, y tratamos de hacer lo más evidente posible, las condiciones que se deben de cumplir para que éstas opciones sean consideradas de valor.

En particular se pretende examinar las bases teóricas de las opciones reales dentro de la literatura de patentes y discutir de manera crítica sus aplicaciones a la valuación, uso, licenciamiento y otras decisiones relevantes a las patentes, tales como la oposición. Es por ésta razón que planteamos la definición de y los tipos de opciones. En finanzas una opción es un instrumento financiero derivado el cual establece un contrato entre dos partes concerniente a la compra o venta de un activo a un precio de referencia durante un espacio de tiempo específico.

Durante éste marco de tiempo, el comprador de la opción tiene el derecho pero no la obligación de llevar a cabo algún tipo de transacción específica sobre el activo, mientras que el vendedor incurre en la obligación de llenar los requisitos de la transacción propuesta por el comprador de dicha opción si éstos se ciñen a lo especificado por el contrato que representa la susodicha opción.

El precio de la opción deriva del valor del llamado *activo subyacente* (comúnmente una acción, un bono, una divisa o un contrato de futuros, en el caso de las patentes el derecho a un monopolio limitado por el tiempo y una zona geográfica también limitada de acuerdo a la decisión del tenedor del derecho) y para poder emitirse requiere de un pago denominado premio basado tanto en el precio del activo subyacente como en el tiempo remanente hasta la expiración de la opción.

**Existen diferentes tipos de opciones y las opciones pueden en principio ser creadas para cualquier tipo de activo valuable.**

**Una opción que conlleva el derecho a comprar algo se denomina una opción “call” o sencillamente “un call”; una opción que otorga el derecho a vender se denomina una opción “put” o solamente “un put”. El precio especificado al cual se puede ejercer el derecho dado por la opción se denomina precio de ejercicio o precio “strike” o solamente “strike”.**

Para éste efecto, el intercambio del *activo subyacente* ha de efectuarse al precio especificado dentro del contrato a pesar del precio existente en el mercado o precio actual o precio “spot” al momento de llevarse a cabo la transacción que cierra el contrato, consecuentemente “cerrando las posiciones, abiertas a cada una de las partes por el contrato”, por que habiéndose iniciado, negociado y cerrado el contrato entre las partes con condiciones de “equilibrio a favor del tenedor” y “pagos en exceso, para contrapesar” y llegar teóricamente a un equilibrio justo; en función de la información disponible al momento de registrar el contrato, en favor del emisor de la opción con las condiciones y el que sean pactadas por ambas partes y/o impuestas a ambas partes por un tercero (normalmente un banco de inversión).

Se finaliza (cierra) la operación, teniéndose a un banco de inversión como tercera parte normalmente relacionada con ambas partes, cómo sus clientes, y, eventualmente el presentarse, como garante de la conclusión exitosa de la operación.

El proceso de activar una opción y por lo tanto comerciar el *activo subyacente* al precio acordado previamente se le refiere como “ejercicio” o simplemente “ejercerlo”. La mayoría de las opciones tienen una *fecha de caducidad* o *fecha de expiración*, después de la cual dicha opción pierde la capacidad de ser ejercida y por lo tanto carece de valor.

A cambio de otorgar una opción, proceso denominado “emisión” de la opción, el emisor de la opción cobra un pago denominado premio al comprador de la misma.

Entonces el emisor de la opción deberá de entregar de acuerdo a las especificaciones del contrato ya sea i) hacer valer la entrega física del bien o ii) entregar una suma en efectivo equivalente al precio de ejercicio de la opción si se ejerce el derecho dado por la opción. También la opción puede a su vez ser vendida (endosada) a un segundo comprador interesado en la posibilidad de inversión que la misma ofrece.

Muchas de las opciones se venden de manera estandarizada o genérica y son intercambiadas de manera anónima en un remate de opciones generalmente dentro de un piso de remates entre el público en general. Mientras que otras opciones se generan de acuerdo a condiciones específicas dentro del marco de una actividad o negocio específicos, esas se hacen “**ad hoc**” (**a la medida de**) a las especificaciones de las partes que en ellas intervienen, y normalmente se llevan a cabo dentro de un banco de inversión el cual se asegura en general del cumplimiento de las condiciones del contrato de la opción y se presta como garante de las acciones subsecuentes a su ejercicio o la falta de éste, debido a que normalmente se trata de relaciones entre clientes del propio banco, lo cual de alguna forma justifica la existencia de conglomerados, sea cual sea su forma, para evitar disputas entre ellos, puesto que afectarían a la propia causa común por así decirlo. Por medio del presente trabajo se pretende en general tener una triple contribución, dentro del área. Primero, se provee una somera introducción a los *modelos* de valuación más tradicionales y se presentan sus mayores limitaciones. Explicamos como la aplicación del

análisis de valuación de *opciones reales* puede superar en algún grado las limitaciones que presentan los modelos estándar básicos de valuación.

Segundo, se examinan los distintos campos de la literatura que han generado modelos basados en la teoría de *opciones reales* al análisis de diversos problemas concernientes a las *patentes*. Se identifican cuatro marcos de referencia dentro del área de opciones reales, que los académicos han generado como modelos de valuación de opciones para la valuación de la administración de los activos patentes.

Se han resumido los modelos analizados de la manera siguiente: (1) modelos que estudian patentes como tomando como base una primera inversión inicial pasando después a una segunda o secuencial y se valúan éstas por medio del modelo de opciones y de opciones compuestas; (2) modelos que estudian las patentes como *opciones reales* múltiples y las valúan como portafolios de activos tanto tangibles como intangibles; (3) *modelos* que usan procesos estocásticos complejos para enfrentar las diferentes fuentes de incertidumbre; (4) modelos que combinan la valuación de opciones y la aplicación de la teoría de juegos para analizar el efecto de la competencia y el litigio sobre el valor de la *patente* y sus decisiones relevantes.

Tercero, se presenta una breve descripción de éstos modelos y se hace una revisión de referencias que contribuyen a enriquecer la literatura existente en cada área, y se incluye un modelo ajeno con comentarios propios, e igualmente los comentarios relativos a la aplicabilidad temporal.

**Modelo de:**

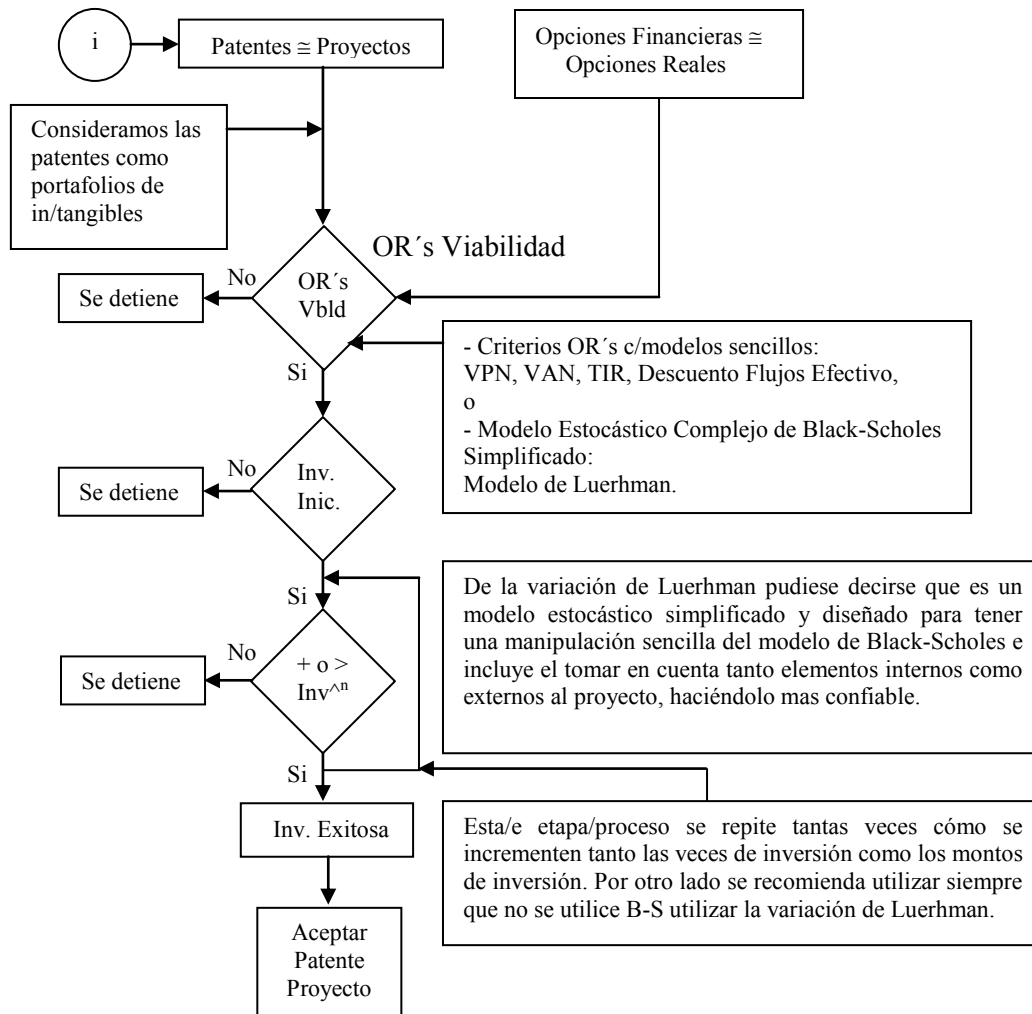
**Aproximación      Incertidumbre      Reglas de decisión      Valuación**  
**Modelado de la opción financiera: sofisticación, elegancia, precisión**

<b>Tiempo continuo</b>	<b>Portafolio de simulación de seguimiento</b>	<b>Regla de control de optimización directa</b>	<b><u>Precio a riesgo constante</u></b> - El mercado define el precio del riesgo para la operación - Riesgo definido por la persona que decide (“decisor”) para las incertidumbres específicas de cada caso
- En capas binomiales - Diferencias finitas	Estimación de valor de simulación de factores exógenos inciertos	- Recursiva - Dinámica de programación	<b>Precio a riesgo constante</b> - El “decisor” define el precio del riesgo, o sea da el margen en dinero que ha de cubrir el riesgo. - Riesgo = Desviación estándar de los retornos del activo suyacente
- Simulación	Simulación de la evolución del valor del activo representativo	Ejercicio de parametrización de frontera	<b>Descuento constante</b>
		<b>Definido de manera exógena por medio de reglas de decisión arbitrarias</b>	

**Modelado de la opción financiera: facilidad de aplicación, intuición, versatilidad.**

**Figura 1: Colocación de la metodología propuesta para la evaluación de opciones, de acuerdo a varios criterios. Kalligeros, De K., de Neufville, R., (2006).**

**Fig. 2: Planteamiento general de las relaciones y la lógica del proceso del presente trabajo, Gráfica propia.**





## CAPÍTULO 2

### ALCANCES Y LIMITACIONES DE LOS MODELOS TRADICIONALES DE VALUACIÓN

Una *patente* es el derecho pero no la obligación, de hacerse del uso exclusivo de una invención, ya sea propia o de un tercero, a un costo predeterminado, por un periodo de tiempo dado o sea el plazo de vigencia o vida de una patente.

Además en años recientes practicantes y académicos argumentan que los modelos tradicionales de *descuento de flujo de efectivo* de valuación de activos, no son adecuados para capturar el valor de las opciones existentes embebidas o incrustadas dentro de muchas de las acciones o proyectos, incluyendo las acciones dirigidas a patentar dentro de las corporaciones. Se ha notado que éstas opciones no solamente deben de ser consideradas de manera explícita y valoradas, sino que el valor en sí de dichas opciones pudiese ser en algunos casos substancial.

De hecho muchas inversiones y adquisiciones que de otra manera no pudiesen ser justificadas pudiesen ser justificadas bajo la óptica de tomar en cuenta la opciones incluidas dentro de las mismas. Y lo que se pretende en parte es justificar el mérito de dicho argumento.

Se van a desarrollar una serie de ejemplos aplicados para así poder tener los argumentos a favor de la posibilidad de aplicar las opciones que generalmente ocurren en el desarrollo de las acciones incluidas en muchos proyectos incluyendo las patentes, tomándose en cuenta las condiciones que se deberán de cumplir para que dichas acciones se hagan de valor. En la misma línea se trata de abarcar aquellos, donde se trata de valorar opciones y tomar en cuenta su efecto sobre las decisiones de valuación, financiamiento e inversión. Partimos por fuerza del planteamiento del título del punto de vista de las finanzas en las cuales el *modelo* de descuentos de flujos de efectivo el cual normalmente es el marco modelo básico de cual parten la gran mayoría de los análisis.

En el análisis de inversiones, por ejemplo, el punto de vista convencional es que el *valor presente neto* del proyecto es la medida de valor que el proyecto ha de añadir a la firma que lo tome. Entonces, al invertir en el proyecto de valor presente neto positivo (negativo) se incrementará (disminuirá).

En las decisiones de estructura de capital, la mezcla de financiamiento que minimiza el costo de capital sin limitar los flujos de efectivo operativos, incrementa el valor de la firma y desde ese punto de vista se considera cómo la mezcla óptima. En valuación, el valor de una firma es el valor presente neto de los flujos de efectivo que provienen de los activos de la firma.

En años recientes, éste marco de trabajo ha estado en observación por fallar en tomar en cuenta las opciones que se encuentran en cada una de éstas acciones. Por ejemplo el valor presente positivo de un proyecto no toma en cuenta de las opciones a retrasar, extender o abandonar el proyecto. De manera tal que el tomar estas opciones, reales, que han de incluirse en el análisis por dichas *opciones reales* y se les trata de asignar algún tipo de valor a las mismas.

Cuando se compara entre inversiones, la aproximación tradicional de seleccionar el *modelo* con el valor de retorno o *valor presente neto* puede desechar las inversiones que ofrecen a la firma la mayor flexibilidad en operaciones e inversiones.

Un modelo de financiamiento que se enfoca en minimizar el costo actual de capital en general no toma en cuenta el valor de la flexibilidad financiera que proviene de tener una capacidad en exceso de endeudamiento, por que no observa las posibilidades que se abren a la eventualidad de inversiones que pueden cruzarse en nuestro camino.

De la misma forma, las firmas que retienen los dividendos en efectivo de sus tenedores de acciones y acumulan grandes balances de efectivo pudiesen estar guiadas por el deseo de tener o alcanzar una posición de flexibilidad financiera. El valor de la participación, obtenido a partir del modelo de valuación de flujos de efectivo descontado, no mide la opción de controlar, y si es necesario el liquidar la firma o al menos la participación que poseen los inversionistas, e ignora otras opciones que la firma posee, incluyendo licencias, *patentes* y derechos a recursos naturales.

En la valuación de adquisiciones las opciones estratégicas que se pueden abrir por la obtención por parte de la firma, como resultado de la transacción, generalmente no son consideradas dentro de dicha valuación. A la luz de éstas opciones que parecen estar en todos lados, existen ciertos teóricos y muchos practicantes que creen que éstas opciones debiesen de ser consideradas cuando se analizan las decisiones corporativas. No existe una opinión única entre éste grupo acerca de qué es lo que quisieran que se hiciese.

A algunos de los mejores gerentes y consultores les gustaría utilizar las *opciones reales* como una herramienta retórica para justificar una decisión de inversión, de financiamiento o de adquisición; sienten que mientras que existen opciones incrustadas dentro de la mayoría de las decisiones, no las pueden evaluar con precisión alguna. Existen otros que argumentan que debiese de ser posible al menos tratar de estimar el valor de éstas opciones e integrarlas a los procesos de decisión. Exploraremos la existencia de opciones en decisiones de negocios y encontrar que se encuentran en muchos lugares. También se plantean las condiciones que deberán de llenarse para que no sólo exista, sino que tengan un valor significativo.

Finalmente, se examinarán las mejores formas de obtener la información requerida para valorar éstas opciones e incorporarlas dentro del proceso y gestión de decisiones, y por ello llegamos a la conclusión de que ello es lo adecuado y que debe de hacerse, al menos para saber que se está decidiendo el no ejercer la acción o acciones, pero eventualmente estar preparados, con fondos propios; que son los más baratos, para llevarla o llevarlas a cabo.

Ésta será una breve introducción a las opciones, los determinantes del valor de una opción y la información mínima para poder valorar una opción. Debido a la naturaleza de éste trabajo no podremos aplicarnos en detalle en el lado técnico de la valuación de opciones, a pesar de que presentamos algunos de los problemas principales y más frecuentes que aparecen cuando se están valuando *opciones reales*, aunque ciertamente limitando nuestra óptica al problema en cuestión.

Podríamos decir que las *opciones reales* generan oportunidades a partir del riesgo. Y que aparecen a partir de la habilidad de los agentes económicos para ajustar su comportamiento de manera tal que maximicen los valores de sus activos o contratos.

Frecuentemente se presentan ejemplos en el derecho de hacer, expandir, contraer, diferir o cancelar una inversión o contrato. Se valúan las opciones reales por medio de la consideración del activo o contrato con o sin la habilidad de ajustarse a las condiciones cambiantes. En algunos casos se puede utilizar la *ecuación de Black-Scholes* para valorar de manera directa la opción.

En general las opciones reales incrementan su valor en la medida que la incertidumbre futura se incrementa, pueden ser de propiedad única o compartida, simples o compuestas y eventualmente reestructurables o no reestructurables.

Las *opciones reales* tienen valor intrínseco, por ejemplo: muchas valuaciones de corporaciones no pueden ser explicadas sin la presencia de sus procesos de decisión y capital humano dentro de las cuales se encuentran dichas opciones reales.

### ¿QUÉ ES UNA OPCIÓN REAL?

El origen del término “*opción real*” deriva de las opciones financieras. Por ejemplo el derecho a comprar una casa a un precio fijo dado por un periodo fijo de tiempo se denomina una *opción de compra o “call”*, con la diferencia que el *activo subyacente* en lugar de ser un activo financiero se trata de un activo real. Los agentes financieros y economistas descubrieron que muchos de los procesos de negocios requieren de opciones y que las matemáticas financieras se pueden utilizar para valorar a dichas opciones. Algunos de los ejemplos más frecuentes incluyen:

- El derecho a llevar a cabo una inversión, tal cómo sería construir una planta de plásticos en China;
- El derecho a expandir o contraer una inversión basándonos en cambios dentro de los mercados en los que pretendemos colocar nuestros productos, y eventualmente cambios de ingeniería tales cómo la flexibilidad del diseño de las plantas de producción química, que dichos cambios se pueden acomodar o ajustar a cambios en los volúmenes de producción con cambios menores o cambios mayores cuando se debe de cambiar los procesos para obtener diferentes productos finales;
- El derecho a invertir, tal cómo el derecho a esperar por condiciones mejores de los mercados para desarrollar una propiedad o una planta de proceso productivo.
- El derecho a acelerar una inversión;
- El derecho a cancelar un contrato;
- El derecho a producir o no, un producto, tal como el derecho de una refinería o planta eléctrica a producir ya sea combustibles, productos o energía;
- El derecho al como tomar una inversión, tal como la producción de metales preciosos o diamantes, de acuerdo a políticas de protección de precios dentro del mercado.

Las palabras opción y optimizar comparten la misma raíz que es “opt”, la cual significa “el elegir”. Por lo tanto el valor de la *opción real* se puede pensar como el valor del derecho a ejercer una elección, cuando se le compara con la misma situación sin la existencia de dicho derecho. A partir de ello podemos plantear la siguiente relación matemática inicial:

$$\text{Valor de la } \textit{opción real} = \text{Valor de la estrategia con derecho de decisión} - \text{Valor de la estrategia sin derechos de decisión}$$

Consecuentemente en algunos casos se puede obtener el valor de la opción de manera directa. (**Opciones reales, C2010**).

### PROPIEDADES DE LAS OPCIONES REALES

En muchas situaciones al incrementarse el riesgo produce una reducción en el valor del proyecto. Lo cual es particularmente cierto cuando una compañía tiene capital limitado y el incremento de los riesgos coloca a la compañía en condiciones aún más precarias.

Las opciones reales tienen un efecto contrario. De igual manera que las opciones financieras, incrementan su valor a medida que existe mayor incertidumbre en valor del *activo subyacente*. Generalmente incrementan su valor a medida que aumenta el lapso de tiempo que cubren, debido a la posibilidad de abarcar una protección a lo largo de un periodo de varianza extendida, e incrementan su valor en la medida en la que disminuye el costo de ejercicio.

Las opciones reales también tienden a mitigar el riesgo del proyecto, debido a que el dueño del proyecto tiene el derecho a modificar en cualquier punto el curso del proyecto. Ésta habilidad o posibilidad puede ayudar a evitar los peores escenarios para el proyecto, proveyendo de alguna forma algún tipo de protección operacional contra el riesgo.

## VALOR PRESENTE NETO Y LAS OPCIONES REALES

Muchas compañías cometen errores evitables basando sus decisiones de acuerdo a criterios basados en el *valor presente neto*. Por ejemplo de acuerdo a varios libros de texto una firma de manufactura deberá de poner al día, mejorar, sus procesos productivos si el valor presente de los beneficios excede el valor presente de los costos, lo cual no es necesariamente correcto. Si por ejemplo existen series de innovaciones pequeñas a lo largo de un periodo corto de tiempo, puede darse el caso de que la administración decidiese hacer varias mejoras al proceso, si se renueva el proceso en varios puntos, es altamente probable que cuando se disponga de una mejora sustancial, ya no se tenga dinero para acceder a ella, y acceder a valores fuertemente incrementados del producto final, habiéndose perdido la posibilidad de acceder directamente a la mejor renovación posible. En esos casos es muy importante la capacidad técnica para discernir cuales son los realmente de peso tecnológico y eventualmente relevantes, aunque normalmente los cambios de paradigma requieren tanto de inversiones como de colocación de recursos tanto intelectuales como físicos específicos.

Es por ello que la regla del valor presente neto ha de tener en cuenta el valor de la opción a esperar si la finalidad última es renovar. La regla del valor presente neto se puede ajustar para incluir la opción perdida como un costo o por medio de solicitar o requerir el valor presente neto de los beneficios a exceder un múltiplo predeterminado del valor presente de los costos. Éste problema fue analizado de manera rigurosa por **McDonald y Siegel (1986)**.

### OPCIONES REALES AVANZADAS

Las opciones discutidas hasta éste momento se puede decir que pueden depender solamente de un solo agente económico. Pero en algunos casos las *opciones reales* dependen de varios actores, introduciendo de algún modo elementos de la teoría de juegos dentro de su valuación. Por ejemplo, la opción a acceder a un nuevo mercado puede ser compartida por nuestros propios competidores, aunque no nos guste, y consecuentemente el valor de la opción ha de depender de la estrategia de nuestro competidor. E igualmente algunas opciones son de naturaleza compuesta más que sencillas; y en dichos casos, tal como en las *patentes*, al ejercerse una opción, es el único camino para tener acceso a la siguiente opción, lo cual añade capas de complejidad analítica pero la intuición y el modelo financiero permanecen constantes.

### HAY QUE HACER QUE ELLO SUCEDA

Los factores en general a tener en cuenta para saber si existe una *opción real* son los siguientes:

- Identifique un aspecto del negocio donde los gerentes respondan de manera diferente a diferentes condiciones de mercado. Ello puede ser evidencia de la existencia de una opción/ones real/es.
- Valúe la opción considerando el cómo la compañía se comporta con y sin la situación que genera la flexibilidad.
- Evalúe los incrementos en costo/beneficio del incremento o reducción de la flexibilidad usando el mismo marco.
- Aplique ésta metodología a otras situaciones corporativas y a la valuación de adquisiciones y de reducciones o eliminación de procesos considerados como desinversiones.

Por tanto revisaremos las aplicaciones de las opciones en tres partes. La primera incluye las opciones embebidas dentro de las inversiones en proyectos, incluyendo las opciones a extender, retrasar e inclusive abandonar el proyecto.

Dentro de dicha sección se ha de discutir las opciones estratégicas, el valor de la investigación y el desarrollo y las reservas de recursos naturales. En la segunda parte se analizan las opciones en la valuación de la firma. En particular, revisamos la opción de liquidación que poseen los inversionistas, y qué tanto valor crea o tiene en realidad, especialmente en el contexto de las

firmas riesgosas altamente apalancadas. La tercera parte considera las opciones dentro de las decisiones financieras.

Tomamos en cuenta el valor de la flexibilidad como una posibilidad analizada desde el punto de vista de las opciones y el uso de opciones en el diseño de instrumentos de inversión para reducir el costo del financiamiento y eventualmente disminuir el riesgo por falta de pago o default.

## 2.1 BASES PARA LA VALUACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES

Una opción provee al tenedor de la misma con el derecho de vender o comprar una cantidad determinada de un llamado *activo subyacente* a un precio dado fijo, ya sea preestablecido por negociación o impuesto por una tercera parte, llamado *precio de ejercicio* (o *strike price*) antes de o a hasta la fecha límite de ejercicio de la opción.

A partir de que es un derecho (obtenido por un pago por un acuerdo de valor cero al ser emitido) y no una obligación, el tenedor del mismo puede a su completo albedrío el ejercer o no su derecho y eventualmente permitir expirar su derecho a ejercer la misma. Existen dos tipos de opciones básicas, opciones de compra o *“calls”* y opciones de venta o *“puts”*.

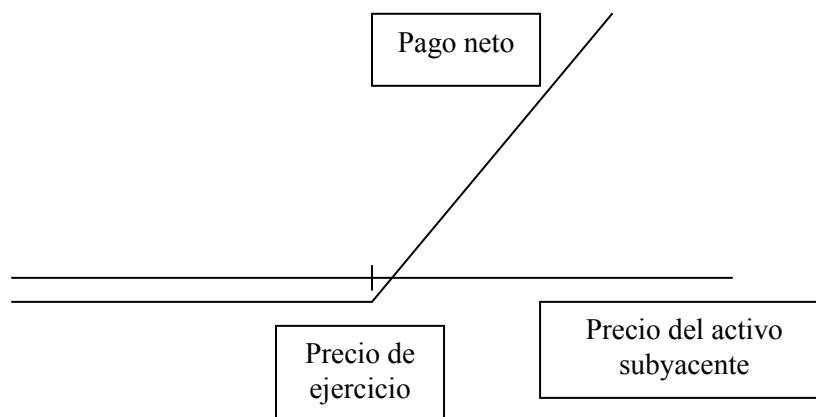
## 2.2 OPCIONES DE COMPRA (“CALLS”) Y VENTA (“PUTS”) DIAGRAMAS DE DESCRIPCIÓN Y PAGOS

Una opción call le otorga al comprador de la misma el derecho de comprar el activo subyacente a un precio fijo denominado precio de ejercicio (o *“strike price”*), en cualquier tiempo anterior a la *fecha de expiración* o *límite de ejercicio*: el comprador por éste hecho ha pagado un precio por la posibilidad de ejercer éste derecho. Si al expirar el plazo, el valor del activo es menor que el precio de ejercicio, la opción no se ejerce y al expirar no tiene valor.

Sí por otro lado el valor del activo vale más que el precio de ejercicio, se ejerce la opción - o sea el comprador de la opción compra el activo subyacente al precio de ejercicio y la diferencia entre el precio de ejercicio y el valor del activo subyacente comprende la ganancia bruta pagada por la opción de compra o *“call”* pagada inicialmente. El diagrama de pago de la Figura 1 nos ilustra el pago de una opción *“call”* al expirar.

Para una opción de compra (call) el pago neto es negativo e igual al pago hecho por el *“call”*, sí el valor del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio. Si el precio del activo subyacente excede el precio de ejercicio, el pago bruto es la diferencia entre el pago del valor actual de mercado y el precio pagado por la opción de compra o *“call”*, lo cual se ilustra en la figura 3.

**Figura 3: Pago de una opción de compra (call). Adaptada de Hull, J.C., (1997).**

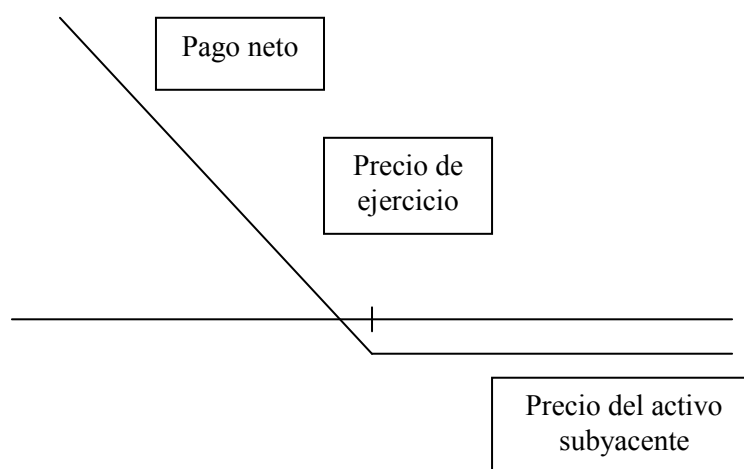


Una opción de compra o *“put”* otorga al comprador de la opción el derecho de vender el activo subyacente a un precio fijo, dentro de una opción de tipo ya sea americana, llamado igualmente precio de ejercicio o *“strike”* a cualquier tiempo anterior a la fecha de expiración de la opción.

En el caso de ser europea, deberá de ser ejercida solamente en la fecha y en la hora de expiración especificadas dentro del contrato. El comprador de la opción paga un precio por éste derecho. Sí el precio del *activo subyacente* es mayor que el precio de ejercicio, no se ejercerá la opción y expirará sin valor. Si por otro lado, el precio del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio; el poseedor de la opción de venta ejercerá la opción y venderá la opción al precio de ejercicio, quedándose con la diferencia entre el precio de ejercicio y valor de mercado del activo como ganancia bruta.

Nuevamente al cerrarse el costo inicial pagado por la opción de compra genera la ganancia neta de la transacción. Un “put” tiene una ganancia negativa si el valor del activo subyacente excede el valor de ejercicio, y tiene una ganancia igual a la diferencia entre el precio de ejercicio y el valor del activo subyacente. Lo cual se resume en la figura siguiente.

**Figura 4: Pago de una opción de venta (put), Adaptada de Hull, J.C., (1997).**



### 2.3 DETERMINANTES DEL VALOR DE LA OPCIÓN

El valor de una opción está determinado por una serie de variables relacionadas con el activo subyacente y los mercados financieros.

1. **Valor actual del activo subyacente:** las opciones son activos que derivan su valor del valor de un activo subyacente. Consecuentemente, los cambios en el activo subyacente afectan el valor de la opción u opciones sobre ese activo.

Desde que las opciones de compra (calls) proveen de derecho de comprar el activo subyacente a un precio fijo, un incremento del valor del activo subyacente aumentará el valor de las opciones de compra (calls). Los puts por otro lado se vuelven menos valiosos mientras el valor del activo subyacente se vuelve más valioso.

2. **Variaciones del valor del activo subyacente:** el comprador de una opción adquiere el derecho de comprar o vender el activo subyacente a un precio fijo. Mientras mayor sea la variación del valor del activo subyacente, mayor será el valor de la opción, y esto es cierto tanto para calls, como para puts.

Mientras que parece ir contra la intuición, un incremento en el valor medido del riesgo (varianza) deberá de incrementar el valor, las opciones son diferentes de otros instrumentos de inversión por que los tenedores de una opción no pueden perder más de lo que han invertido en la tenencia del instrumento: de hecho, tienen el potencial de obtener ganancias significativas a partir de grandes movimientos en el precio, aunque por otro lado la tenencia de dicho derecho está limitado al tiempo de vigencia delimitado por el lapso de vida o lapso a la expiración del instrumento y a la zona dentro de la cual el instrumento es válido para ser cobrado, si es un call es el valor mínimo del mismo, sí es un put será lo inverso, sí el

instrumento sale de dichos valores mínimos/máximos prefijados se dice que el instrumento se ha invalidado, contrariamente mientras no ha salido de dichos valores existen zonas dentro de las cuales no conviene el ejercerlo, las cuales se definen como *fuera-del-dinero*, si el valor del *activo subyacente* aumenta/diminuye, en el caso del *call/put* a lo cual normalmente hay que agregar el valor mínimo que ha de ser ganado mediante los movimientos del valor del activo subyacente para que sea conveniente el movimiento, una vez que se ha llegado a dichos valores se dice que se está *en-el-dinero*, que es la zona en la cual es conveniente ejercer el instrumento, aunque existen condiciones en las cuales se está fuera-del-dinero pero es conveniente hacerse de la posesión física del activo subyacente y en dicho caso se dice que “se ejerce (forzosamente) la opción”.

Todas éstas condiciones imperan sobre la tabla próxima siguiente.

- 3. Dividendos pagados sobre el activo subyacente:** el valor del activo subyacente puede esperarse que disminuya si existe algún pago de dividendos durante la vida de la opción. Consecuentemente, el valor de una opción de compra sobre el activo subyacente es una función decreciente del tamaño esperado del pago de dividendos.

Una forma más intuitiva de pensar acerca del pago de dividendos, para opciones de compra, es el tomarlas como el costo de retrasar el ejercicio sobre opciones en-el-dinero. Para darnos cuenta del por que, consideremos una opción sobre una acción vendida.

Una vez que la opción se encuentra en-el-dinero, consecuentemente el tenedor de la opción tendrá una ganancia neta ejerciendo la opción, y el ejercicio completo de los derechos de la opción ha de dar la posibilidad de obtener la tenencia en éste caso de la acción, y obteniendo subsecuentemente el pago de dividendos sobre las ganancias obtenidas a partir de la tenencia de la acción en los periodos subsecuentes. El no ejercer la opción significa que no se han de obtener dichos ingresos.

- 4. Precio de ejercicio de la opción:** Una característica utilizada para describir una opción es el precio de ejercicio de la opción. En el caso de los calls, donde el comprador adquiere el derecho de comprar a un precio fijo, el valor de la opción call disminuirá en tanto el precio de ejercicio aumente. En el caso de los puts, donde el tenedor tiene el derecho de vender a un precio fijo, el valor ha de incrementarse en tanto el precio de ejercicio se incrementa.
- 5. Tiempo a la expiración de la opción:** En ambos casos los calls y los puts se vuelven más valiosos mientras el tiempo de expiración se hace más largo. Esto se debe a que si se da un lapso más largo para el ejercicio del instrumento existe una mayor posibilidad de que cualquiera de los movimientos, incremente tanto la volatilidad, como el valor de cualquiera de las opciones.

Adicionalmente en el caso del call, donde el vendedor tiene que pagar un precio dado al expirar la opción, el valor presente del precio fijo decrece en tanto el tiempo a la fecha de ejercicio se acerca, por otro lado si el valor de la opción aumenta, se incrementa el valor de la opción.

- 6. Las tasas de interés sin riesgo (base) correspondientes al tiempo de vida de la opción:** desde que el comprador de la opción paga ésta por adelantado, se encuentra dentro del marco de un costo de oportunidad. Éste costo dependerá del nivel de las tasas de interés y del tiempo de expiración de la opción.

La tasa de interés base entra en la valoración de las opciones cuando el valor presente del precio se calcula, desde que el *precio de ejercicio* no ha de ser pagado; sino hasta en el caso de las opciones de compra (venta), los calls (puts) eventualmente sean ejercidas. Por tanto un incremento en las tasas de interés incrementará el valor de las opciones de compra y reducirá el valor de las opciones de venta. La tabla de la página siguiente resume las variables y sus efectos predecibles sobre ambas opciones, ya sean calls o puts.

## OPCIONES AMERICANAS VS. EUROPEAS: VARIABLES RELACIONADAS CON EL EJERCICIO TEMPRANO

Una distinción inicial mínima, aunque central al momento de valuarlas, entre las opciones americanas y europeas es que las primeras opciones pueden ser ejercidas a cualquier tiempo anterior al tiempo de expiración, mientras que las opciones europeas solamente pueden ejercerse al momento de su expiración.

**Tabla 2.2: Resumen de las variables que afectan el valor de las opciones de compra/venta. (Call o Put), mientras estén activas las opciones. Adaptada de: Hull, J.C.,(1997).**

Variable	Efecto sobre	
Factor: Incremento en	Valor opción de compra "Call"	Valor opción de venta "Put"
El valor del activo subyacente	Incrementa	Disminuye
El precio del ejercicio	Disminuye	Incrementa
En variación activo subyacente	Incrementa	Incrementa
El tiempo de expiración	Incrementa	Incrementa
En tasas de interés	Incrementa	Disminuye
Los dividendos pagados	Disminuye	Incrementa

La posibilidad de un ejercicio temprano, o sea cualquier tiempo anterior a la fecha de expiración, las hace más valiosas a las opciones americanas que sus contrapartes europeas, e igualmente las hace más difíciles de valuar. Existe un factor de compensación que posibilita el valuar las primeras utilizando modelos diseñados para las últimas.

En la mayoría de los casos, el pago extra asociado con el resto de la vida de una opción y los costos de transacción hacen no óptimo el ejercicio en las fases tempranas. En otras palabras, los tenedores de opciones *en-el-dinero* generalmente obtendrán mucho más vendiendo la opción a alguien más que ejerciendo las opciones. Mientras que el ejercicio generalmente no es óptimo, existen al menos dos excepciones a ésta regla.

Una, es el caso en el que el activo subyacente paga grandes dividendos, consecuentemente reduciendo el valor del activo, y consecuentemente cualquier opción de compra sobre ese activo. En éste caso, las opciones de compra se pueden ejercer justo antes de la fecha de pago de los dividendos, si el sobrepago de tiempo sobre las opciones es menor que la disminución esperada del precio como consecuencia del pago de dividendos.

La otra excepción aparece cuando un inversionista mantiene en posesión el activo subyacente y puts profundamente *en-el-dinero* sobre el activo al tiempo en el que las tasas de interés están en valores altos. En éstos casos el sobre precio pagado por el *put* pudiese ser menor que la ganancia potencial obtenida del ejercer el put en fases tempranas y obteniendo el interés sobre el precio de ejercicio.

### 2.4 MODELOS DE VALUACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS

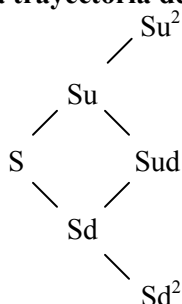
La teoría de valuación de opciones ha tenido grandes avances a partir de 1972 cuando **Black y Scholes** publicaron su artículo de avanzada que proveyó del modelo para valuación de opciones europeas protegidas-por-dividendos. Black y Scholes utilizaron un portafolios de replicación - un portafolios compuesto por el *activo subyacente* y el activo libre de riesgo que tienen los mismos flujos de efectivo que la opción que está siendo valuada – para llegar a su formulación formal final. Mientras que la derivación es de alguna manera matemáticamente complicada, existe un *modelo binomial* para valuar opciones que muestra la misma lógica, siendo éste mucho más sencillo.

#### 2.4.1 EL MODELO BINOMIAL



El *modelo binomial* de valuación de opciones está basado en una formulación simple para el proceso de valuación del activo, en el cual el activo, en cualquier periodo de tiempo, puede moverse a uno de dos posibles precios. La formulación general del proceso de valuación de la acción que proviene del árbol binomial se muestra en la figura siguiente.

**Figura 5: Formulación general de la trayectoria del precio en base binomial. Id. Ibid.**



En ésta figura, S (stock) es el precio actual de la acción; el precio se mueve hacia arriba ( $u = \text{up}$ , arriba) hasta  $S_u$  con probabilidad  $p$  y hacia abajo ( $d = \text{down}$ , abajo) con probabilidad  $(1-p)$  en cualquier periodo de tiempo, de las probabilidades viene el nombre de binomial.

### CREANDO UN PORTAFOLIOS DE REPLICACIÓN

El objetivo de crear un portafolios de replicación (o eventualmente un sintético) para utilizar una combinación libre de riesgo de pedir prestado/prestar (borrowing/lending) y el activo subyacente para crear los mismos flujos de efectivo que la opción que estamos valuando.

Los principios de arbitraje aplicados aquí, y el valor de la opción deberán de ser iguales al portafolios de replicación.

En el caso de la formulación general planteada anteriormente, donde los precios de la acción se pueden mover ya sea hacia arriba hacia  $S_u$  o hacia abajo hacia  $S_d$  en cualquier periodo de tiempo, el portafolios replicante para un call con precio de ejercicio  $K$  implicará el pedir prestado  $\$B$  y el adquirir un  $\Delta$  del *activo subyacente*, donde:

$$\Delta = \text{Número de unidades del activo subyacente comprado} = (C_u - C_d) / (S_u - S_d)$$

donde:

$C_u$  = valor del call si el valor de la acción es  $S_u$

$C_d$  = valor del call si el valor de la acción es  $S_d$

En un proceso binomial multiperiodo, la valoración deberá de proceder de manera iterativa: por ejemplo, empezando con el último periodo de tiempo y moviéndose hacia atrás en el tiempo hasta que se alcance el periodo de tiempo deseado ya sea de inicio o actual. El portafolios de replicación de la opción se crea a cada paso y son valuados igualmente en cada paso, proveyéndonos del valor de la acción para cada periodo de tiempo correspondiente.

El producto final del modelo binomial de valuación de opciones es una serie de valores para la opción en términos del portafolios de replicación compuesto por  $\Delta$  tenencias (opción delta) del activo subyacente y un esquema de pedir-prestado/prestar (borrowing/lending) sin riesgo.

<b>Valor del Call = Valor actual del activo * (Opción Delta) - Lo pedido prestado para replicar la opción</b> <b>subyacente</b>
--

### Un ejemplo de valuación binomial

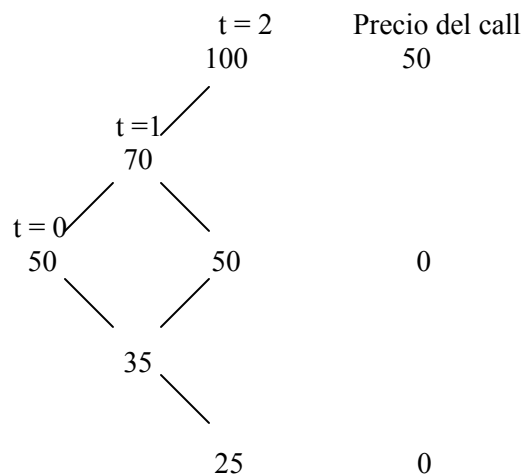
Asumamos que el objetivo es valorar un *call* con un precio de ejercicio de 50, el cual se espera que expire en dos periodos de tiempo, sobre un *activo subyacente* cuyo precio es de 50 y se espera que siga el *proceso binomial* siguiente: (mostrado en la página siguiente)

Ahora asumamos que la tasa de interés es del 11%, y en adición definimos:

$\Delta$  = No. de acciones en el portafolios de replicación

B = No. de dólares pedidos prestados en el portafolios de replicación

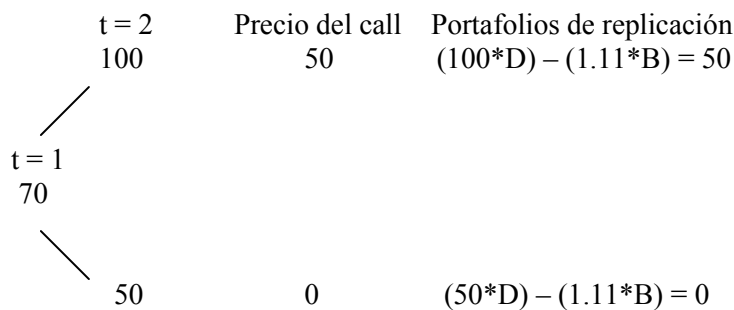
**Figura 6: Proceso binomial del Call. Adaptada de Hull, J.C., (1997)**



El objetivo es combinar  $\Delta$  de acciones y B dólares pedidos prestados para replicar los flujos de caja del call con un precio de ejercicio de \$50.00. Esto se puede hacer de manera iterativa, empezando con el último periodo y regresando hacia el principio del árbol binomial.

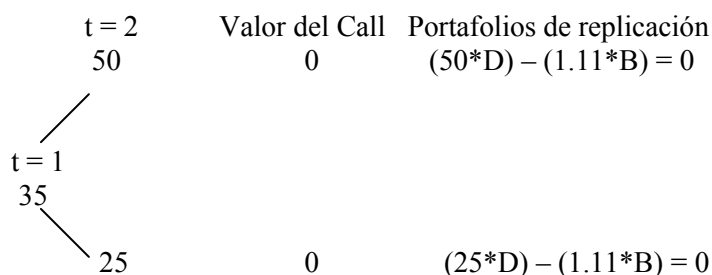
**Paso 1:** La solución se obtiene de la siguiente manera; comenzando en el nodo final, nos regresamos, en dirección del principio del árbol:

**Figura 7: Proceso binomial del Call y su solución. Adaptada de Hull, J.C., (1997)**



Resolviendo para D y B, obtenemos:  $D = 1$ ,  $B = 45.045$ . Por lo tanto la solución es comprar una acción y pedir prestados \$45.045 dólares. Entonces, si el precio de la acción es de \$70.00 en el tiempo  $t = 1$ , al pedir prestados \$45.00 dólares y comprando una acción nos darán los mismos flujos de efectivo que el comprar el call en el tiempo  $t = 1$ , si el precio de la acción es de \$70.00, por lo tanto: Valor del call = Valor del portafolios de replicación =  $70\Delta - B = 70 - 45 = 25$   
 Considerando la otra rama del árbol binomial en el tiempo  $t = 1$ ,

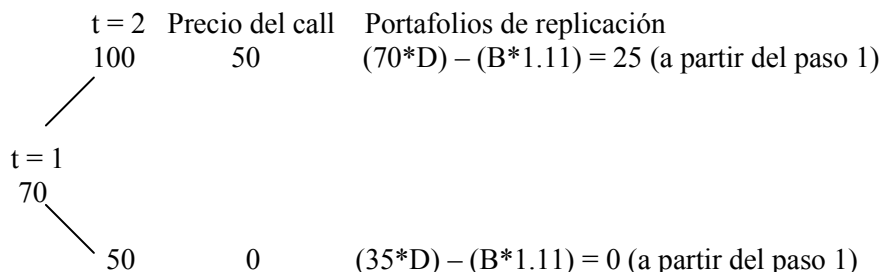
**Figura 8: Proceso binomial del Call (Cont., Solución). Adaptada de Hull, J.C., (1997)**



Resolviendo para D y B, obtenemos:  $D = 0$ ,  $B = 0$ . Entonces, si el precio de la acción es de \$35.00 dólares, entonces el valor del *call* es cero.

**Paso 2:** Moviéndonos hacia atrás en la rama hacia un tiempo anterior y creamos un portafolios de replicación que nos proveerá de los flujos que nos ha de proveer la acción.

**Figura 9: Proceso binomial del Call (Cont.), Adaptada de Hull, J.C., (1997).**



Resolviendo para D y B;  $D = 5/7$ ;  $B = 22.522$ ; por lo tanto tendremos que comprar  $5/7$  acciones y pedir prestados \$22.522. En otras palabras, comprando  $5/7$  de acción y pidiendo prestado \$22.52 dólares nos suministrarán el mismo flujo de efectivo que el de un call con un precio de ejercicio de \$50.00. El valor del call tiene que ser el mismo que el valor de esta posición.

Valor del call = Valor de la posición replicada =  $5/7 * \text{precio actual de acción} - 22.52 = 13.1922$

## LOS DETERMINANTES DEL VALOR

El modelo binomial nos provee de puntos de vista importantes que determinan el valor de la opción. El valor de una opción no está determinado por el valor esperado del *activo subyacente* sino por, su valor actual, el cual claro, refleja las expectativas acerca del futuro. Esto es una consecuencia directa del arbitraje.

Si el valor de la opción se desvía del valor del portafolios de replicación, los inversionistas pueden crear una posición de arbitraje, por ejemplo, aquellos que no requieren de inversión y entregan ganancias/dividendos positivos.

Para ilustrarlo, si el portafolios que representa a los costos del call: gana aún más de lo que el call lo hace en el mercado, el inversionista puede comprar la opción call y garantizarse la ganancia dada por la diferencia. Los flujos de efectivo en ambas posiciones se cubrirían una a la otra, llevando a una ausencia de flujos de efectivo en los periodos subsecuentes.

El valor de la opción también se incrementa al extender el lapso del tiempo que cubre, obviamente al aumentar el lapso cubierto aumenta la posibilidad de abarcar variaciones de precio más grandes, tanto hacia abajo cómo hacia arriba, e incluso si el lapso es muy largo eventualmente su valuación se verá afectada por las variaciones de la tasa de interés. (Cox, J. C., Ross, S., Rubinstein, M., E., 1979).

### 2.4.2 CONVENIENCIA DE LA ECUACIÓN DE BLACK-SCHOLES

Mientras que el *modelo binomial* nos provee un sentido intuitivo para la determinación del valor de una opción, ése método requiere de una tremenda cantidad de información por parte de los precios esperados a futuro en cada uno de los nodos. La *ecuación de Black-Scholes* no es una alternativa al modelo binomial, sino solamente un valor extremo del caso binomial, aunque por dicha circunstancia tiene la ventaja de proporcionarnos de una noción igualmente intuitiva de dichos valores límite.

El *modelo binomial* es un modelo de tiempo discreto para la determinación de movimientos de precios de activos. Mientras se reduce, la distribución limitante, mientras t se aproxima a cero, puede tomar una de dos posibles formas.

Si mientras  $t$  se aproxima a cero, los cambios de precio permanecen siendo grandes, la distribución limitante es la distribución de Poisson, por ejemplo en esta distribución permite tener saltos en el precio valor del precio. La *ecuación de Black-Scholes* se aplica cuando la distribución límite es la distribución normal, y asume de manera explícita que el proceso del precio es continuo y que no existen saltos en el precio del activo.

#### 2.4.2.1 LA ECUACIÓN (MODELO) DE BLACK-SCHOLES

La versión de la *ecuación de (modelo)* presentado por *Black y Scholes* fue inicialmente generado para valuar acciones europeas, las cuales no ofrecen pago de dividendos. Por lo tanto no existe la posibilidad de afectar éste modelo de valuación de opciones, ya sea por tener un ejercicio temprano o teniendo el pago de dividendos.

El valor de una opción call en la ecuación (el modelo) de Black-Scholes se puede escribir como una función de las siguientes variables:

$S$  = Valor actual del activo subyacente  
 $K$  = Precio de ejercicio de la opción  
 $t$  = Tiempo de vida hasta la expiración de la opción  
 $r$  = Tasa de interés sin riesgo correspondiente a la vida de la opción  
 $\sigma^2$  = Varianza en  $\ln$  (valor) del activo subyacente

La ecuación por si misma se puede escribir cómo:

$$\text{Valor del call} = S N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) t}{\sigma (t^{1/2})}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma (t^{1/2})$$

El proceso de valuación de opciones utilizando la ecuación de Black-Scholes requiere de los siguientes pasos:

**Paso 1:** Los datos de la ecuación de Black-Scholes se usan para estimar  $d_1$  y  $d_2$ .

**Paso 2:** Las funciones de distribución normal acumulativa,  $N(d_1)$  y  $N(d_2)$ , correspondientes a éstas variables normales estandarizadas se estiman.

**Paso 3:** El valor presente del precio de ejercicio se estima utilizando la versión de tiempo continuo de la formulación de tiempo presente:

$$\text{Valor presente del precio de ejercicio} = K e^{-rt}$$

**Paso 4:** El valor del call se estima a partir del modelo de Black-Scholes.

Los precios de las acciones no pueden caer bajo, el valor de cero, debido a que la responsabilidad en las firmas ofertadas de manera pública pudiese en lo general estar limitada al monto de la inversión colocada. Por lo tanto los precios de las acciones, por sí mismos no pueden estar distribuidos de manera normal, debido a que la distribución normal requiere de valores infinitamente negativos.

La distribución del tipo logarítmica natural de los precios de las acciones se asume cómo log-normal en la *ecuación de Black-Scholes*. Por ésta razón es que la varianza utilizada en éste *modelo* es la varianza del logaritmo de los precios de las acciones.

#### 2.4.2.2 EL PORTAFOLIOS DE REPLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BLACK-SCHOLES

Los determinantes del valor en la ecuación de Black-Scholes son los mismos que en el *modelo binomial* – el valor actual del precio de la acción y la tasa de interés sin riesgo, el principio de replicación de portafolios que se utiliza en la valoración binomial también es el mismo que se utiliza en el modelo de Black-Scholes.

De hecho el portafolios de replicación está incluido dentro del modelo de Black-Scholes.

$$\text{Valor del call} = \frac{S N(d_1)}{\text{Se compran } N(d_1) \text{ acciones}} - \frac{K e^{-rt} N(d_2)}{\text{Se pide prestado en éste monto}}$$

$N(d_1)$ , el cual es el número de acciones que se necesitan para crear la replicación del portafolios se denomina opción delta. Éste portafolios de replicación es autofinanciable y tiene el mismo valor que el call en cada estadio de la vida de la opción.

Las probabilidades  $N(d_1)$  y  $N(d_2)$ , incluidas en el modelo de valuación de opciones también se utilizan en el análisis. Ellas representan en términos aproximados: el rango de probabilidad de que la opción se encontrará *en-el-dinero* en el momento de expirar, por ejemplo: es la probabilidad de que  $S > K$ , desde que  $N(d_1)$  será siempre mayor que  $N(d_2)$ , el cual representa el límite superior del rango.

### 2.4.2.3 LIMITACIONES DEL MODELO Y PUNTOS FIJOS

La versión del modelo de Black-Scholes presentado anteriormente no toma en cuenta la posibilidad del ejercicio temprano o el pago de dividendos, los cuales impactan el valor de las opciones. Existen ajustes, los cuales si no son perfectos, proveen de correcciones parciales al valor.

#### 1. Dividendos

El pago de dividendos reduce el precio de la acción, consecuentemente las opciones call serán de menor valor y las opciones put de mayor valor mientras se incrementa el pago de dividendos.

Una aproximación para enfrentar el problema de los dividendos para estimar el valor presente de los dividendos pagados por el activo subyacente durante la vida de la opción y sustraerlos del valor actual del activo para usarlo como “S” en el modelo.

Desde que esto se vuelve impráctico, en tanto la vida de la opción se hace más larga, nos permite tener una aproximación alternativa. Si el dividendo producido ( $y = \text{dividendos/valor actual del activo}$ ) del activo subyacente se espera que permanezca inalterado durante la vida de la opción, se puede modificar el modelo de Black-Scholes para tener en cuenta la existencia de dividendos.

$$C = S e^{-yt} N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2),$$

Donde:

$$d_1 = \frac{[\ln(S/K) + (r - y + \sigma^2/2) t]}{[\sigma (t^{1/2})]}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma t^{1/2}$$

Desde un punto de vista intuitivo, los ajustes tienen dos efectos. Primero, el valor del activo es descontado de regreso al presente al dividendo producido para tomar en cuenta la caída esperada en valor a partir de pago de dividendos.

Segundo, la tasa de interés es sobrepasada por la producción de dividendos para reflejar la disminución del **costo de acarreo** (“**carrying cost**”) derivado de retener la acción (en el portafolios de replicación). El efecto neto será una reducción en el valor de los *calls*, con el ajuste, y el incremento en el valor de los *puts*.

## EJERCICIO TEMPRANO

La *ecuación de Black-Scholes* está diseñado para valorar opciones europeas, por ejemplo opciones que no pueden ser ejercidas sino hasta el final del periodo de ejercicio. Sin trabajar a través de la mecánica de los modelos de valuación, una opción americana deberá de tener al menos el valor de y generalmente más que una opción europea debido a la posibilidad abierta del ejercicio temprano.

Existen tres tipos de aproximación para enfrentar la posibilidad del ejercicio temprano. La primera es seguir utilizando un modelo de Black-Scholes, y con respecto al valor alcanzado en el piso de remates o un estimado conservador de su valor real.

La segunda aproximación es el valorar la opción a cada fecha potencial de ejercicio de la misma. Con opciones sobre las acciones, lo que se requiere básicamente es que se valúen las acciones a cada día de pago de dividendos y estimar el valor máximo del call. La tercera aproximación utiliza una versión modificada del *modelo binomial*, para considerar la posibilidad de un ejercicio temprano.

Mientras que es difícil el estimar cada uno de los precios de los nodos de un árbol binomial, existe una forma en la cuál se pueden estimar las varianzas a partir de datos históricos para calcular las variaciones tanto positivas como negativas dentro del modelo binomial. Para ilustrar, si  $\sigma^2$  es la varianza del  $\ln$ (de los precios de las acciones), los movimientos en el modelo binomial se pueden estimar de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} u &= \text{Exp} [(r - \sigma^2/2)(T/m) + (\sigma^2 T/m)^{(1/2)}] \\ d &= \text{Exp} [(r - \sigma^2/2)(T/m) - (\sigma^2 T/m)^{(1/2)}] \end{aligned}$$

donde:

**u** y **d** son los movimientos de subida y de bajada por unidad de tiempo para el modelo binomial, **T** es el lapso de la vida de la opción y **m** es el número de periodos dentro del lapso de vida de la opción. Multiplicando el precio de la acción en cada estado por **u** y **d** generará los precios tanto de subida como de bajada. Y esto puede ser utilizado para valorar el activo.

## 2. Impacto del ejercicio sobre el valor del activo subyacente

La derivación de la ecuación de Black-Scholes se basa en la suposición de que el ejercicio de la opción no afecta el valor del activo subyacente. Esto puede ser verdad en el caso de opciones enlistadas sobre acciones, pero pudiese no ser verdadero para algunos otros tipos específicos de opciones. Por ejemplo, el ejercicio de garantías (warrants) incrementa el número de acciones extraordinarias y trae efectivo fresco hacia la firma, y en ese caso ambos afectarán el valor de la acción.

El impacto negativo esperado (dilución) de ejercicio disminuirá el valor de las garantías comparadas con las otras veces llamadas, opciones call similares. El ajuste del precio de la acción por dilución en el modelo de Black-Scholes es bastante simple. El precio de la acción se ajusta para la dilución a partir del valor de ejercicio de las opciones. En el caso de las garantías (bonos garantizados o warrants), por ejemplo:

$$S_{\text{Ajustada por dilución}} = (S n_S + W n_W) / (n_S + n_W)$$

Donde:

**S** = Valor actual de la acción  
**n<sub>W</sub>** = Número de bonos garantizados extraordinarios  
**W** = Valor de mercado de bonos garantizados extraordinarios  
**n<sub>S</sub>** = Número de acciones extraordinarias

Cuando se ejercen los bonos garantizados, el número de acciones se verá incrementado, reduciendo el valor de la acción. El numerador refleja el valor general de mercado de la participación, incluyendo ambos las acciones y los bonos garantizados. Una reducción en  $S$  reducirá el valor de la opción *call*.

Existe un elemento de circularidad en éste análisis, por que desde que se requiere del valor del bono garantizado; se necesita estimar el valor ajustado por dilución de  $S$  para a su vez nuevamente obtener el valor estimado del bono garantizado.

Éste problema se puede resolver iniciando el proceso con un estimado del valor del bono garantizado (digamos; el precio de ejercicio, el cual es un valor fijo, conocido y cierto como valor extremo) y a partir de ese valor iterando el nuevo valor estimado del bono garantizado hasta que muestren convergencia.

## 2.5 VALORANDO LOS PUTS

Se puede derivar el valor del put a partir del call con el mismo valor de ejercicio y de la misma fecha de expiración a través de la relación de arbitraje que especifica el que:

$$C - P = S - K e^{-rt}$$

Donde:

$C$  es el valor del call y  $P$  es el valor del put (con el mismo precio y fecha de ejercicio).

Ésta relación de arbitraje se puede derivar de manera bastante sencilla y es llamada la paridad *put-call*. Para ver por que se da éste equilibrio, considérese crear el siguiente portafolios:

- Se vende un call y un put con precio de ejercicio  $K$  y con la misma fecha de ejercicio " $t$ ",
- Se compra la acción al precio de mercado  $S$

El pago neto de ésta posición no tiene riesgo y siempre produce  $K$  a la fecha de expiración o de ejercicio ( $t$ ). Para hacer esto evidente, supóngase que el precio en la fecha de ejercicio es  $S^*$ :

<i>Posición</i>	<i>Pagos al tiempo t si <math>S^* &gt; K</math></i>	<i>Pagos al tiempo t si <math>S^* &lt; K</math></i>
Se vende el call	$-(S^* - K)$	0
Compra de put	0	$K - S^*$
Compra de la acción	$S^*$	$S^*$
<b>Total</b>	<b>K</b>	<b>K</b>

Desde que la posición produce  $K$  de manera segura, su valor puede ser igual al valor presente de  $K$  a la tasa libre de riesgo ( $K e^{-rt}$ )

$$S + P - C = K e^{-rt}$$

$$C - P = S - K e^{-rt}$$

Ésta relación se puede utilizar para valuar los *puts*. Substituyendo la *formulación de Black-Scholes* para el valor de un *call* equivalente,

$$\text{Valor del put} = S e^{-yt} (N(d_1) - 1) - K e^{-rt} (N(d_2) - 1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{[\ln(S/K) + (r - y + \sigma^2/2)t]}{\sigma t^{(1/2)}} \\ d_2 = d_1 - \sigma t^{(1/2)}$$

Los bonos garantizados o warrants son opciones call emitidas por las firmas, ya sean como parte de los contratos de compensación o para elevar el monto de la participación.

## **AJUSTES SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE VALUACIÓN DE OPCIONES**

Los modelos de valuación de opciones descritas en el capítulo anterior se pueden utilizar para valorar un activo que presenta las características de una acción, con algunos ajustes. En secciones subsecuentes, aplicaremos la teoría de valuación de opciones en una serie de contextos diferentes aplicables a las patentes.

En muchos de los casos descritos, las opciones que se valúan no son sobre algún activo mercado o negociado (operado) en forma financiera formal dentro de un mercado establecido (tales como las acciones o los commodities) sino que son *opciones reales* (tales como aquellas ejercidas sobre proyectos o reservas de recursos naturales).

Empezamos mostrando algunos ejemplos de la aplicación de los *modelos* de valuación de opciones a éstos casos y sugiriendo algunos ajustes necesarios para mejorar dichos modelos.

1. **El activo subyacente no se negocia:** La teoría de valuación de opciones, cómo se presenta en ambos modelos tanto en el *binomial* como en el *Black-Scholes*, se construyen bajo la premisa de que se puede crear un portafolios de replicación utilizando el *activo subyacente* y prestando o pidiendo prestado a una tasa libre de riesgo.

Mientras que ésta es una suposición completamente justificable en el contexto de opciones enlistadas sobre acciones operadas (intercambiados en el piso de remates), se hace menos defendible cuando no se intercambia el activo subyacente, y por lo tanto no es posible el arbitraje. Cuando las opciones se valúan sobre activos que no son operados (intercambiados en el piso de remates), los valores de los modelos se tienen que interpretar de manera mucho muy cuidadosa.

2. **El precio del activo sigue un proceso continuo:** Cómo se ha notado anteriormente, la ecuación de valuación de Black-Scholes se deriva bajo la suposición de que el proceso del precio del activo subyacente es continuo (por ejemplo: no existen saltos en él).

Sí se viola ésta suposición, cómo es el caso con muchas opciones reales, el modelo subestimaré el valor de las opciones muy *dentro-del-dinero*. Una solución es el utilizar mayores valores estimados de la varianza para valores de opciones muy *fuera-del-dinero* y menores estimados de varianza para opciones dentro-del-dinero o *en-el-dinero*; otro es el uso de un modelo que permite los saltos del precio, a pesar de que los saltos en éstos modelos generalmente son difíciles de estimar.

3. **La varianza se conoce y es constante sobre toda la vida de la opción:** La suposición de que en los modelos de valuación la varianza sea conocida y no cambia sobre el lapso del tiempo de vida no es irrazonable cuando se aplica a opciones de tiempo corto de vida sobre acciones operadas.

Cuando se aplica la teoría de valuación de opciones a lapsos mayores de tiempo, sin embargo, surgen problemas con ésta suposición debido a que la varianza en general no permanecerá constante, por periodos extendidos de tiempo y puede de hecho ser difícil de estimar en primer lugar. Nuevamente existen versiones modificadas del modelo de valuación de opciones que permiten la variación de varianzas, pero ellos requieren que se haga de manera explícita la modelación de la variación.



4. **El ejercicio de las mismas es instantáneo:** los *modelos* de valuación de opciones se basan en la premisa de que el ejercicio de una opción es instantáneo, lo cual eventualmente puede no ser cierto.

Esta suposición pudiese ser difícil de justificar con *opciones reales*, sin embargo; el ejercer sobre ejemplos tales como construir una planta o la explotación de un yacimiento, de perforación, de petróleo, por ejemplo, son acciones que en general no ocurren dentro de un lapso considerado como instantáneo.

El hecho de que el ejercicio toma de cierto tiempo implica que la vida verdadera de una opción real es frecuentemente menor que su vida planteada. Entonces, mientras que una firma puede poseer los derechos de extracción de una reserva de petróleo para los siguientes diez años, el hecho es que si se lleva varios años el extraer el petróleo, ello o sea el procedimiento mismo de extracción reduce la vida de la opción que la firma posee sobre el recurso natural.

## 2.6 LAS DIFERENTES OPCIONES

### OPCIONES FINANCIERAS: LIMITADAS, BARRERA, COMPUESTAS Y ARCO IRIS

Hasta éste punto en nuestra discusión de la valuación de opciones, no hemos considerado opciones más complejas que frecuentemente aparecen dentro del análisis de las mismas. En ésta sección consideramos tres variantes sobre una opción sencilla o “plain vanilla”.

La primera es la opción barrera, donde el valor de la opción está limitado si el precio del activo subyacente excede un nivel preestablecido. La segunda es la opción compuesta, la cual es una opción sobre una opción. La tercera es la opción arco iris, la cual tiene fuentes múltiples de incertidumbre que afectan el valor de la opción.

#### 2.6.1 OPCIONES LIMITADAS Y BARRERA

Supongamos que tenemos una opción con un precio de ejercicio de \$25.00 USCy. sobre un activo. En una *opción de compra o call* irrestricta, el pago de ésta opción se incrementará mientras que el valor del activo subyacente se incremente por arriba de los \$25.00 USCy. Igualmente, sin embargo, si el precio alcanza los \$50.00 USCy., el pago estará limitado a \$25.00 USCy. entonces el diagrama de pagos sobre ésta opción será de la página siguiente.

A ésta opción se le llama opción limitada. Nótese, también que una vez que se ha alcanzado un precio de \$50.00 USCy., no existe más sobreprecio asociado con la opción y el que la opción sea ejercida. Los calls limitados son parte de una familia de opciones llamadas opciones de barrera, donde el pago sobre y la vida de una opción es una opción que depende ya sea el activo subyacente alcance un cierto nivel de valor durante un periodo específico de tiempo.

El valor de un call limitado será siempre menor que el valor del mismo sin un pago límite. Una aproximación simple de éste valor se puede obtener valuando el call dos veces, una con el valor de ejercicio dado, y una vez con el valor límite, y tomando la diferencia que se obtiene entre los dos valores. En el ejemplo anterior, entonces el valor del *call* con un precio de ejercicio de  $K_1$  y valor límite de  $K_2$ , se puede escribir como:

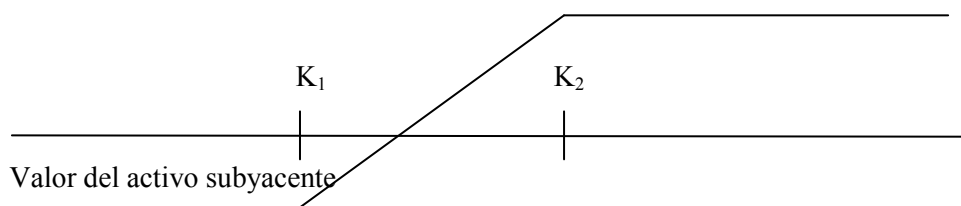
$$\text{Valor del call limitado} = \text{Valor del call en } (K =) K_1 - \text{el valor del call en } (K =) K_2$$

Las opciones de barrera pueden tomar muchas formas. En una opción knock-out, la opción cesa de existir si el valor de la misma alcanza un cierto precio. En el caso de una opción call, éste valor de knock-out usualmente se fija por debajo del valor de ejercicio, y ésta opción se denomina opción abajo-y-fuera.

En el caso de una *opción put*, el precio de knock-out se ha de fijar por arriba del precio de ejercicio y a ésta opción se le llama opción una opción arriba-y-fuera. Como la opción limitada, éstas opciones han de valer menos que sus contrapartes sin límites. Muchas *opciones reales*

tienen límites a su subida potencial y/o provisiones de knock-out, e ignorando éstos límites pudiese resultar en una sobreapreciación del valor de éstas opciones.

**Figura No. 10 Opción Limitada. Adaptada a partir de Hull, J.C., (1997)**



## 2.6.2 OPCIONES COMPUESTAS

Algunas opciones derivan su valor, no del valor del *activo subyacente* sino de otras opciones. A éstas opciones se les llama opciones compuestas. Las opciones compuestas pueden tomar cuatro formas – un call sobre un call, un put sobre un put, un call sobre un put y un put sobre un call.

**Geske (1979)** desarrollo la formulación analítica para la valuación de opciones compuestas reemplazando el valor de la distribución estándar usada en un modelo de opción simple con una distribución normal bivariada en el cálculo. En el contexto de las opciones reales, el proceso de la composición de la opción pudiese ser complicado.

Consideremos por ejemplo, la opción de extender el alcance de un proyecto que hemos de retomar en adelante. Mientras que hemos de valorar ésta opción utilizando un modelo simple de valuación, en realidad, pudiese considerarse que existen múltiples estados de expansión, en el cual cada estado representa una opción para el estado siguiente.

En éste caso, hemos de subvaluar la opción por considerarla como una opción sencilla más que una opción compleja. A pesar de ésta discusión, la valuación de opciones complejas se hace progresivamente cada vez más difícil mientras se añaden opciones a la cadena de opciones.

En éste evento en vez de arruinar la valuación sobre los límites de la estimación del error, pudiese ser mejor el aceptar un estimado conservador que nos provee éste estimado proveniente de un modelo de valuación simple cómo un piso (o valor mínimo) para el piso del valor de la opción.

## 2.6.3 OPCIONES ARCO IRIS

En una opción simple, la única fuente de incertidumbre es el precio del activo subyacente. Existen ciertas opciones que derivan su valor de dos o más fuentes de incertidumbre, y por esa causa se les llama opciones arco iris. Utilizando un modelo de valuación simple para valorar tales opciones nos pudiese llevar a estimados desviados de su valor.

Cómo un ejemplo, consideremos una reserva de petróleo por desarrollar como una opción, donde la firma que posee la reserva tiene el derecho de desarrollar dicha reserva. Aquí existen dos fuentes de incertidumbre.

La primera obviamente es el precio del petróleo, y la segunda es la cantidad de petróleo en dicha reserva. Para valorar esta reserva por desarrollar, podemos hacer uso de la suposición de simplificación de que sabemos la cantidad de dicha reserva con certidumbre. En realidad, la incertidumbre acerca de la cantidad afectará el valor de la opción y hará la decisión a ejercer aún más difícil.

## 2.7 OPCIONES EN EL ANÁLISIS DE INVERSIÓN/ PRESUPUESTACIÓN DE CAPITAL

En el análisis tradicional de inversiones, un proyecto o una nueva inversión debería de ser aceptada solamente si las tasas de retorno sobre el proyecto exceden la tasa umbral o de salto;

en el contexto de los flujos de efectivo y de tasas de descuento, esto se traduce en proyectos con **valores presentes netos** positivos.

La limitación con éste punto de vista, el cual analiza los proyectos en la base de los flujos de efectivo esperados y las tasas de descuento, y es que falla en considerar completamente una miríada de opciones que usualmente se asocian con muchas de las inversiones.

Aquí, analizaremos tres opciones que se encuentran comprometidas en la presupuestación de capital de proyectos. La primera es la opción a retrasar la inversión y consecuentemente retrasar la inversión en el proyecto, especialmente cuando la firma tiene los derechos exclusivos sobre el proyecto.

La segunda es la opción de extender la inversión y/o alcance de un proyecto para cubrir nuevos productos o mercados en algún tiempo en el futuro. La tercera es la opción a abandonar el proyecto si los flujos de efectivo no están de acuerdo a las expectativas.

## 2.8 OPCIÓN FINANCIERA A RETRASAR INVERSIÓN EN UN PROYECTO

Los proyectos se analizan a partir de los flujos de caja esperados y de las tasas de descuento esperadas en el momento del análisis; el **valor presente neto** del valor calculado en esa base es una medida de su valor y aceptabilidad en dicho tiempo. Los flujos de efectivo y las tasas de descuento cambian través del tiempo, y de la misma forma lo hace el valor presente neto.

Entonces un proyecto que tiene un valor presente neto negativo ahora pudiese tener un valor presente neto positivo en el futuro. En un medio ambiente competitivo, en el cual las firmas no tienen alguna ventaja especial sobre sus competidores en la adquisición de proyectos, esto pudiese no parecer algo significativo.

En un ambiente en el cual un proyecto solamente pudiese ser tomado por una firma (debido a restricciones legales u otras barreras a la entrada de competidores), sin embargo, los cambios en el valor del proyecto a través del tiempo le dan las características a una **opción call**.

En resumen, suponiendo que un proyecto requiere de un monto de inversión de **X**, y que el valor presente de los flujos de caja entrantes calculados al momento actual es **V**. El valor presente neto de este proyecto es la diferencia entre los dos:

$$NPV = V - X$$

Ahora asumamos que la firma tiene los derechos exclusivos sobre este proyecto para los siguientes **n** años, y que el valor presente de los flujos entrantes pudiesen cambiar en ese tiempo, debido a que los cambios en ambos ya sea en los flujos entrantes o en las tasas de descuento.

Entonces un proyecto, pudiese tener actualmente un **valor presente neto** negativo, pero a pesar de ello pudiese aún ser un buen proyecto si la firma que lo posee mantiene la posesión única y exclusiva del mismo. Definiendo **V** nuevamente como el valor presente de los flujos de efectivo, resumiendo la firma ha de decidir de acuerdo a las siguientes reglas:

Si  $V > X$  tomar el proyecto: el proyecto tiene un valor presente neto positivo

$V < X$  no tomar el proyecto: el proyecto tiene un valor presente neto negativo

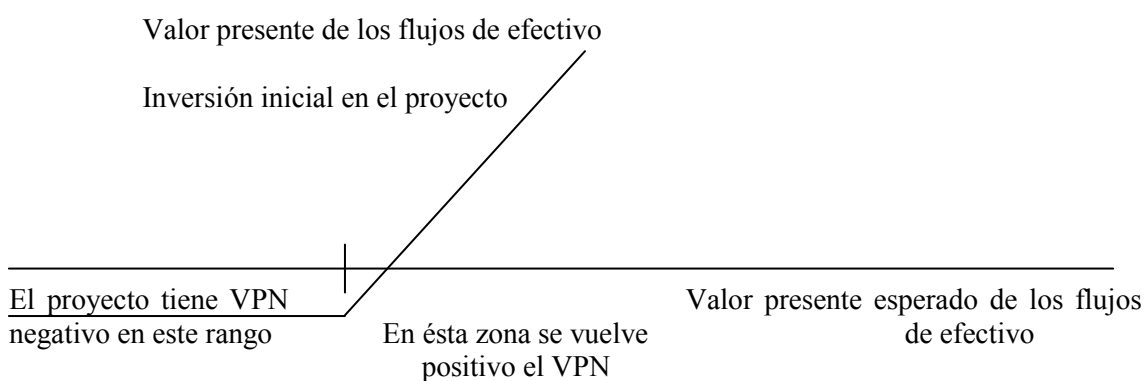
Si la firma no toma el proyecto, no incurre en flujos de efectivo adicionales, a pesar de que pudiese perder la cantidad original invertida en el proyecto. Ésta relación pudiese presentarse en un diagrama de flujos de efectivo sobre este proyecto, cómo se muestra en la figura de la página siguiente, suponiendo que la firma mantiene sus derechos hasta el final del periodo para el cual posee derechos exclusivos sobre el proyecto.

Nótese que ese diagrama de pagos es el de una *opción call* – el *activo subyacente* es el proyecto, el precio de ejercicio de la opción es la inversión requerida para tomar el proyecto; y la *vida de la opción* es el periodo para el cual la firma posee los derechos del proyecto. El valor presente neto de los flujos de efectivo sobre este proyecto y la varianza esperada en este valor presente representan el valor y la varianza del activo subyacente.

### 2.8.1 OBTENIENDO LOS PARÁMETROS PARA VALORAR LA OPCIÓN A RETRASAR LA INVERSIÓN

Aparentemente, los parámetros que se requieren para aplicar la teoría de valuación de opciones a valorar la opción a retrasar una inversión, son los mismos que se requieren para valorar cualquier opción.

**Figura 11: Diagrama de Pagos, mostrando variaciones en función del VPN. Id. Ibid. Hull.**



Requerimos del valor del activo subyacente, la varianza sobre dicho valor, el tiempo a la expiración de la opción, el precio de ejercicio, la tasa libre de riesgo y el equivalente del dividendo producido (costo de dicho retraso). En realidad la estimación de dichos parámetros para la valuación de productos patentables pudiese ser sin embargo difícil.

### VALUACIÓN DEL ACTIVO SUBYACENTE

En el caso de opciones sobre proyectos, el activo subyacente es el proyecto mismo. El valor actual de éste activo es el valor presente de los flujos de efectivo a partir de la iniciación del proyecto ahora, sin incluir la inversión inicial, lo cual se puede obtener haciendo un análisis de inversión de capital estándar. En general parece, sin embargo, que existe una cantidad substancial de ruido en los estimados de flujos de efectivo y del valor presente.

Más que ser visto como un problema, ésta incertidumbre pudiese ser vista como la razón por la cual el retraso en la inversión en un proyecto tiene valor. Si los valores esperados de flujos de efectivo sobre el proyecto fuesen conocidos con certidumbre, y no se esperase que cambien, no existiría necesidad de adoptar un marco de trabajo de valuación de opciones, a partir de que no tendría valor la opción.

### VARIANZA EN EL VALOR DEL ACTIVO

Como se señaló en la sección anterior, parece que existe una considerable cantidad de incertidumbre asociada con los estimados de los flujos de efectivo y del *valor presente neto* que mide el valor del activo en el momento actual.

Esto es en parte por que pudiese ser que se desconozca el tamaño potencial del mercado para el producto, y también en parte por que los cambios tecnológicos pudieran cambiar las estructuras de costos y las ganancias provenientes de la venta del producto.

La varianza en el valor presente de los flujos de efectivo provenientes del proyecto pudiesen estimarse en una de las siguientes tres formas:

1. Si se han lanzado proyectos al mercado anteriormente, la varianza en los flujos de efectivo pueden utilizarse como un estimado. Esto pudiere ser la forma en la que una compañía como Gillette pudiera estimar la varianza asociada con el lanzamiento de unas nuevas hojas de corte para sus nuevos rastrillos.

2. Se pueden asignar probabilidades a varios escenarios de mercado, se pueden estimar flujos para cada escenario y la varianza estimada entre los valores presentes.

De manera alterna las distribuciones de probabilidad se pueden estimar para cada uno de los parámetros para el análisis de mercado – el tamaño del mercado, la participación de mercado, y el margen de ganancia, por ejemplo – y las simulaciones utilizadas para estimar la varianza de los valores presentes que emergen. Esta aproximación tiende a trabajar mejor cuando solamente existen una o dos fuentes significativas de incertidumbre acerca de los futuros flujos de efectivo.

3. La varianza en el valor de las firmas dentro del mismo negocio (como el proyecto que está siendo considerado) se puede utilizar como un estimado para la varianza.

Entonces la varianza promedio en el valor de las firmas dentro del negocio de la programación (software) se puede utilizar como la varianza en el valor presente de un proyecto de software.

El valor de la opción depende primordialmente de la varianza de los flujos de efectivo –mientras mayor sea el valor de la varianza, mayor será el valor de la opción de retrasar la inversión en el proyecto. Entonces, el valor de una opción de hacer un proyecto dentro de un área de negocio estable será menor que el valor en un medio ambiente donde la tecnología, competencia y los mercados cambian de manera rápida.

### **PRECIO DE EJERCICIO SOBRE UNA OPCIÓN**

La opción a retrasar la inversión en un proyecto se ejerce cuando la firma que posee los derechos sobre un proyecto decide invertir en él y no lo completa o lo lleva al mercado. El costo de hacer ésta inversión es el precio de ejercicio de la opción.

La suposición subyacente es que este costo permanece constante (en valor presente en pesos o en dólares o en la moneda en la que se está cotizando el proyecto) y que cualquier incertidumbre asociada al producto se refleja en el valor presente de los flujos de efectivo provenientes del producto.

### **EXPIRACIÓN DE LA OPCIÓN Y LA TASA LIBRE DE RIESGO**

La opción a retrasar la inversión sobre un proyecto expira cuando los derechos sobre el proyecto se terminan; las inversiones hechas después de que expiran los derechos sobre el proyecto se asume que entregan un valor presente de cero mientras la competencia baja los retornos hasta los niveles requeridos. La tasa sin riesgo a utilizar en la valuación deberá de ser la tasa que corresponde a la expiración de la opción.

Mientras que éstos datos se pueden estimar fácilmente cuando las firmas tienen los derechos explícitos sobre un proyecto (por ejemplo a través de una licencia o una *patente*), se vuelve mucho más difícil de obtener cuando las firmas solamente tienen cierta ventaja competitiva para obtener un proyecto. Debido a que las ventajas competitivas se van desvaneciendo a través del tiempo, el número de años en los que una firma espera tener ventaja es la vida o término de la opción.

### **COSTO DEL RETRASO; PARA LA GENERACIÓN DE GANANCIAS**

Existe un costo al retrasar el tomar un proyecto, una vez que el valor neto de un proyecto se hace positivo. A partir de que expiran los derechos de un proyecto partiendo de un cierto periodo fijo y las ganancias en exceso (las cuales son la fuente de valor neto positivo) se supone

que desaparecen después de ese tiempo, mientras surgen nuevos competidores, cada año de retraso se convierte en un año menos de creación de flujos de efectivo.

Si a lo largo del tiempo los flujos de efectivo se distribuyen de manera igual o al menos pareja y la vida de la patente es de  $n$  años el costo del retraso se puede escribir cómo:

$$\text{Costo anual del retraso} = 1 / n$$

Entonces se podría decir que si los derechos son para 20 años, el costo anual del retraso es del 5% anual. También hay que notar que éste costo de retrasar se eleva cada año, hasta 1/19 en el segundo año, 1/18 en el tercer año y así sucesivamente, haciendo consecuentemente que aumente el valor del ejercer el derecho a retrasar a través del tiempo.

## 2.8.2 VALUACIÓN DEL RETRASO DE UNA OPCIÓN

### Un ejemplo

Supongamos que estamos interesados en adquirir los derechos exclusivos de venta al mercado de un nuevo producto que hará más fácil el acceso a sus correos electrónicos en el camino. Si adquirimos los derechos del producto, y estimamos en \$500 millones el pago adelantado para tener la infraestructura necesaria para proveer el servicio.

Basándonos en nuestras proyecciones actuales, nos generará solamente \$100 millones de flujo de efectivo después de impuestos. En adición a ello, esperamos operar sin competencia por los próximos 5 años. Suponiendo una tasa de descuento del 15% (basándonos en lo riesgoso del proyecto) obtenemos el siguiente *valor presente neto* para el proyecto:

$$\begin{aligned} \text{VPN del proyecto} &= - 500 \text{ millones} + 100 \text{ millones (VP anual, 15\%, 5 años)} \\ &= - 500 \text{ millones} + 335 \text{ millones} = - \$ 165 \text{ millones} \end{aligned}$$

Entonces el proyecto tiene un valor presente neto negativo. La mayor fuente de incertidumbre de éste proyecto proviene del número de personas que van a estar interesados en adquirir éste producto. Mientras que los estudios de mercado señalan que se han de capturar un número relativamente pequeño de agentes viajeros como nuestros posibles clientes, el estudio también indica la posibilidad de que el mercado potencial se vuelva mucho más grande al paso del tiempo.

De hecho una simulación de los flujos de efectivo del proyecto nos da una desviación estándar del 42% en el valor presente de los flujos de efectivo, con un valor esperado de \$335.00 millones. Para valorar los derechos exclusivos de éste proyecto, primero deberemos de definir los datos iniciales del modelo de valuación de la opción:

$$\begin{aligned} \text{Valor del activo subyacente(S)} &= \text{VP de los flujos de efectivo provenientes del} \\ &\quad \text{proyecto si se inicia en este momento} \\ &= 335 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Precio de ejercicio (K)} &= \text{Inversión inicial requerida para introducir el producto al} \\ &\quad \text{mercado} \\ &= 500 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\text{Varianza en el valor del activo subyacente} = 0.42^2 = 0.1764$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo a la expiración} &= \text{Periodo de exclusividad sobre los derechos del producto} \\ &= 5 \text{ años} \end{aligned}$$

$$\text{Generación de dividendos} = 1/(\text{Vida de la patente}) = 1/5 = 0.20$$

Asumiendo que la tasa sin riesgo es del 5%. Se puede estimar el valor de la opción de la manera siguiente:

$$\text{Valor del call} = 335 \exp^{(0.2)(5)} (0.2250) - 500 (\exp^{(-0.05)(5)} (0.0451)) = 10.18 \text{ millones}$$

Los derechos sobre éste producto, el cual tiene un valor presente negativo si se introduce al mercado en éste momento, y es de \$ 10.18 millones. Nótese que la posibilidad de viabilidad se vuelva positivo antes de su expiración es bajo (del 4.5 al 22.5%) cómo lo señala de acuerdo a  $N(d_1)$  y  $N(d_2)$ .

### 2.8.3 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Dentro de la literatura especializada e investigada existen tanto ejemplos cómo casos paradigmáticos de los puntos que creemos son los de mayor interés y creemos que clarifican de nuestro avance de acuerdo a la óptica y la dirección final buscada dentro del presente trabajo.

#### Casos y Ejemplos

Mientras que es bastante claro que la opción a retrasarse se encuentra dentro de muchos proyectos, existen varios problemas asociados con el uso de modelos de valuación de opciones para las mismas.

Primera, el activo subyacente en ésta opción, el cual es un proyecto, obviamente, no se negocia (o se opera o intercambia) dentro de un piso de remates, haciendo difícil el estimar tanto su valor como su varianza.

Pudiésemos argumentar que el valor se puede estimar a partir de los flujos de efectivo y las tasas de descuento para el proyecto, a pesar de aceptar errores en nuestras suposiciones. La varianza es más difícil de estimar, sin embargo trataremos de estimar la variación de la varianza en el proyecto a través del tiempo.

Segundo el comportamiento de los precios a lo largo del tiempo pudiese no conformarse a la trayectoria de precios asumida por los modelos de valuación de opciones.

En particular la suposición de que el valor sigue un proceso de difusión, y el que la varianza es constante a través del tiempo, pudiese ser difícil de justificar en el contexto de un proyecto. Por ejemplo un cambio súbito en la tecnología pudiese cambiar de manera drástica el valor de un proyecto, ya sea positiva o en general negativamente, por la aparición de circunstancias de convergencia tecnológica.

Tercero, pudiese no existir un periodo específico o ventana de oportunidad para el cual la firma posee los derechos exclusivos sobre el proyecto.

A diferencia del proyecto anterior, en los que se tenían los derechos exclusivos sobre el proyecto por los próximos veinte años, frecuentemente los derechos de las firmas no están tan claramente definidos, ya sea tanto en términos de exclusividad cómo de tiempo. De igual forma; por ejemplo, una firma pudiese tener ventajas significativas sobre otros competidores, las cuales a su vez de alguna forma le proveen de derechos virtualmente exclusivos por un largo periodo de tiempo. Los derechos no son restricciones legales, sin embargo, se pueden erosionar más rápido de lo esperado. En tales casos, la vida esperada del proyecto por sí misma, es incierta y solamente se puede estimar. En la valuación de los derechos de un producto, de la sección anterior, utilizamos un plazo de cinco años, pero los competidores igualmente pueden aparecer antes de lo que creíamos.

De manera contraria pudiese ser que las barreras de entrada a la competencia se hiciesen mayores a lo esperado, permitiendo a la firma tener ingresos más allá de los cinco años. Irónicamente, la incertidumbre acerca de la vida o duración de la vida de la opción, pudiese incrementar la varianza en el valor presente, y a través de ello, igualmente incrementar el valor esperado de los derechos del proyecto.

## IMPLICACIONES DE OBSERVAR EL DERECHO A RETRASAR UN PROYECTO CÓMO UNA OPCIÓN

Varias implicaciones interesantes que emergen del análisis de la opción a retrasar un proyecto como una opción. Primera, el proyecto pudiese tener un *valor presente neto* negativo basado en los flujos de efectivo esperados al día de hoy, pero pudiese tener características de valor debido a las características de la opción.

Entonces, mientras que un valor presente neto negativo pudiese obligar a rechazar el proyecto también pudiese no llegar a concluir que no tiene valor dicho proyecto.

Segundo, un proyecto, pudiese tener un valor presente neto positivo, y no ser aceptado de manera inmediata. Esto se debe a que la firma pudiese estar ganando por el hecho de esperar y aceptar dicho proyecto en fechas futuras, por la misma razón que los inversionistas no siempre ejercen la opción sólo por que está *en-el-dinero*. Esto tiende a pasar más si la firma tiene los derechos sobre el proyecto por largos periodos de tiempo, y la varianza de los flujos que llegan es grande.

Para ilustrarlo, supongamos que la firma tiene los derechos de patente para producir un nuevo tipo de impulsor de disco (disk drive) para sistemas de cómputo, y que construyendo una nueva planta en éste momento generará un valor presente neto positivo igualmente en éste momento.

Sí la tecnología para la manufactura de discos duros está creciendo de manera constante y muy rápidamente (en la zona, “in flux”), la firma pudiese retrasar su decisión de tomar el proyecto con la esperanza de que una tecnología mejorada incrementará en forma positiva sus flujos de efectivo y consecuentemente el valor del proyecto. El inversionista tiene que sopesar los momios en contra del tomar la decisión de retrasar la inversión en el proyecto, y de cuales de los flujos se han de ver impedidos por la decisión de retrasar la inversión.

Tercero, los factores que pueden hacer la tecnología menos atractiva en un análisis estático, pueden de hecho hacer mucho más atractivos los derechos del proyecto.

Cómo ejemplo consideremos el efecto de la incertidumbre sobre cuánto le ha de tomar a la firma el operar sin competencia y alcanzar los retornos en exceso. En el análisis estático el incrementar esta incertidumbre incrementa el riesgo del proyecto y puede que lo haga menos atractivo. Cuando se observa a un proyecto como una opción, un incremento en la incertidumbre pudiese hacer a la opción más valiosa, no menos valiosa.

## VALUANDO UNA PATENTE

Una *patente* sobre un producto provee a una firma con el derecho de desarrollar y vender un producto. La firma lo hará solamente sí el valor presente de los flujos de efectivo esperados obtenidos de la venta del producto exceden los costos de desarrollo.

Sin embargo, cómo se muestra en la figura siguiente, sí esto no ocurre, la firma puede guardar la *patente* y no incurrir en costos posteriores. Sí **I** es el valor presente de los costos de desarrollo del producto, y **V** es el valor presente de los flujos de efectivo esperados a partir del desarrollo, los pagos provenientes de la tenencia de la *patente* del producto se pueden escribir de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Pagos provenientes de la posesión de la patente} &= V - I, \text{ Sí } V > I, \\ &= 0, \text{ Sí } V < I. \end{aligned}$$

Entonces, la patente sobre los derechos de un producto, puede ser vista como una opción call, donde el producto mismo es el *activo subyacente*. Biogen es una compañía de biotecnología con una patente sobre una droga llamada Avonex, la cual ha pasado ya las pruebas de la **FDA** (acrónimo de la **Food and Drug Administration (C2010)**, de los Estados Unidos de Norteamérica, por sus siglas en inglés) para tratar la esclerosis múltiple.

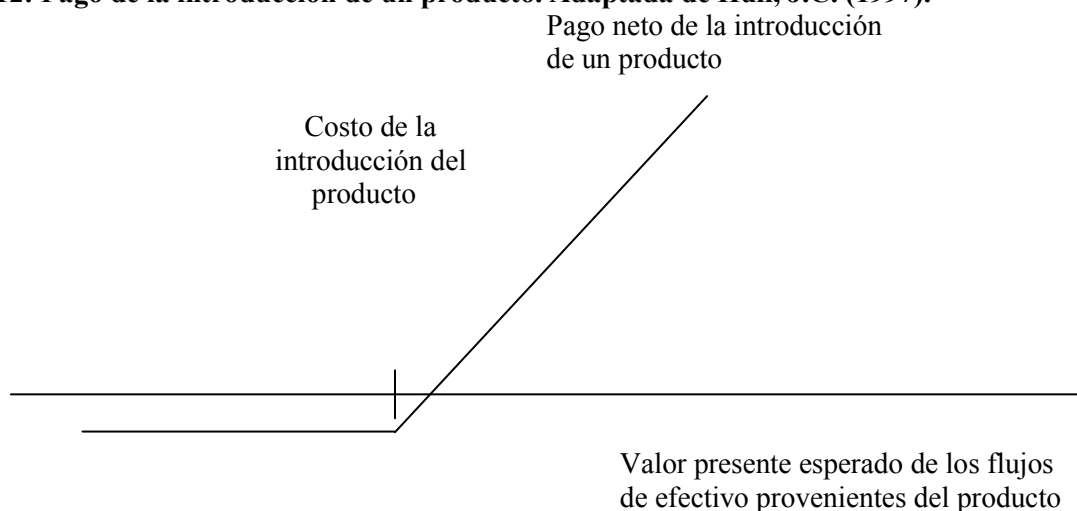


Supongamos que estamos tratando de valorar la patente para Biogen y que llegamos a los siguientes estimados para su uso en el *modelo* de valuación de opciones:

### C1: Valoración de una patente: Avonex en 1997

1. Un análisis interno de la droga al día de hoy, basado en el mercado potencial y el precio que la firma pretende cobrar, nos da un **valor presente neto** de flujos de efectivo de \$3.422 mil millones, antes de considerar los costos iniciales de desarrollo.
2. El costo inicial de desarrollar la droga para uso comercial se estima que ha de ser de \$2.875 mil millones, si la droga se coloca el día de hoy en el mercado.
3. La firma tiene una patente sobre la droga para los próximos 17 años, y la tasa a largo plazo sin riesgo (para los bonos del tesoro) es de 6.7%.

**Fig. 12: Pago de la introducción de un producto. Adaptada de Hull, J.C. (1997).**



4. A pesar de que es difícil hacer simulaciones adecuadas de los flujos de efectivo y de los valores presentes la varianza promedio de la firma para firmas operadas públicamente en las áreas de biotecnología es de 0.224.

Se supone que el potencial para los retornos en exceso puede obtenerse solamente durante la vida de la patente y que la competencia eliminará las ventajas en exceso después de ese periodo. Entonces, cualquier retraso en la introducción de la droga una vez que está disponible, le costará a la firma un año de retornos en exceso protegidos por la patente. (Para el análisis inicial, el costo del retraso será de 1/17, el siguiente año 1/16, y así sucesivamente)

Basados en éstas suposiciones, obtenemos los siguientes datos para el modelo de valuación de opciones.

**Valor presente neto de los flujos de efectivo a partir de la introducción de la droga =**  
 $S = \$3.422$  mil millones (miliardos),

**Costo inicial para desarrollar la droga para uso comercial (Hoy) =**  
 $K = \$2.875$  mil millones

**Duración de la patente =  $t = 17$  años,**

**Tasa sin riesgo =  $r = 6.7\%$  (Tasa del bono del tesoro o libre de riesgo a 17 años)**

**Varianza esperada de los valores presentes =  $\sigma^2 = 0.224$  (Varianza promedio de la industria para compañías biotecnológicas)**

**Costo esperado del retraso** =  $y = 1/17 = 5.89\%$

Esto nos da los siguientes estimados para  $d_i$  y  $N(d_i)$ :

$$\begin{aligned} d_1 &= 1.1362, & N(d_1) &= 0.8720 \\ d_2 &= -0.8512, & N(d_2) &= 0.2076 \end{aligned}$$

Colocando éstos valores en el *modelo* de valuación de opciones, obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{Valor de la patente} &= 3.422 \exp^{(-0.0589)(17)} (0.8720) - 2.875 \exp^{(-0.067)(17)} (0.2076) = \\ &= \$ 907.00 \text{ millones} \end{aligned}$$

Para contrastar, el *valor presente neto* de éste proyecto es de sólo \$547.00 millones:

$$\text{VPN} = (3,422 - 2,875 = \$547) \text{ millones}$$

El sobrepago en tiempo sobre ésta opción sugiere que la firma estará en una mejor posición esperando más que desarrollando la droga de manera inmediata, a pesar del costo aparente de esperar. Sin embargo el costo del retraso se ha de incrementar a través del tiempo, y en un caso dado haría el ejercicio temprano más viable.

## REFINAMIENTOS POTENCIALES

A través de ésta discusión, se han hecho una serie de suposiciones simplificadoras, para hacer más fácil la estimación del valor. Por ejemplo:

1. Se ha asumido que toda la incertidumbre en el valor de la patente proviene del valor presente de los flujos de efectivo, y que la inversión inicial se conoce con certeza. En realidad, la inversión inicial también se estima con un cierto grado de ruido, y el valor de la opción debiese de reflejarlo de una u otra manera.

La primera sería que se moviese la incertidumbre hacia S, el cual es el estimado de del valor esperado de los flujos de efectivo. El segundo es el hacer el análisis total en términos de escala.

Para ilustrar lo que esto significa, consideremos la patente que hemos descrito anteriormente con un valor presente neto inicial de los flujos de efectivo de \$3.422 miliares y una inversión inicial de \$2.875 miliares. Supongamos que ambos estimados cambian a través del tiempo. Éste análisis se puede rehacer en las siguientes unidades:

$$S = (\text{Valor presente de flujos de efectivo} / \text{Inversión inicial}) = 3422/2875 = 1.1903$$

$$K = \text{Inversión inicial en términos de escalamiento} = 1.00$$

$$\sigma^2 = \text{Índice de varianza de valor en el tiempo del valor presente (más que el valor de los flujos de efectivo)} = 0.224 \text{ (Se ha asumido que es el mismo valor en éste caso)}$$

El resto de los datos permanecen constantes. El valor de la opción se estimará como un porcentaje de la inversión inicial y se desarrolla de la manera siguiente:

Valor de la opción = 0.3145 o 31.45% del valor de la inversión inicial.

Desde que hemos utilizado el mismo estimado de la varianza en ambos casos, el valor de la opción es aún de \$907 millones. (**Damodaran, A., 2005**).

El grado en el que puede variar la varianza en el cociente del valor presente de los flujos de efectivo a la inversión inicial puede ser diferente a partir de la varianza del valor presente de los flujos de efectivo, el valor de la opción pudiese haber cambiado con el reescalamiento.

2. Hemos asumido que los retornos en exceso se encuentran limitados a la vida de la *patente*, y que desaparecen en el momento en el que la patente expira.

En el sector farmacéutico, la expiración de una patente no significa necesariamente la pérdida de los retornos en exceso y depende eventualmente de la distancia dada en sentido tecnológico o de otros factores como veremos en adelante.

De hecho, muchas firmas siguen siendo capaces de cargar y cobrar costos extra en el precio de sus productos y aún ganar retornos en exceso a pesar de que el término o plazo de vigencia de la patente ha expirado. Principalmente debido a consecuencia de que existe la imagen del nombre de la marca que se ha construido a lo largo del tiempo de la vida del proyecto. Una forma simple para ajustarnos a ésta realidad es incrementar el valor presente de los flujos de efectivo sobre el proyecto (S) y la disminución del costo del retraso para reflejar ésta realidad.

El efecto neto es una mayor tendencia a que las firmas retrasarían el desarrollo comercial, mientras que ellas esperan a recabar mayor información y sopesar la demanda del mercado. En el curso del efectuar éstos refinamientos, vale la pena mantener en mente que un estimado aproximado del valor de una opción será suficiente en la mayoría de los casos.

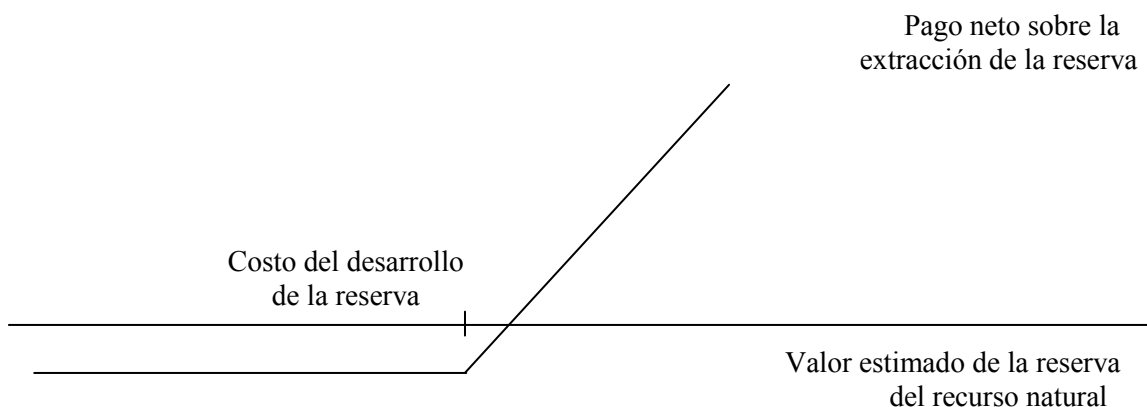
## C2: Valoración de opciones sobre recursos naturales

En la inversión en un recurso natural, el *activo subyacente* es el recurso natural y el valor del activo. En general, si la varianza en S es  $\sigma_s^2$  y la varianza en la inversión inicial es  $\sigma_k^2$ , la varianza en S/K se puede escribir de la manera siguiente: se basa en dos variables: (1) la cantidad estimada y (2) el precio del recurso.

Entonces en una mina de oro, por ejemplo el activo subyacente es el valor estimado de las reservas en oro de la mina, basadas en el precio actual (o base) del oro.

En la mayoría de dichas inversiones, existe un costo inicial asociado con el costo del desarrollo del recurso; la diferencia entre el valor del activo extraído y el costo del desarrollo, es la ganancia del tenedor del recurso, véase la figura siguiente.

**Figura 13: Pagos a partir del desarrollo de las reservas de un recurso natural. I.I. Hull.**



Definiendo el costo del desarrollo como  $X$ , y el valor estimado del recurso como  $V$ , los pagos potenciales sobre una opción sobre un recurso natural, y se pueden escribir de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Pago sobre la inversión sobre un recurso natural} &= V - X: \text{ Si } V > X, \text{ o} \\ &= 0 \quad \text{Si } V \leq X. \end{aligned}$$

Entonces, en la opción sobre la inversión sobre un recurso natural como una función de pago similar a una *opción call*, como se muestra en la página siguiente.

Para valuar la inversión sobre un recurso natural como una opción, tenemos que hacer algunas suposiciones acerca de varias variables:

6. **Reservas disponibles del recurso:** debido a que no se conoce con certidumbre al principio, tiene que ser estimado.

En un tramo de reserva de petróleo, por ejemplo, los geólogos pueden proveernos de estimados razonablemente precisos de la cantidad de petróleo disponible en la reserva natural.

7. **Costo estimado del desarrollo del recurso:** El costo estimado del desarrollo del recurso es equivalente o puede ser considerado como igual al costo de la opción. Nuevamente una combinación del conocimiento de los costos pasados y las características específicas de la inversión se tienen que utilizar para disponer de una medida razonable del desarrollo de los posibles costos.

8. **Tiempo de vida de la opción:** La vida de la opción sobre un recurso natural se puede definir en una de dos posibles formas. Primera, si el poseedor de la inversión tiene que deshacerse de la posesión al final del término de un periodo dado de tiempo, entonces esa será la vida de la opción.

En muchos de los convenios de explotación de territorios costa fuera las rentas dependen por ejemplo de los tramos de extracción que a una compañía petrolera se entregan normalmente por periodos largos de tiempo.

La segunda aproximación se basa en el inventario del recurso y la capacidad de explotación, así como el estimado de años que tomaría el acabar en el sitio la extracción económica de dicho recurso.

Entonces la explotación de una mina de oro con una capacidad de tres millones de onzas de oro y una tasa de extracción de 150,000 onzas al año se acabará en aproximadamente 20 años, lo cual se habrá definido como el *tiempo a la expiración* de la opción sobre el recurso natural.

9. **Varianza en el valor del activo subyacente:** La varianza en el valor del *activo subyacente* se determina por dos factores – (1) la variabilidad en el precio del recurso, y (2) la variabilidad en el estimado de las reservas.

En el caso especial donde se conoce con certidumbre, la varianza en el valor del activo subyacente dependerá totalmente de la varianza del precio del recurso natural; en dicho caso, se puede valuar como cualquier otra opción simple.

En el caso más realista donde la cantidad disponible de la reserva y el precio del petróleo cambian a lo largo del tiempo, se hace más difícil el valorar la opción; en éste caso, la firma podría invertir en etapas para explotar las reservas.

10. **Costo del retraso en la inversión:** La producción neta de ganancias como un porcentaje del valor de mercado de la reserva es equivalente al dividendo producido y se trata de la misma forma en su cálculo que en el de los valores de una opción.

Una vez que la opción sobre el recurso natural se encuentra *en-el-dinero* (el valor de las reservas es mayor que el costo del desarrollo de las reservas) la firma al no ejercer la opción se cuesta a sí misma el monto de las ganancias que pudiese estar generando por la explotación de la reserva.

Un punto importante en el uso de los *modelos* de valuación de opciones aplicados a los recursos naturales es el efecto de los retrasos en el tiempo, ya sea de ejecución o del tiempo que requiere la extracción sobre el valor de éstas opciones.

Debido a que los recursos no se pueden extraer de manera instantánea, en cuanto existe un retraso necesario entre la decisión de extracción, la extracción y el tiempo de dicha ejecución en sí misma. Se puede hacer un simple ajuste por éste retraso para ajustar el valor de la reserva desarrollada debido a las pérdidas en los flujos de efectivo durante el periodo de desarrollo. Entonces si existe un retraso de un año en la explotación, el valor actual de la reserva explotada se ha de descontar un año en la razón neta de ganancia/activo. (Al cual hemos llamado generación de dividendos anteriormente).

### E1: Valuación de una mina de oro:

Considérese una mina de oro con un inventario estimado de un millón de onzas y una capacidad de explotación de aproximadamente 50,000 onzas por año. Se espera que el precio del oro suba aproximadamente un 3% al año. La firma posee los derechos de ésta mina para los siguientes veinte años.

El costo de apertura de la mina es de 100 millones, y el costo de la producción promedio es de \$250.00 por onza; una vez iniciado, se espera que el costo de extracción aumente aproximadamente un 5% anual. La desviación estándar de los precios del oro es del 20%, y el precio actual del oro es de \$375 por onza. La tasa libre de riesgo es del 6%. Los datos consecuentemente para el cálculo del modelo son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Valor del activo subyacente} &= \text{Valor presente ventas esperadas oro (@ 50,000 onzas por año)} = \\ &= (50,000 * 375) * [1 - (1.03^{20} / 1.09^{20})] / (0.09 - 0.03) - (50,000 * 250) * [1 - (1.05^{20} / 1.09^{20})] / (0.09 - 0.05) = \\ &= (211.79 - 164.55) = 47.24 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\text{Precio de ejercicio} = \text{Costo de la apertura de la mina} = 100 \text{ millones}$$

$$\text{Varianza en el precio del oro} = 0.04$$

$$\text{Tiempo a la expiración de la opción} = 20 \text{ años}$$

$$\text{Tasa de interés libre de riesgo} = 6\%$$

$$\text{Generación de dividendos} = \text{Pérdida de producción por cada año de retraso (1º año)}$$

$$= 1/20 = 5\%$$

(Nota: nos tomará 20 años el vaciar la mina y la firma posee los derechos para los 20 años. Cada año de retraso implica la pérdida de un año de producción y se incrementa gradualmente de 1/20 a 1/19, y así sucesivamente). Basándonos en éstos datos, la *ecuación de Black-Scholes* nos provee de los siguientes valores para el *call*:

$$d_1 = -0.1676 \quad N(d_1) = 0.4334$$

$$d_2 = -1.0621 \quad N(d_2) = 0.1441$$

$$\begin{aligned} \text{Valor del call} &= 47.24 [\exp^{(-0.05)(20)}] (0.4334) - 100 [\exp^{(-0.09)(20)}] (0.1441) = \\ &= \$ 5.1498 \text{ millones} \end{aligned}$$

El valor de la mina tiene una opción de \$5.14 millones, en contraste el análisis del presupuesto de capital estático nos habría dado un valor presente de -\$52.76 millones. La ganancia adicional proviene directamente de las características de la opción de la mina. (Brennan, M., Schwartz, E., 1985).

### E2: Valuación de una reserva de petróleo

Consideremos la propiedad de una reserva natural de petróleo estimada en 50 millones de barriles de petróleo, el valor esperado del desarrollo de la reserva es de \$600 millones, y el retraso en el desarrollo es de 2 años.

Una compañía tiene los derechos de explotación de la reserva por los siguientes 20 años, y un valor marginal por barril de petróleo actualmente es de \$12 (precio por barril – costo marginal por barril). Una vez que se ha desarrollado, la ganancia neta sobre la producción cada año será del 5% del valor de las reservas, la tasa libre de riesgo es del 8%, y la varianza logarítmica de los precios del petróleo es del 0.03.

Con ésta información, se pueden estimar los datos de la ecuación de Black-Scholes de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Valor actual del activo} = S &= \text{Valor del desarrollo de la reserva descontando de regreso} \\ &\quad \text{el tiempo del retraso en el desarrollo en la generación de dividendos} \\ &= \$12 \cdot 50 / [(1.05)^2] = \$544.22 \end{aligned}$$

Si el desarrollo se iniciara el día de hoy, el petróleo no estaría disponible sino hasta dentro de dos años. El costo estimado de oportunidad de éste retraso es la pérdida de las ganancias esperadas sobre dicho periodo; por lo tanto; se descuentan nuevamente las reservas a la generación de dividendos.

$$\text{Precio de ejercicio} = \text{Costo del desarrollo de la reserva} = \$600 \text{ millones (suponiendo que la inversión es fija a través del tiempo)}$$

$$\text{Tiempo a la expiración de la opción} = 20 \text{ años}$$

En éste ejemplo, asumimos que la única incertidumbre estará en el precio del petróleo, y consecuentemente la varianza se convierte en  $\ln(\text{precios del petróleo})$ .

$$\text{Varianza en el valor del activo subyacente} = 0.03$$

$$\text{Tasa libre de riesgo} = 8\%$$

$$\text{Dividendos generados} = \text{Producción neta de ganancias} / \text{Valor de las reservas} = 5\%$$

Basándonos en estos datos, la ecuación (modelo) de Black-Scholes nos da el siguiente valor para el call:

$$\begin{aligned} d_1 &= 1.0359 & N(d_1) &= 0.8498 \\ d_2 &= 0.2613 & N(d_2) &= 0.6030 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor del call} &= 544.22 \exp^{(-0.05)(20)} (0.08498) - 600 \exp^{(-0.08)(20)} (0.6030) = \\ &= - \$ 56.0325 \text{ millones} \end{aligned}$$

Ésta reserva de petróleo a pesar de que no es viable con los precios actuales del petróleo, aún es una propiedad de valor a causa de que generaría valor si los precios del petróleo suben. (Damodaran, A., 2005).

### INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA CANTIDAD DE RESERVAS.

En el ejemplo anterior, se asumió que no existía certidumbre acerca de las cantidades de las reservas. De manera realista la compañía petrolera tiene un estimado para la reserva de aproximadamente 50 millones de barriles, pero no lo sabemos con certidumbre.

Si introducimos la incertidumbre acerca de la cantidad de petróleo dentro del análisis, el efecto sobre el valor de la opción es incierto.

El valor esperado del petróleo puede permanecer fijo, pero la varianza en el valor de la reserva puede cambiar. De hecho, si la varianza en el valor del  $\ln(\text{cantidad estimada de la reserva})$  es  $\sigma_{\text{precio del petróleo}}^2$  y la varianza en el  $\ln(\text{precios del petróleo})$  es  $\sigma_{\text{cantidad}}^2$ , la varianza en el valor de la reserva se puede escribir cómo:

---

$$\sigma_{\text{Valor de la reserva}}^2 = \sigma_{\text{precio del petróleo}}^2 + \sigma_{\text{cantidad}}^2$$

Esto debiese de ser la varianza que hay que utilizar en el *modelo* de valuación de opciones para estimar el valor de la reserva. Por sí mismo el incremento de la varianza debiese de incrementar el valor de la opción, pero ello introduce incertidumbre en el decisión de ejercer.

Estamos asumiendo que no existe correlación entre el valor estimado del petróleo en una reserva y el precio de los valores por barril de petróleo. Entonces en el ejemplo anterior, si introducimos una varianza del 0.05 en el log del valor de reservas estimadas de 50 millones de barriles, obtenemos el siguiente estimado para la varianza en el valor de la reserva:

$$\sigma_{\text{Valor de la reserva}}^2 = 0.05 + 0.03 = 0.08$$

$$\begin{aligned} \text{Varianza (ln(c))} &= \text{Varianza (ln(ab))} \\ &= \text{Varianza (ln(a))} + \text{Varianza (ln(b))} + \text{Covarianza (ln(a), ln(b))} \end{aligned}$$

## 2.9 LA OPCIÓN DE EXPANSIÓN DENTRO DE UN PROYECTO

En algunos casos, las compañías o firmas deciden tomar algunos proyectos, por que el hacerlo les permite el acceder a otros proyectos y consecuentemente las compañías deberán de estar dispuestas a pagar dicho precio para acceder a tales opciones. Una firma pudiese aceptar un *valor presente neto* negativo inicial en un proyecto debido a la posibilidad de obtener valores presentes netos positivos en proyectos futuros.

Para examinar ésta opción utilizando el marco de referencia desarrollado anteriormente, supóngase que el valor presente neto de los flujos de efectivo proveniente del acceder a nuevos mercados o aceptar un nuevo proyecto es  $V$ , y que la inversión neta total requerida para entrar en dicho mercado es  $X$ .

Más aún, supongamos que la compañía tiene un horizonte de tiempo fijo, al final del cual tiene que tomar una decisión final de decidir o no tomar ventaja de ésta oportunidad. Finalmente, supongamos que la firma no se puede mover hacia adelante sobre ésta oportunidad, si no toma un proyecto anterior. Éste escenario se muestra en la figura de la página siguiente.

Cómo se puede ver, a la expiración del horizonte de tiempo fijado, la firma entrará al nuevo mercado o llevará a cabo un nuevo proyecto si el valor presente de los flujos de efectivo esperados en ese punto en el tiempo excede el costo de entrar al mercado.

### 2.9.1 EN LA PRÁCTICA: EVALUAR LA OPCIÓN A EXTENDER

#### El caso Home Depot

Supongamos que Home Depot está considerando la apertura de una pequeña tienda en Francia. La construcción de la tienda costará 100 millones de FF, y el valor presente de los flujos esperados a partir de la tienda es de 120 millones de FF. Entonces por sí misma la tienda tiene un *VPN* negativo de 20 millones de FF.

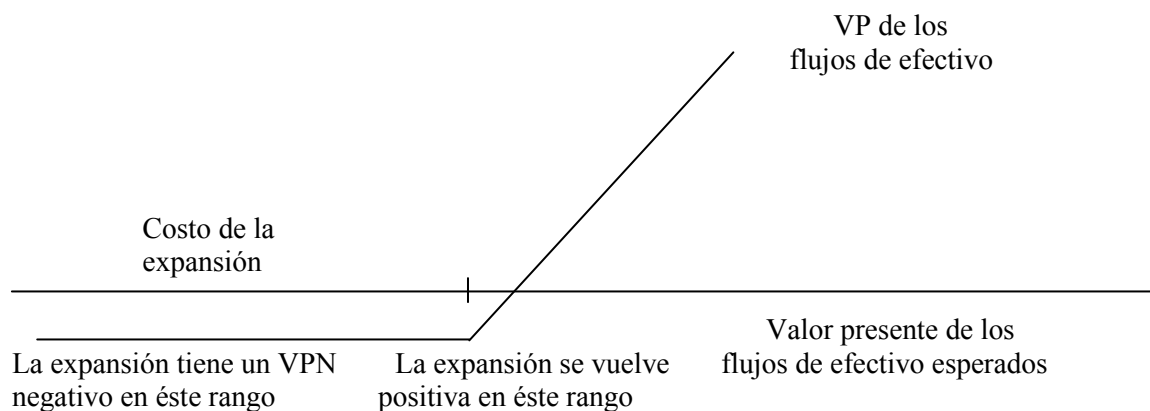
De igual forma asumamos, que por el abrir ésta tienda, Home Depot se hace de la opción de extender a una tienda mucho más grande dentro de los próximos cinco años. El costo de la expansión será de 200 millones de FF. Al momento el valor presente de los flujos esperados de efectivo a partir de dicha expansión se cree que han de ser de solamente 150 millones de FF.

Si no fuese así, Home Depot debiese de abrir una tienda de mayor tamaño inmediatamente. Home Depot no sabe lo suficiente acerca del mercado de productos para la mejora del hogar (el comportamiento de su nicho) en Francia y existe una considerable incertidumbre respecto de su estimación. La varianza es de 0.08.

El valor de la opción a extender se puede estimar ahora, definiendo los datos para el *modelo* de valuación de opciones, de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Valor del activo subyacente (S)} &= \text{VP de los flujos de efectivo provenientes de la expansión,} \\ &\quad \text{sí se lleva a cabo en éste momento} \\ &= 150 \text{ millones de FF}\end{aligned}$$

**Figura 14: La opción a extender un proyecto. Adaptada de Hull, J.C., (1997)**



$$\text{Precio de ejercicio (K)} = \text{Costo de la expansión} = 200 \text{ millones de FF}$$

$$\text{Varianza del valor del activo subyacente} = \sigma^2 = 0.08$$

$$\text{Tiempo al ejercicio} = \text{Periodo al cual la opción de expansión aplica} = 5 \text{ años}$$

Suponiendo que la tasa libre de riesgo es del 6%. Se puede estimar el valor de la opción en la forma siguiente:

$$\text{Valor call} = 150 \exp^{(-0.06)(5)} (0.6314) - 200 \exp^{(-0.06)(20)} (0.3833) = 47.07 \text{ millones de FF}$$

Este valor se puede añadir sobre el *VPN* del proyecto original en consideración.

$$\text{VPN de la tienda} = (80 - 100 = -20) \text{ millones de FF}$$

$$\text{Valor de la opción a la expansión} = 47.07 \text{ millones de FF}$$

$$\text{VPN de la tienda con la opción a extender} = (-20 + 47.07 = 27.07) \text{ millones de FF}$$

Entonces Home Depot debe de abrir una tienda más pequeña (de 27.07 millones de FF, en lugar de 100 millones de FF), a pesar de tener un *VPN* negativo, debido a que con ello adquiere una opción de mucho mayor valor, nuevamente como consecuencia de dicha diferencia. (Damodaran, A., 2005).

## 2.9.2 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Las consideraciones prácticas asociadas con la estimación del valor de la opción a extender son similares a las asociadas a la opción a retrasar la inversión. En muchos de los casos las firmas con opciones a extender, no tienen un horizonte de tiempo definido para llevar a cabo la expansión, volviendo con ello a las opciones libres, o sea sin tiempo delimitado de ejercicio, o al menos, opciones con lapsos de vida por ser determinados o de opciones indeterminadas. Aún en aquellos casos donde la vida de una opción se puede estimar, el estimar pudiese ser problemático. Para ilustrarlo, consideremos el ejemplo mostrado anteriormente.

Mientras que hemos adoptado el periodo de cinco años, al final Home Depot tiene que decidir de una forma o de otra sobre su futura expansión en Francia, es totalmente posible que el marco



de tiempo sea totalmente abierto o de plano no se encuentre especificado el tiempo de apertura de la tienda.

Aún más, hemos supuesto que ambos, el costo y el valor presente de la expansión se conocen desde el inicio. En realidad, la firma pudiese no disponer de estimados adecuados para ninguno de ellos antes de abrir la primera tienda, debido a que no tiene mucha información acerca del mercado subyacente.

### **2.9.3 IMPLICACIONES**

La opción a extender se utiliza de manera implícita por las firmas para racionalizar acerca de la toma de proyectos que pudiesen tener *VPN* negativo, pero que asimismo pudiesen abrir nuevos mercados o vender nuevos productos. Mientras que la aproximación de la valoración de opciones añade rigor a éste argumento por medio de la estimación de la opción, también nos provee de un nuevo punto de vista para señalar aquellas que son de mayor valor.

En general, la opción a extender se vuelve más valiosa para negocios más volátiles con mayor retorno sobre los proyectos (tal como en las áreas de biotecnología o de programas de computación), que en áreas de negocios estables con menores retornos (tales como las inmobiliarias, servicios y producción de automóviles).

## CAPÍTULO 3

### CONSIDERACIONES ESTRATÉGICAS/OPCIONES

En muchas adquisiciones o inversiones, la firma adquiriente cree que la transacción le ha de dar una ventaja competitiva en el futuro. Estas ventajas competitivas pueden variar en su alcance e incluir:

1. **Entrar a un nuevo mercado en crecimiento o a un mercado mayor:** Una inversión o adquisición puede permitir a la firma el entrar a un mercado potencialmente mayor mucho más rápidamente de lo que le hubiese podido ser posible de acceder de otra manera. Un buen ejemplo de esto puede ser la adquisición por parte de Bimbo de una marca de pan local de buen tamaño en Estados Unidos de Norteamérica.
2. **Experiencia tecnológica:** En algunos casos el motivo de la adquisición de la compañía es el deseo de adquirir tecnología fuera del alcance de su propiedad intelectual, la cual permitirá al adquiriente el extender ya sea para acceder a un nuevo mercado, o a uno existente pero inaccesible o ésta nueva tecnología le permite cubrir un área inaccesible de otra forma, tal cómo en la generación de componentes activos en las áreas farmacéuticas, la posesión de un compuesto pudiese llevar a la generación de otro muy parecido que pudiese depender del primero para poder ser patentado sin riesgos de ser atacado posteriormente.
3. **Nombre de marca:** Las firmas a veces se pagan grandes sumas de dinero sobre el valor de mercado para adquirir nombres de marca, por que creen que éstas marcas se podrán utilizar para expansión a nuevos mercados en el futuro.

Mientras que se pueden utilizar todas éstas ventajas para justificar una inversión inicial que no se ajusta a parámetros financieros (proyectos de *VPN* negativo, sobrepuestos de adquisición, etcétera), no todos ellos representan opciones de valor.

Cómo veremos más adelante, el valor de la opción se deriva del grado en que éstas supuestas ventajas competitivas, asumiendo que existen, se puedan convertir en retornos de ganancias en exceso sostenibles.

#### 3.1 INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y GASTOS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADO

Las firmas gastan cantidades considerables de dinero en investigación, desarrollo y gastos de investigación de mercado, los cuales se aplican tratando de evaluar éstos, partiendo de que los pagos futuros son establecidos en términos de proyectos futuros.

De igual forma, existe una posibilidad real de que después de haber aplicado los recursos, los proyectos o productos pudiesen no ser viables, consecuentemente los gastos pudiesen ser tratados como gastos hundidos.

De hecho se puede argumentar que la investigación y desarrollo, **I+D**, tienen las características de una opción *call* - siendo el costo de la opción *call*, lo invertido inicialmente en I+D, y los proyectos o productos que se pudiesen obtener a partir de ésta investigación y/o desarrollo los que nos proveen de las ventajas del pago de la opción.

Si éstos productos son viables (por ejemplo: el valor presente de los flujos hacia la compañía excede la inversión requerida), el pago ha de ser la diferencia entre los dos; de otra forma el proyecto o producto no se ha de aceptar y el pago en exceso ha de ser de cero.

Varias implicaciones surgen de éste punto de vista de I+D. Primero, los gastos de I+D deberán de producir un valor mucho mayor para las firmas de los que se encuentran en mercados o negocios de tecnologías volátiles, debido a que la varianza de los flujos de efectivo se encuentra correlacionada de manera positiva con el valor de la opción *call*.

Es por ello que 3M (*Minnesota Mining and Manufacturing, 3M*), la cual aplica una cantidad apreciable en I+D en productos básicos de oficina, tales como las notas adheribles "Post-it", ha de recibir un menor valor sobre su I+D del que recibe Amgen, la cual aplica sus recursos a productos del área biotecnológica. Segundo, el valor de la investigación y el monto óptimo a ser invertido en dichos I+D pudiesen cambiar a lo largo de la maduración del negocio.

El mejor ejemplo es el de la realidad que se dio a lo largo de la década de los 80's, en la cual las compañías de dentro del área farmacéutica y/o industrias farmacéuticas invirtieron las mayores cantidades en áreas en investigación y obtuvieron elevadas ganancias sobre los nuevos productos, en tanto que las áreas relacionadas con el negocio de la salud se expandieron.

Sin embargo en cuanto los costos del negocio empezaron a nivelarse y el negocio maduró, muchas de éstas compañías se dieron cuenta de que no obtuvieron los mismos ingresos provenientes de la investigación y desarrollo y empezaron a reducir dichas inversiones. Algunas compañías movieron su inversión de investigación de drogas convencionales hacia productos de biotecnología, donde la incertidumbre acerca de los flujos futuros de efectivo permanecen altas, por ser un área de riesgo/beneficio elevados.

### 3.2 PROYECTOS/INVERSIONES MULTIESTADO

Cuando se entra a un nuevo negocio o se acepta un nuevo negocio, las firmas algunas veces tienen la opción de entrar al negocio en estados. Mientras que el entrar en esa forma pudiese reducir el nivel de gasto potencial, ello también protegería a la firma contra el riesgo hacia abajo, permitiendo que cada etapa, para medir la demanda y decidir si se pasa a la siguiente etapa. En otras palabras, un proyecto normal se puede replantear como una serie de estados u opciones a extender, con cada opción dependiendo de la anterior y existen dos proposiciones que siguen:

1. Algunos proyectos que no lucen bien en la base de la inversión completa pudiesen crear valor si la firma pudiese invertir en etapas.
2. Algunos proyectos que parecen atractivos sobre una base de inversión completa pudiesen volverse aún más atractivos si se tomaran en etapas.

La ganancia en valor a partir de opciones creadas por las inversiones de etapas múltiples se tendrán que sopesar contra el costo. Al tomar las inversiones en etapas puede permitir a los competidores que deciden entrar a un mercado a escala completa para capturar un mercado. También pudiese llevar a mayores costos en cada etapa, debido posiblemente a no tomar ventaja de las economías de escala.

Existen varias implicaciones que surgen a partir de la elección entre etapas multiestado e inversiones de un solo estado dentro del marco de la opción. Los proyectos donde las ganancias serán mayores por la inversión en etapas con respecto a los que se demanda la inversión en una sola exhibición pueden incluir:

1. Los proyectos donde existen barreras significativas a la entrada de competidores al mercado, y que toman ventaja de los retrasos en la producción a escala completa. Entonces, una firma con una *patente* sobre un producto u otra protección legal contra la competencia paga un precio mucho menor para empezar en pequeña escala y extenderse mientras aprende más acerca del producto y del mercado
2. Los proyectos donde existe una elevada incertidumbre acerca del tamaño del eventual éxito del proyecto. Aquí, el empezar pequeño y el extenderse permite a la firma el reducir sus pérdidas si el producto no se vende tan bien como se anticipaba y para tener más información acerca del mercado en cada etapa.
3. Los proyectos donde se requiere de una inversión substancial para la infraestructura (grandes costos fijos) y apalancamiento alto de operación. Haciendo posible el que se pudieren presentar ahorros a partir de llevar a cabo el proyecto en múltiples etapas se pueden rastrear las inversiones requeridas en cada etapa, y pudiese que se obtuvieren mayores ahorros en aquellas firmas o proyectos donde éstos costos son apreciables.

Los proyectos de capital intensivo, así como los proyectos que requieren de grandes gastos de mercadeo (un nuevo nombre para el producto de una compañía productora de artículos de consumo) ganará más a partir de las opciones creadas por tomar el proyecto en etapas múltiples. (Geske, R., 1979).

### 3.3 ¿CUÁNDO SON VALIOSAS LAS OPCIONES REALES? ALGUNAS PRUEBAS/PREGUNTAS CLAVE

Mientras que se argumenta que algunas inversiones tienen opciones estratégicas o de expansión dentro de ellas pueden tener gran apoyo, también existe el peligro de que éste argumento se utilice para justificar inversiones pobremente consideradas.

De hecho los adquirientes de activos han justificado grandes adquisiciones en favor de los argumentos de sinergia o de estrategia. Para evitar a las *opciones reales* caer dentro del mismo agujero negro, se requiere de ser más riguroso en nuestra medida del valor de las opciones reales.

#### ESTIMACIÓN CUANTITATIVA

Cuando se usan opciones reales para justificar una decisión, la justificación deberá de estar más en términos cuantitativos. En otras palabras, los gerentes que argumentan en favor de aceptar un proyecto con retornos pobres o el pagar una prima extra en una adquisición en la base de las opciones reales, se les debe de requerir el evaluar esas opciones reales y mostrar de hecho el que los beneficios económicos en realidad exceden los costos.

Pudieren existir dos argumentos en contra de éste argumento. El primero es el que no es fácil el evaluar las opciones reales, debido a que los datos son difíciles de obtener y por lo general no son adecuados y generan ruido.

El segundo es que los datos para los modelos de valuación de opciones se pueden manipular fácilmente para apoyar cualquier conclusión. En cierto sentido ambas aseveraciones tienen sentido, pero un estimado no muy preciso o con ruido es mejor que ningún estimado, y el proceso de estimar de manera cuantitativa el valor de una opción real es de hecho, el primer paso para entender que es lo que impulsa su valor. Esto lo vamos a analizar en detalle en el modelo a aplicar más adelante basados en el *ajuste de la ecuación de Black-Scholes* dado por *Luerhman, (1998)*.

#### PRUEBAS/PREGUNTAS CLAVE

No todos los proyectos tienen opciones dentro de ellos, y no todas las opciones, aunque existan tienen valor. Para saber si una inversión crea opciones valiosas que se requiere analizar y valorar, se deberán de responder tres preguntas de manera afirmativa:

1. ¿Es la primera inversión un prerequisite para la inversión/expansión posterior? Si no lo es, ¿Cuan necesaria es la primera inversión para la inversión/expansión posterior?

Consideremos nuestro análisis anterior del valor de una patente o el valor de una reserva de petróleo como opciones. Una firma no puede generar patentes sin invertir en investigación o pagar a otra firma por las patentes y no puede obtener los derechos sobre una reserva de petróleo a desarrollar sin participar en un concurso abierto del gobierno o comprándola a otra compañía petrolera.

Claramente la inversión inicial aquí es (el invertir en **I+D**, la participación en el concurso) la que requiere de las firmas el entrar en el primer estado para tener acceso a la segunda opción. Ahora consideremos la inversión del ejemplo de Home Depot en la tienda inicial en Francia y la opción de extenderse dentro del mercado francés de manera posterior.

La inversión en la primera tienda, provee a Home Depot con la posibilidad de obtener información acerca del mercado potencial, sin la cual seguramente no estaría dispuesta a extenderse a un nuevo y mayor mercado.

A diferencia de la *patente* y el ejemplo de las reservas no desarrolladas, la inversión inicial no es un prerequisite para lo segundo; aunque la administración pudiere no verlo de la misma forma. La conexión se vuelva aún más débil cuando consideramos a una firma adquiriendo a otra para tener la opción de acceder a un mercado mayor.

El adquirir a un proveedor de servicios de Internet para tener una cabeza de playa dentro del mercado de venta por Internet o el comprar una cervecería brasileña para preservar la opción de entrar al mercado brasileño de cerveza pudiesen ser ejemplos de dichas transacciones.

2. ¿La firma posee los derechos exclusivos para la expansión/inversión posterior? Sí no es ese el caso, ¿La inversión inicial provee a la firma de ventajas competitivas suficientes sobre las inversiones subsecuentes? El valor de la opción se deriva de manera última no de los flujos de efectivo generados por las inversiones subsecuentes, sino por los retornos en exceso generados por dichos flujos de efectivo.

Mientras sea mayor el potencial para generar retornos en exceso sobre la segunda inversión, ello ha de hacer de mayor valor la opción sobre la primera inversión. El potencial para retornos en exceso se encuentra fuertemente ligado a que tanta ventaja competitiva provee la primera inversión, cuando se toman las inversiones subsecuentes. En un extremo, nuevamente, consideremos la inversión en investigación y desarrollo para adquirir una patente.

La patente otorga el derecho de que la firma posea los derechos exclusivos para producir dicho producto, y, si el mercado potencial es lo suficientemente grande, el derecho a los retornos en exceso provenientes del proyecto. En el caso contrario, pudiese ser que la firma no obtuviera la ventaja competitiva sobre las inversiones subsecuentes, en cuyo caso, es cuestionable si en algún punto habrá retornos en exceso sobre dichas inversiones.

En realidad, la mayoría de los inventos caerán dentro del continuo existente entre éstos dos extremos, con mayores ventajas competitivas asociadas con los excesos más grandes y consecuentemente con los mayores valores para las opciones.

3. ¿Qué tan sostenibles son las ventajas competitivas obtenidas? En un nicho de mercado competitivo, los retornos en exceso atraen competidores y la competencia impulsa los retornos en exceso. Mientras sean más sostenibles las ventajas competitivas que posee una firma, mayores serán las opciones implicadas en la inversión inicial. La sustentabilidad de las ventajas competitivas es función de dos fuerzas.

La primera es: la naturaleza de la competencia; mientras que las demás cosas se mantienen iguales, (*ceteris paribus*) las ventajas competitivas desaparecen mucho más rápido en sectores donde existen competidores agresivos.

La segunda es la naturaleza de la ventaja competitiva. Sí el recurso controlado por la firma es finito y raro (cómo en los casos de reservas naturales o tierra vacante), la ventaja competitiva es posible de ser mantenida por periodos más largos de tiempo.

De manera alternativa, si la ventaja competitiva proviene de ser el primero dentro de un nicho dado de mercado (primero en el mercado) o a partir de experiencia tecnológica, se encontrará bajo ataque más pronto que tarde. La manera más directa de reflejar el valor de la opción ésta en su vida, la cual se puede fijar al periodo de ventaja competitiva y sólo las ganancias en exceso obtenidas a lo largo de éste periodo se contabilizan dentro del valor de la opción. **(Rumelt, R.P. 1987)**.

### 3.4 LA OPCIÓN A ABANDONAR EL PROYECTO

La opción final a considerar aquí es la opción a abandonar un proyecto cuando los flujos esperados de efectivo no llegan a llenar las expectativas. Una forma de reflejar éste valor es a través de árboles de decisión.

Ésta aproximación tiene una aplicabilidad limitada en la mayoría de los análisis aplicados a inversiones del mundo real; solamente sirve para proyectos de etapas múltiples y requiere datos acerca de las probabilidades de cada etapa del proyecto.

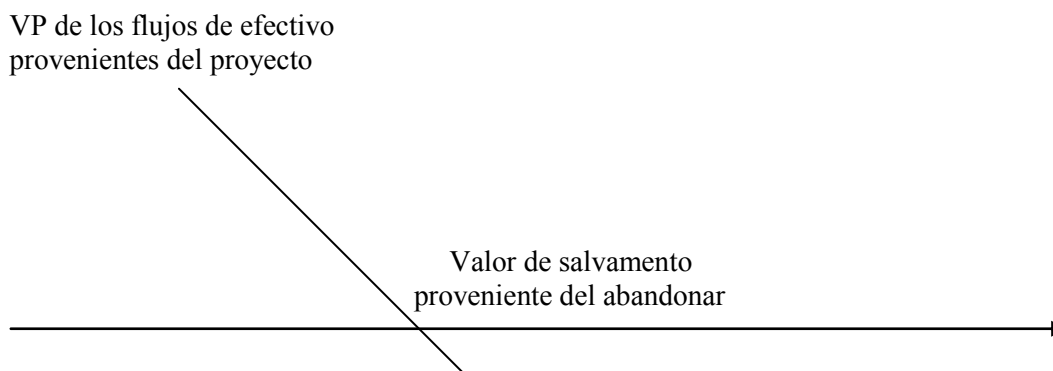
Por otro lado la aproximación a la valuación de opciones nos provee de una forma más general de estimar y obtener el valor de abandonar e integrarlo al valor de la opción.

Para ilustrarlo, supongamos que  $V$  es el valor remanente sobre un proyecto sí continua hasta el final de su lapso de vida, y  $L$  es el valor de liquidación (o abandono) – sí el valor de continuar requiere de valores altos, entonces el valor de abandonarlo será mayor, el tenedor de la opción pudiese considerar el abandonar el proyecto.

$$\begin{aligned} \text{Pagos a partir de la posesión de la opción de abandonar el proyecto} &= 0, & \text{Sí } V > L, \\ &= L - V, & \text{Sí } V \leq L. \end{aligned}$$

Éstos pagos se muestran en la figura siguiente, cómo una función del valor esperado de la acción.

**Figura 15, La opción a abandonar un proyecto. Adaptada de Hull, J.C., (1997).**



#### 3.4.1 VALUACIÓN DE LA OPCIÓN A ABANDONAR

## Un ejemplo

Asumamos que una firma está considerando la posibilidad de tomar un proyecto de 10 años que requiere de una inversión inicial de \$100 millones en una sociedad para comprar un bien inmueble, donde el valor presente de los flujos de efectivo es de \$110 millones.

A diferencia de los dos casos anteriores, la opción a abandonar tomará las características de una *opción put*.

Mientras el *VPN* de \$10 millones es pequeño, asumamos que la firma tiene la opción de abandonar el proyecto en cualquier momento dentro de los próximos diez años. por medio de la venta de la propiedad de parte del proyecto a los otros asociados por \$50 millones.

La varianza en el valor presente de los flujos de efectivo a partir de estar en la sociedad es del 0.09. El valor de la opción a abandonar se puede estimar por medio de la determinación de las características de la opción put:

$$\begin{aligned} \text{Valor del activo subyacente (S)} &= \text{VP de los flujos de efectivo provenientes del proyecto} \\ &= \$110 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor del precio de ejercicio (K)} &= \text{Valor de salvamento a partir del abandonar} \\ &= \$50 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\text{Varianza en el valor del activo subyacente} = 0.06$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo a la expiración} &= \text{Periodo en el cual la firma posee la opción al abandono} \\ &= 10 \text{ años} \end{aligned}$$

Suponiendo que la tasa libre de riesgo es del 6%, y que la propiedad no se espera que pierda valor dentro de los próximos diez años. El valor de la opción put se puede estimar de la manera siguiente:

$$\text{Valor del call} = 110 (0.9737) - 50 \exp^{(-0.06)(10)} (0.8387) = \$ 84.09 \text{ millones}$$

$$\text{Valor del put} = \$ 84.09 - 110 + 50 \exp^{(-0.06)(10)} = \$ 1.53 \text{ millones}$$

El valor de la opción de abandonar ha de ser añadido al *valor presente neto* del proyecto de \$10 millones, dándonos un valor presente neto total para la opción de abandonar de \$11.53 millones. Hay que notar que a pesar de que la opción de abandonar se vuelve cada vez más atractiva en tanto la vida del proyecto disminuye, a partir de que el valor de lo que queda de los flujos de efectivo se ven disminuidos. (Damodaran, A., 2005).

## CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

En el análisis anterior, se ha asumido, de manera no muy realista, de que el valor de la opción de abandonar estaba claramente especificado de manera anticipada y que no cambia a lo largo de la vida del proyecto. Esto pudiese ser cierto en casos muy específicos, en los cuales la opción de abandonar se encuentra incrustada dentro del contrato.

Y más frecuentemente, a pesar de ello, la firma tiene la opción de abandonar y el valor de salvamento de hacerlo se puede estimar incluyendo algo de ruido de manera anticipada. Aún más el valor de la opción de abandonar puede cambiar a lo largo de la vida del proyecto, haciendo difícil el aplicar las técnicas tradicionales de valoración de opciones.

Finalmente, es totalmente posible que el abandonar el proyecto pudiese no llevarnos a obtener un valor de liquidación, y en lugar de ello crear costos; por ejemplo: una firma de manufactura pudiera pagar costos por inactividad de sus trabajadores. En tales casos, pudiera no tener sentido el tomar la decisión de abandonar, a menos que los flujos de efectivo fuesen aún más negativos.

También hemos asumido que las inversiones en bienes raíces no se espera que pierdan valor a lo largo del tiempo.

En el caso de un proyecto real, en general ha de existir una pérdida de valor en tanto el proyecto envejece. Ésta pérdida esperada en valor, en una base anual, se puede incorporar cómo un dividendo generado y se puede utilizar para valorar la opción de abandonar. Y en general hará a la opción más valiosa.

## IMPLICACIONES

El hecho de que la opción a abandonar posee un valor en sí misma provee una racionalización a las firmas para incluir la flexibilidad operativa para disminuir el tamaño o terminar aquellos proyectos que no cumplen con las expectativas. También les indica a las firmas que se enfoquen en generar mayores ganancias ofreciendo a sus clientes la opción de abandonar sus compromisos, pudiesen estar entregando más de lo que ganan en el proceso mismo.

## CLÁUSULAS DE ESCAPE EN EL CONTRATO

La primera y más directa forma de escapar a un compromiso, es el generar por medio de un contrato la flexibilidad operativa con aquellas otras partes que se encuentran comprometidas con el proyecto. De ésta forma se pueden tener contratos con los proveedores en una base anual, en lugar de tenerlos a un plazo mucho más largo, y los trabajadores debiesen de ser contratados en una base temporal, más que de manera permanente, aunque en ciertos casos esta es un arma de dos filos, por que representa la potencial no permanencia del conocimiento generado dentro de un área específica de la técnica y la potencial falta de compromiso por ambas partes de la relación de trabajo.

La planta física instalada utilizada para un proyecto se puede utilizar para un lapso corto, se puede tomar en algún arreglo en arrendamiento de preferencia flexible, en lugar de comprarla y la inversión se puede llevar a cabo en etapas en lugar de una gran suma inicial. A pesar de que pudiese existir un costo en el generar éste tipo de flexibilidad, ello permitiría el tener protegida una mayor cantidad de recursos disminuyendo los riesgos, y consecuentemente haciendo las ganancias mucho más grandes especialmente en negocios de elevada volatilidad.

## INCENTIVOS AL COMPRADOR

Del otro lado de la transacción, el ofrecer las opciones de abandonar a los clientes y a los **asociados en la empresa (joint venture partners)** pudiese tener un impacto negativo sobre el valor. Cómo ejemplo más abierto y conveniente para el cliente se puede sugerir que nuestra compañía vende sus productos en contratos por varios años y les ofrece la ventaja a nuestros clientes la posibilidad de cancelar el contrato en cualquier momento.

Es posible que dicha oferta endulce la negociación y con ello incremente las ventas, pero de igual manera pudiese ser que lo fuese a un costo substancial, de manera primordial por el costo potencial sobre la continuidad de los flujos de efectivo. En el caso de una recesión, las firmas que no son capaces de cumplir con sus obligaciones en general tienden a cancelar sus contratos. Y cuando existe la suficiente volatilidad en el ingreso cualquier ganancia alcanzada por la venta inicial (obtenida por la oferta de la posibilidad de cancelación) pudiese ser desplazada por la opción ofrecida a los clientes.

### 3.4.2 VALUANDO LA PARTICIPACIÓN CÓMO UNA OPCIÓN

En los *modelos* tradicionales de flujo de efectivo, se valúa el valor de una firma a través de los flujos de efectivo a lo largo de un lapso u horizonte muy largo de tiempo y se descuentan los flujos de efectivo de regreso a una tasa de descuento que refleje los riesgos de los flujos de efectivo respectivos.



El valor de participación se obtiene substrayendo el valor de la deuda del valor de la firma. En ésta sección se plantea que los modelos de flujo de efectivo subestiman el valor de la participación en las firmas con elevado nivel de apalancamiento e ingresos de operación negativos, partiendo de que no reflejan el valor de la opción que los inversionistas tienen para liquidar los activos de la firma. (Damodaran, A., 2005).

### 3.4.3 EL MARCO DE TRABAJO GENERAL

La participación en una firma es una obligación residual, esto es, los tenedores de las acciones pueden reclamar todo lo que quede después de atender los reclamos del resto de los tenedores de cualquier tipo de obligación (deuda, acciones preferentes, etcétera) han sido satisfechos en sus respectivos reclamos. Si se liquida una firma, aplica el mismo principio, los accionistas reciben todo aquello que queda después de que se ha saldado toda la **deuda extraordinaria**, o sea **diferente de la que generó al negocio**, y se han pagado las demás deudas restantes.

El principio de responsabilidad limitada protege a los accionistas en las firmas que son ofrecidas en el piso de remates abierto de las respectivas bolsas, sí el valor de la firma es menor que el valor de la deuda extraordinaria, y dichos accionistas no pueden perder más allá de lo que han invertido en la firma.

El pago de los accionistas, por sobre la liquidación puede por lo tanto escribirse de la manera siguiente:

$$\text{Pago a la participación sobre la liquidación} = \begin{cases} V - D, & \text{Sí } V > D, \text{ y} \\ 0 & \text{Sí } V \leq D, \end{cases}$$

donde:

**V** = Valor de liquidación de la firma

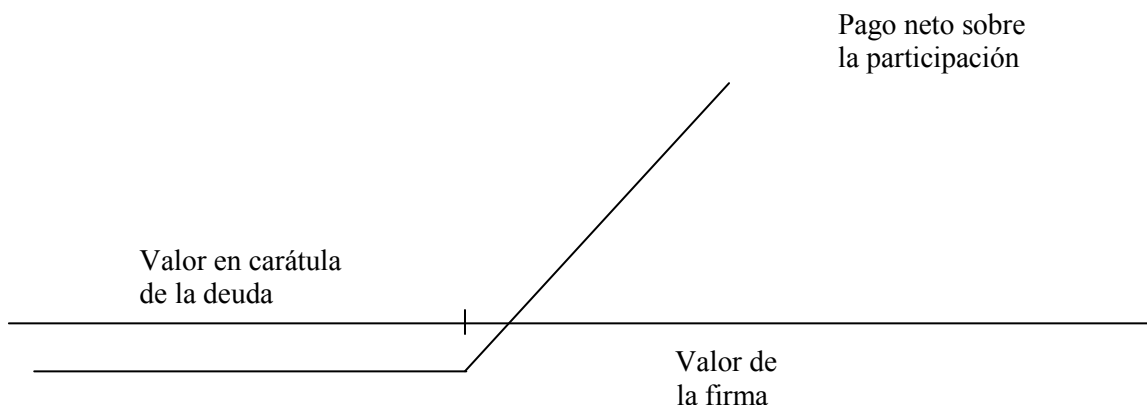
**D** = Valor en carátula de la deuda extraordinaria y las demás obligaciones extraordinarias

Una opción *call*, con un precio de ejercicio **K**, sobre un activo con un valor actual **S**, tiene los siguientes pagos:

$$\text{Pago al ejercicio} = \begin{cases} S - K, & \text{Sí } S > k, \\ 0 & \text{Sí } S \leq K. \end{cases}$$

Sí la deuda de la firma es una sola emisión de bonos cupón cero con una vida del bono fija y la firma se puede liquidar por los inversionistas en acciones, en cualquier tiempo anterior a la fecha de ejercicio/expiración, la vida de la participación como una opción call corresponde a la vida de los bonos. (Schwartz, E.S., 1999).

**Figura 16: Pago sobre la participación, cómo opción sobre una firma. Idem Ibidem, Hull.**



### Aplicación a la valuación: Un ejemplo simple

Asumamos que poseemos una línea aérea, cuyos activos están actualmente valuados en \$100 millones; la desviación estándar en éste activo es del 40%. Más aún, supongamos que el valor en carátula de la deuda es de \$80 millones (es un bono de deuda de cupón cero de diez años a su maduración). Si la tasa libre de riesgo a diez años es del 10%, ¿Qué tanto vale la participación de los inversionistas en acciones?, y ¿Cuál debiese de ser la tasa de interés sobre la deuda?

Al principio, la información pudiese parecer incompleta para responder a éstas cuestiones. El uso de la aproximación por medio de la valoración de opciones, nos provee la solución, los parámetros para poder valorar a la participación accionaria como una opción call se llevan a cabo de la manera siguiente :

Valor del activo subyacente = **S** = Valor de la firma = \$100 millones

Precio de ejercicio = **K** = Valor en carátula de la deuda extraordinaria = \$80 millones

Lapso de la opción = **t** = Vida (lapso) del cupón de deuda cero = 10 años

Varianza en el valor del activo subyacente =  $\sigma^2$  = Varianza del valor de la firma = 0.16

Tasa libre de riesgo = Tasa del bono del Tesoro correspondiente a la vida de la opción = 10%

Basándonos en éstos datos, la *ecuación de Black-Scholes* nos provee del siguiente valor para el call:

$d_1 = 1.5994$                        $N(d_1) = 0.9451$

$d_2 = 0.3345$                        $N(d_2) = 0.6310$

Valor del call =  $100(0.9451) - 80 \exp^{(-0.10)(10)} (0.6310) = 75.9394$  millones

Valor de la deuda extraordinaria =  $(\$100 - 75.94 = 24.06)$  millones

Tasa de interés sobre la deuda =  $(\$80/\$24.06)^{1/10} - 1 = 12.77\%$ . (Damodaran, A., 2005).

### IMPLICACIONES

La primera implicación de tomar a la participación como una opción *call*, es que la participación ha de tener valor, aún si el valor de la firma cae por debajo del valor en carátula de la deuda extraordinaria. Mientras que la firma pudiera ser vista como que se encuentra en problemas por los inversionistas, contadores y analistas, igualmente la participación a pesar de ello tiene valor.

De hecho, en tanto que las opciones se encuentran profundamente *fuera-del-dinero* las opciones intercambiadas en piso de remates dirigen el valor debido a la posibilidad de que el valor del *activo subyacente* aún pudiera aumentar a valores por arriba del *precio de ejercicio*, dentro del lapso de tiempo remanente de la opción, la participación da dirección al valor debido al sobreprecio en tiempo de la opción (el tiempo hasta que el bono madura y llega a vencerse) y la posibilidad de que el valor de los activos pudieran incrementarse por arriba del valor en carátula de los bonos antes que venzan.

Revisando el ejemplo anterior, supongamos que el valor de la firma es de sólo \$50 millones, un valor bastante debajo del valor en carátula de la deuda extraordinaria (\$80 millones). Supongamos que todos los demás factores permanecen constantes (*ceteris paribus*). Los parámetros de valorar a la participación como una opción call serán de la siguiente forma:

Valor del activo subyacente (**S**) = Valor de la firma = \$50 millones

Valor del precio de ejercicio (**K**) =

Valor en carátula de la deuda extraordinaria = \$80 millones

Varianza en el valor del activo subyacente =  $\sigma^2$  = varianza en el valor de la firma = 0.16

Tiempo a la expiración = Tiempo de vida de la deuda del cupón cero = 10 años

Basándonos en éstos datos el valor del call de acuerdo a la *ecuación de Black-Scholes* se puede estimar de la manera siguiente:

Valor del call =  $50 (0.8534) - 80 \exp^{(-0.06)(10)} (0.4155) = \$ 24.42$  millones

Valor del bono =  $\$ 50 - 24.42 = \$ 25.58$  millones

Cómo podemos ver, la participación en ésta firma posee un valor substancial, debido a las características de opción de la participación. Esto pudiese explicar por que la participación en las firmas que se encuentran esencialmente en bancarrota aún pueden tener valor. (**Damodaran, A., 2005**).

### **OBTENIENDO LOS DATOS PARA VALUAR LA OPCIÓN ALGUNOS CASOS DEL MUNDO REAL**

Los ejemplos utilizados hasta ahora para ilustrar el uso de la teoría de valuación de opciones para valuar la participación han hecho uso de varias suposiciones de simplificación, entre ellas las primordiales son las siguientes:

1. Existen solamente dos obligaciones dentro de las firmas: deuda y participación.
2. Existe solamente un emisión de deuda extraordinaria, y que solamente se puede retirar al valor en carátula.
3. La deuda solamente tiene un cupón de deuda cero sin características especiales (convertibilidad tanto monetaria, cómo financiera; cláusulas *put* o call, etcétera)
4. El valor tanto de la firma cómo la varianza de la misma en dicho valor se pueden estimar.

Cada una de éstas suposiciones se hacen por una razón. Primero, al restringir a los tenedores de obligaciones a dos clases se hace el problema más tratable; al introducir otros tipos de obligaciones tales como acciones preferentes, nos hace mucho más difícil el arribar a una conclusión, y en algunos casos nos hace imposible el hacerlo.

Segundo, asumiendo el que solamente existe una emisión de deuda de cupón cero que solamente puede ser retirado al valor de carátula a cualquier periodo anterior a la maduración, las características de la deuda se hacen para corresponder de manera cercana a las características del precio de ejercicio sobre una opción estándar básica o “plain vanilla”.

Tercero, si la deuda está en forma de cupón de deuda, o más de una deuda es extraordinaria, se puede obligar o forzar a los tenedores de acciones a ejercer (a liquidar a la firma) en fechas anteriores al ejercicio del cupón, sí no tienen los flujos de efectivo necesarios para cumplir con sus obligaciones de pago.

Finalmente, conociendo el valor de la firma y la varianza en ese valor hace posible la *valuación* de la opción, pero también trae una pregunta interesante acerca de la utilidad de la valuación de la opción en el contexto de la misma.

Si los bonos de la firma son operados de manera pública, se puede deducir del valor de la firma para obtener el valor de la participación de manera mucho más directa. Aún cuando la deuda sea operada de manera pública, puede que los bonos no sean valuados de manera correcta, y el marco de trabajo para la valuación pudiese ser valioso en la valuación de los valores de la deuda y de la participación.

Finalmente con respecto a los valores tanto de deuda como de participación con respecto de la varianza del valor de la firma nos arroja luz acerca de los efectos redistributivos de las acciones tomadas por la firma. (Fombrun, C., Shanley, M. 1990).

### VALOR DE LA FIRMA

El valor de la firma se puede obtener en una de las dos siguientes formas. De acuerdo a la primera, los valores de la deuda extraordinaria y participación se acumulan, suponiendo que toda la deuda y participación son colocadas, para obtener el valor de la firma. El modelo de valuación de opciones entonces coloca el valor de la firma entre el valor de la deuda y de la participación. Esta aproximación a pesar de que es simple, es internamente inconsistente. Se comienza con una serie de valores para la deuda y la participación y se utiliza el modelo de valuación de opciones y terminamos con una serie de valores totalmente diferentes para cada uno de ellos.

En el segundo, se estiman los valores de mercado de los activos, ya sea por los descuentos esperados en los flujos de efectivo al valor del costo promedio de capital o por medio de utilizar los precios de mercado que se tienen para éstos activos.

La única consideración que debemos de tener en mente es que el valor obtenido a partir de un modelo de valuación de opciones es que ha de ser el obtenido de una condición de liquidación. Es probable que sea menos que el total de la firma, lo cual incluye inversiones esperadas futuras y también reducirla para reflejar el costo de la liquidación.

Sí se está estimando el valor de la firma utilizando el *modelo* de descuento de flujos de efectivo, esto sugeriría que solamente los activos colocados han de ser considerados mientras se está considerando el valor de la firma. (Kester, W. C., 1981).

### VARIANZA EN EL VALOR DE LA FIRMA

La varianza en el valor de la firma se puede obtener de manera directa sí los bonos y las acciones de la firma se operan dentro de la bolsa de valores. Definiendo a  $\sigma_e^2$  como la varianza en los precios de las acciones y a  $\sigma_d^2$  como la varianza en el precio del precio de los bonos,  $w_e$  como el peso del valor de mercado de la participación y  $w_d$  como el peso del valor de mercado de la deuda, la varianza de la firma se puede escribir cómo:

$$\sigma_{\text{firma}}^2 = w_e^2 \sigma_e^2 + w_d^2 \sigma_d^2 + 2 w_e w_d \rho_{ed} \sigma_e \sigma_d$$

donde:  $\rho_{ed}$  es la correlación entre los precios de los bonos y de las acciones.

Cuando los bonos de una firma no son operados, la varianza de bonos calificados de manera similar se puede utilizar como un estimado de  $\sigma_d^2$  y la correlación entre bonos calificados de manera similar y las acciones de la firma se pueden utilizar como un estimado de  $\rho_{ed}$ .

Cuando las compañías se encuentran en problemas financieros, ambos métodos pueden arrojar resultados extraños debido a que las volatilidades de ambos se pueden incrementar.

Una alternativa que generalmente produce mejores estimados es el utilizar la varianza promedio de las firmas dentro del mismo sector. (Barney, J.B., 1986).

### MADUREZ DE LA DEUDA

La mayoría de las firmas tienen más de una emisión de deuda en sus libros, y mucho de la deuda viene con cupones. Debido a que el modelo de *valuación* de opciones solamente nos permite un dato para el tiempo para expirar, éstas emisiones múltiples han de ser convertidas en un solo cupón cero.

Una solución que toma en cuenta tanto los pagos con (varios) cupones y la madurez de los bonos, se puede llevar a cabo por medio de estimar la duración de cada emisión de deuda y calcular el valor del promedio ponderado del valor de carátula de las duraciones para diferentes emisiones. Entonces tomamos ésta duración de promedio ponderado para medir el tiempo de expiración de la opción.

### VALOR DE CARÁTULA DE LA DEUDA

Cuando las firmas tienen más de una emisión de deuda en sus libros, el valor de carátula de la deuda emitida que se utiliza tiene que incluir todo el principal extraordinario sobre la deuda. En adición, cómo los cupones vienen apoyándose sobre deuda existente, se requiere que se añadan al valor de la deuda para reflejarse cómo obligaciones añadidas.

De hecho para permanecer consistentes con la noción de convertir toda la deuda en un equivalente de un bono de deuda de cupón-cero, es razonable el acumular los pagos de cupón (o interés) esperados sobre la deuda sobre su tiempo de vida y añadirlos al valor de carátula de la deuda.

### Valuando la participación cómo opción – Caso Eurotunnel

Eurotunnel era la firma que se creó para construir y de manera última obtener ganancias del túnel bajo el Canal de la Mancha, para unir a Inglaterra con Francia. Mientras que el túnel se estaba construyendo en los 90's, nunca fue un éxito comercial y cada año reportó pérdidas significativas después de su apertura.

A principios de 1998, Eurotunnel tenía un valor en participación negativa en libras de -117 millones de libras, y en 1997, la firma había reportado ganancias (negativas) antes de cobro de intereses e impuestos de -56 millones de libras y un ingreso neto de -685 millones de libras. Por cualquier lado que se viera era una firma con problemas financieros.

Mucho del financiamiento del túnel provenía de deuda y para finales de 1997, Eurotunnel acumulaba obligaciones deuda por más de 8000 millones de libras, incluyendo cupones de deuda por pagar. La siguiente tabla enumera y resume la deuda extraordinaria de la firma, junto con las duraciones estimadas para cada clase de deuda:

<b>Tipo de deuda</b>	<b>Valor de Carátula (incluyendo cupones acumulados)</b>	<b>Duración</b>
A corto plazo	935 millones de libras	0.50
10 años	2,435 millones de libras	6.7
20 años	3,555 millones de libras	12.6
Mayor a 20 años	1,940 millones de libras	18.2
<b>Total</b>	<b>8,865 millones de libras</b>	<b>10.93</b>

Él único activo significativo de la firma era la propiedad del túnel y se estimaron tanto el valor de éste activo, partiendo de sus flujos de efectivo esperados, cómo de la asignación apropiada del valor del capital. Las suposiciones se hicieron de la siguiente manera:

- Las ganancias han de aumentar a un nivel del 5% anual en perpetuidad.
- El costo de las bienes vendidos que representaba el 85% de las ganancias en 1997 caería a 65% de las ventas de 2002 y permanecería en ese nivel.
- El gasto de capital y la depreciación se incrementaría en un 5% anual a perpetuidad.
- No se tienen requerimientos de capital de trabajo.
- La razón de deuda, la cual era del 95.35% para el final de 1997, habría de caer hasta el 70% en 2002. El costo de la deuda es del 10% en periodos de alto crecimiento y del 8% después de ello.
- La beta del activo será del 10% para los próximos diez años, y después ha de caer hasta 0.8% por los siguientes 5 años (mientras que el apalancamiento disminuye).

El valor de los activos de la firma es de 2,312 millones de libras. El último dato que se estimó fue la desviación estándar del valor de la firma. Debido a que no existen firmas similares de forma directa, se estimaron las desviaciones estándar de las acciones de Eurotunnel y la deuda de la forma siguiente y se enumeran en la siguiente fracción de balance:

La desviación estándar del precio de la acción de Eurotunnel = 41%

La desviación estándar del precio de los bonos de Eurotunnel = 17%

	1	2	3	4	5
Ganancias	470	494	519	545	572
- Costo de los bienes vendidos	400	395	389	381	372
- Depreciación	141	145	150	154	159
EBIT (G. antes de ints e impuestos)	(71)	(47)	(20)	9	41
- EBIT*t	(25)	(16)	(7)	3	14
EBIT ( 1- t )	(46)	(30)	(13)	6	27
+ Depreciación	141	145	150	154	159
- Gastos de Capital	46	48	49	51	52
<b>- Cambios en capital de trabajo</b>					
Flujos de Efectivo libres a la firma	49	67	87	110	133
Valor Terminal					2,170
Valor Presente	46	59	72	84	2,051

De igual forma estimamos la correlación entre los bonos y las acciones de Eurotunnel y la razón del promedio de la deuda de mercado a capital durante ese periodo fue del 85%.

Combinando éstos resultados, se estimó que la desviación estándar de la firma en:

$$\sigma_{\text{firma}}^2 = (0.15)^2 (0.41)^2 + (0.85)^2 (0.17)^2 + 2(0.15)(0.85)(0.5)(0.41)(0.17) = 0.0335$$

En resumen, los datos del modelo de valuación de opciones se hizo de la manera siguiente:

Valor de los activos subyacentes =  $S$  = Valor de la firma = 2,312 millones de libras

Precio de ejercicio =  $K$  = Valor de carátula de la deuda extraordinaria = 8,865 millones de libras

Vida de la opción =  $t$  = Duración ponderada promedio de la deuda = 10.93 años

Varianza en el valor del activo subyacente =  $\sigma_{\text{firma}}^2$  = Varianza del valor de la firma = 0.0335

Tasa libre de riesgo =  $r$  = tasa del bono del tesoro correspondiente a la Vida de la opción = 6%

Basándonos en éstos datos, la *ecuación de Black-Scholes* nos da el siguiente valor del *call*:

$$\begin{aligned} d_1 &= -0.8337 & N(d_1) &= 0.2023 \\ d_2 &= -1.4392 & N(d_2) &= 0.0751 \end{aligned}$$

$$\text{Valor del call} = 2,312 (0.2023) - 8,865 \exp^{(-0.06)(10.93)} (0.0751) = 122.1696 \text{ millones de libras}$$

La participación de Eurotunnel se operaba alrededor de los 150 millones de libras en 1997. El marco de trabajo en adición a la producción de valor para la participación también nos muestra alguna información importante relativa a las fuerzas que impulsan el valor para dicha participación. Mientras que es ciertamente más importante el tratar de controlar sus costos e incrementar los márgenes de operación, las dos variables más críticas que han de determinar su valor son el plazo de la opción y la varianza en el valor de la firma. Cualquier acción que incrementa (o reduce) la vida de la opción tendrá un efecto positivo (o negativo) sobre el valor de la participación.

Por ejemplo cuando el gobierno francés ejerció presión sobre los banqueros que habían prestado el dinero a Eurotunnel para facilitar las restricciones y permitir a la firma mayores plazos para llevar a cabo el repago de su deuda, los inversionistas en participación se vieron beneficiados, mientras sus opciones se hicieron de plazos más largos. De igual forma, cualquier acción que incremente la volatilidad esperada de la firma incrementará el valor de la opción. (**Damodaran, A., 2005**).

## **VALUACIÓN DE OPCIONES EN LA ESTRUCTURA DE CAPITAL Y LAS DECISIONES DE POLÍTICA DE DIVIDENDOS**

La teoría de *valuación* de opciones se puede aplicar a las decisiones de estructura de capital de varias formas. Una puede ser para ilustrar el conflicto entre los tenedores de acciones y los tenedores de bonos en lo que se refiere al análisis de inversiones y fusiones de conglomerados.

Un segundo punto puede ser en el diseño y valuación de deuda, participación y de instrumentos financieros híbridos. Una tercera pudiera ser el examinar el valor de la flexibilidad financiera, la cual frecuentemente es citada por las firmas que eligen el no utilizar su capacidad de endeudamiento en exceso y pagar lo que consideren adecuado en dividendos. (**Barney, J.B., 1991**).

### **EL CONFLICTO ENTRE TENEDORES DE ACCIONES Y TENEDORES DE BONOS**

Los tenedores de acciones y los tenedores de bonos tienen diferentes objetivos y esto puede llevar a problemas de agencia y es posible que los tenedores de acciones extraigan riqueza de los tenedores de bonos. Dicho conflicto se puede manifestar en varias formas.

Por ejemplo, los tenedores de acciones tienen un incentivo para tomar proyectos mucho más riesgosos que los tenedores de bonos, y consecuentemente para que se paguen una mayor cantidad en dividendos que lo que a los tenedores de bonos les gustaría.

El conflicto entre los tenedores de acciones y los tenedores de bonos se puede ilustrar de manera dramática por medio del uso de la metodología de valuación de opciones desarrollada en la sección anterior.

### **ADOPTANDO PROYECTOS RIESGOSOS**

Partiendo de que la participación es una opción *call* sobre el valor de la firma, mientras que lo demás sigue igual (**ceteris paribus**), un incremento en la varianza en el valor de la firma ha de llevar a un incremento en el valor de la participación. Por lo tanto es concebible el que los tenedores de acciones tiendan a tomar proyectos más riesgosos, los cuales pueden tener eventualmente *valores presentes netos* negativos, los cuales mientras se desarrollan pueden hacer que los tenedores de bonos y a la firma menos valiosa.

Para ilustrarlo, consideremos una firma con un valor en activos de \$100 millones, emite una deuda con un valor de carátula de cupón cero de diez años de duración por \$80 millones y un valor de la desviación estándar del 40%, que hemos valuado anteriormente. La deuda y la participación de la firma fueron valuados de la manera siguiente:

Valor de la participación = \$ 75.94 millones

Valor de la deuda = \$ 24.06 millones

Valor de la firma = \$ 100 millones

Ahora asumamos que los tenedores de acciones tienen la oportunidad de tomar un proyecto con valor presente negativo de dos millones; el proyecto es muy riesgoso y empujaría la desviación estándar hasta valores del 50%. La participación como una opción *call* se puede valorar utilizando los siguientes datos:

Valor del activo subyacente =  $S$  = Valor de la firma = \$ (100 – 2 = 98) millones, el valor de la firma se ve disminuido por el valor presente negativo del valor del proyecto.

Precio de ejercicio =  $K$  = Valor en carátula de la deuda extraordinaria = \$ 80 millones

Plazo de vida de la opción =  $t$  = Plazo de duración del cupón de deuda cero = 10 años

Varianza en el valor del activo subyacente =  $\sigma^2$  = varianza en el valor de la firma = 0.25

Tasa libre de riesgo =  $r$  = Tasa del bono del tesoro correspondiente al plazo de la opción = 10%

Basándonos en éstos datos, la *ecuación de Black-Scholes* nos entrega el siguiente resultado para la participación y la deuda de la firma.

Valor de la participación = \$77.71,

Valor de la deuda = \$20.29,

Valor de la firma = \$98.00

El valor de la participación se incrementa de \$75.94 a \$77.71, a pesar de que la firma disminuye en su valor en dos millones. **El incremento en el valor de la participación proviene de una disminución del valor a expensas de los tenedores de bonos, los cuales ven disminuida su riqueza de \$24.06 a \$ 20.19 millones. (Damodaran, A., 2005) .**

## FUSIÓN DE CONGLOMERADOS

Los tenedores de bonos y los tenedores de acciones pueden tener conflictos en el caso de que se aparezca la posibilidad de fusión entre conglomerados, donde la varianza de ganancias y de flujos de efectivo de la firma ya fusionada pudieran tender a ser menores que los de cada firma, por que las firmas que se fusionan pudieran tener flujos de efectivo que no estén perfectamente correlacionadas.

En éstas fusiones, el valor de la participación combinada de la firma disminuiría debido a una disminución de la varianza, consecuentemente los tenedores de bonos obtendrían una ganancia a costa de los tenedores de acciones.

Los tenedores de acciones pudiesen reclamar algo o toda su riqueza pérdida utilizando su mayor capacidad de endeudamiento y pudiesen obligar a la firma a emitir nueva deuda. Para ilustrarlo supongamos que nos han proporcionado la siguiente información relativa a las siguientes dos firmas, “Aceites y autos” y “Cosméticos Gianni” (una firma de cosméticos) que pretenden fusionarse.

	Aceites y autos	Cosméticos Gianni
Valor de la firma	\$100 millones	\$150 millones
Valor de carátula de la deuda	\$80 millones	\$50 millones (Cupón de deuda cero)
Madurez de la deuda	10 años	10 años

Correlación entre los flujos de efectivo de las firmas: 0.4. **Tabla Propia**

La tasa del bono sin riesgo a 10 años es del 10%.

La varianza en el valor de la firma después de la fusión se puede calcular de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Varianza combinada del valor de la firma} &= w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 \\ &= (0.4)^2 (0.16) + (0.6)^2 (0.25) + 2 (0.4) (0.6) (0.4) (0.4) (0.5) \\ &= 0.154 \end{aligned}$$



Valores de la firma	Aceites y autos	Cosméticos Gianni	Firma fusionada
Participación	\$ 75.94 millones	\$ 134.47 millones	\$ 207.43 millones
Deuda	\$ 24.06 millones	\$ 15.53 millones	\$ 42.57 millones
Firma	\$ 100.00 millones	\$ 150.00 millones	\$ 250.00 millones

El valor combinado de la participación antes de la fusión es de \$210.41 millones; la cual disminuye a \$207.43 millones. La ganancia de riqueza de los tenedores de bonos aumenta en ese grado y los tenedores de acciones pierden esa misma cantidad. Pasando riqueza entre los diferentes tenedores de instrumentos emitidos por la firma, debido a la naturaleza de la fusión. Entonces las fusiones entre conglomerados no generan un incremento en la capacidad de apalancamiento y generalmente causan éstos tipos de distorsiones y redistribución de la riqueza entre los diferentes poseedores de los instrumentos emitidos por las firmas. **(Dierickx, I., Cool, K. 1989)**.

## DISEÑO Y VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS

El entendimiento de cómo operan las opciones y el cómo valorarlas es particularmente útil para las firmas que tienen que diseñar instrumentos que incluyan características de opciones. En el diseño del financiamiento, las firmas han de tratar de ajustar sus tanto sus finanzas como les sea posible con los flujos de efectivo generados por sus activos. Al hacer esto, reducen la posibilidad del riesgo de caer en falta de pagos (default) e incrementan su capacidad de endeudamiento. El combinar opciones con bonos eventualmente puede permitir a una firma el alcanzar éste ajuste, como en los casos siguientes:

- Bonos convertibles: Un bono convertible es una combinación de opción de conversión y un bono simple.

Los bonos convertibles permiten a las firmas con elevado potencial de crecimiento, una elevada volatilidad en las ganancias y en los flujos de efectivo, y con flujos de efectivo bajos en realidad para poder pedir prestado sin exponerse a sí mismos a riesgos severos de default.

- Bonos sobre commodities: un bono sobre un commodity (materia prima básica) es un bono que se encuentra indexado a los precios de uno o varios commodity/ies (tales como el oro o el petróleo) y a un bono sencillo.
- Las firmas de commodities cuyas ganancias o flujos de efectivo tienden a moverse con los precios de los commodity/ies pueden tener ganancias a partir del uso de éstos bonos.
- Bonos de catástrofe: Éstos bonos permiten a los emisores de los mismos el tener cláusulas de suspensión de pagos de cupones o del pago en una fecha preestablecida o el pago parcial en la fecha de pago, en el evento de una catástrofe específica.

Para las compañías de seguros, las cuales se encuentran expuestas a grandes obligaciones en caso de catástrofe (tales como un terremoto o una inundación o un huracán), les proveen de una aproximación libre de riesgos por falta de pago en caso de requerir pedir prestado.

## VALOR DE LA FLEXIBILIDAD FINANCIERA

Cuando se llevan a cabo decisiones financieras, los gerentes consideran el efecto de dichas decisiones han de tener en su capacidad de tomar nuevos proyectos o enfrentar contingencias inesperadas en periodos futuros. De manera práctica esto se traduce en que las firmas pueden mantener capacidades de deuda en exceso o balances mayores que los que requieren que están garantizadas por las necesidades futuras.

Mientras se mantenga ésta flexibilidad financiera, la cual tiene valor para la firma igualmente tiene un costo; el tener balances de efectivo mucho mayores pueden reducir los ingresos de la firma hasta valores debajo de los del mercado, y una capacidad de endeudamiento en exceso también implica que la firma está perdiendo algo de valor y que puede tener costos mayores de capital debido a la existencia del capital en exceso.

La única razón que permite a una firma grande el tener efectivo disponible, o sea mantener un balance agrandado, es el tener la capacidad de acceder al dinero para por así decirlo aprovechar alguna oportunidad que aparezca a lo largo del camino, cómo lo representa el tomar proyectos no esperados que prometen retornos elevados, en un tiempo futuro. Para valorar la flexibilidad financiera como una opción, consideremos el siguiente escenario. Una firma tiene expectativas acerca de qué tanto ha de reinvertir en periodos futuros, basada en su propia historia anterior y en las condiciones actuales de la industria.

Por el lado, del préstamo, una firma también tiene expectativas de cuánto puede obtener a partir de fondos internos y de su acceso futuro a los mercados de capital. Asumamos que se tiene una volatilidad acerca de las expectativas de sus futuras necesidades de reinversión; para hacerlo sencillo, asumamos que la firma sabe los montos y su capacidad para generar fondos. La ventaja y el valor de tener capacidad de endeudamiento en exceso o balances agrandados de efectivo, es que la firma puede enfrentar cualquier necesidad de reinversión en exceso con los fondos disponibles por el uso de su capacidad en exceso de endeudamiento. Las ganancias de éstos proyectos, sin embargo provienen de los retornos en exceso que la firma espera obtener de ellos. Para valorar la flexibilidad financiera sobre una base anualizada, hemos de utilizar las siguientes medidas:

**Tabla 3.1: Flexibilidad financiera. Damodaran, A., (2005).**

<b>Dato para el modelo</b>	<b>Medida</b>	<b>Aproximación del estimado</b>
<b>S</b>	Necesidades de reinversión anuales esperadas como % de un valor de la firma	Uso de un promedio histórico de (Capital Neto Extraordinario + (cambio en el capital de trabajo no en efectivo/ Valor de mercado de la firma)
<b>K</b>	Necesidades anuales de reinversión como un porcentaje del valor de la firma que se pueden acumular sin necesidad de flexibilidad financiera	Sí la firma no quiere o no puede allegarse de financiamiento externo: (Ingreso Neto – Dividendos + Depreciación) /valor de mercado de la firma. Sí la firma utiliza capital externo (deuda bancaria o bonos o participación) regularmente: (Ingreso Neto + Depreciación + Financiamiento Externo neto)/Valor de mercado de la firma
$\sigma^2$	Varianza de las necesidades de reinversión	Varianza en las reinversiones esperadas como un porcentaje del valor de la firma (utilizando los datos históricos)
<b>t</b>	un año	Para obtener el estimado anual del valor de la flexibilidad

Hemos estimado éstos datos para el caso de Home Depot, comenzando con las reinversiones como un porcentaje del valor de la firma. La tabla de la siguiente página resume éstos resultados de los años 1989-1998

**Tabla de Flexibilidad financiera para Home Depot. Damodaran, A., (2005)**

<b>Año</b>	<b>Necesidades de reinversión</b>	<b>Valor de la firma</b>	<b>Necesidades de reinversión cómo porcentaje del valor de la firma</b>	<b>ln (Necesidades de reinversión)</b>
1989	\$ 175.00	\$ 2,758.00	6.35%	-2.7563329
1990	\$ 374.00	\$ 3,815.00	9.80%	-2.3224401
1991	\$ 427.00	\$ 5,137.00	8.31%	-2.4874405
1992	\$ 456.00	\$ 7,148.00	6.38%	-2.7520951
1993	\$ 927.00	\$ 9,239.00	10.03%	-2.2992354
1994	\$ 1,176.00	\$ 12,477.00	9.43%	-2.3617681
1995	\$ 1,344.00	\$ 15,470.00	8.69%	-2.4432524
1996	\$ 1,086.00	\$ 19,535.00	5.56%	-2.8897065
1997	\$ 1,589.00	\$ 24,156.00	6.58%	-2.7214279
1998	\$ 1,817.00	\$ 30,219.00	6.01%	-2.8112841

Necesidades de reinversión promedio como porcentaje del valor de la firma = 7.71%

Desviación estándar del ln (Necesidades de reinversión) = 22.36%

Hemos seguido el estimado de los fondos internos como un porcentaje del valor de la firma, usando la suma del ingreso neto y la depreciación como una medida interna de los fondos internos: (Ver la tabla siguiente)

**Tabla de Fondos internos estimados para Home Depot, Damodaran, A., (2005)**

Año	Ingreso neto	Depreciación	Valor de la firma	Fondos internos / Valor
1989	\$ 112.00	\$ 21.00	\$ 2,758.00	4.82%
1990	\$ 163.00	\$ 34.00	\$ 3,815.00	5.16%
1991	\$ 249.00	\$ 52.00	\$ 5,137.00	5.86%
1992	\$ 363.00	\$ 70.00	\$ 7,148.00	6.06%
1993	\$ 457.00	\$ 90.00	\$ 9,239.00	5.92%
1994	\$ 605.00	\$ 130.00	\$ 12,477.00	5.89%
1995	\$ 732.00	\$ 181.00	\$ 15,470.00	5.90%
1996	\$ 938.00	\$ 232.00	\$ 19,535.00	5.99%
1997	\$ 1,160.00	\$ 283.00	\$ 24,156.00	5.97%
1998	\$ 1,614.00	\$ 373.00	\$ 30,219.00	6.58%

Los fondos internos en promedio, fueron del 5.82% del valor de la firma entre 1989 y 1998. Partiendo de que la firma casi no utiliza fondeo externo y solamente tiene una sola; pequeña emisión de bono extraordinario, la firma obtuvo la diferencia entre sus necesidades de reinversión (7.71%) y la generación de fondos internos (5.82%) por la emisión de nueva participación. Hemos de asumir, viendo al futuro, que the Home Depot no requiere de nuevas emisiones de acciones.

La razón de endeudamiento actual de the Home Depot es del 4.55%, y su costo corriente de capital es de 9.51%.

Su razón óptima de endeudamiento es del 20%, y su costo de capital a ese nivel de endeudamiento es del 9.17%.

Finalmente the Home Depot en 1998, ganó un retorno sobre capital del 16.37% y nosotros hemos asumido, que igualmente, lo obtiene a partir de nuevos proyectos.

$$S = \text{Necesidades de reinversión esperadas como un porcentaje del valor de la firma} = 7.71\%$$

$$K = \text{Necesidades de reinversión que pueden ser refinanciadas sin flexibilidad} = 5.82\%$$

$$t = 1 \text{ año}$$

$$\text{Varianza del ln (Gastos de capital neto)} = \sigma^2 = (0.2236)^2 = 0.5$$

Con una tasa libre de riesgo del 6%, el valor estimado de la opción que obtuvimos utilizando éstos datos es del 0.02277.

Cuando convertimos esta opción en una medida de valor en el tiempo, multiplicándola por el valor de retorno actual en exceso, y entonces asumiendo que la firma obtiene éstos retornos para siempre:

$$\begin{aligned} \text{Valor de la flexibilidad} &= 0.02277 (\text{Retorno sobre capital} - \text{Costo de capital}) / \text{Costo de capital} \\ &= 0.02277 (0.1637 - 0.0951) / 0.0951 = 1.6425\% \end{aligned}$$

Sobre una base anual, la flexibilidad generada por el exceso de capacidad de endeudamiento vale un 1.6425% del valor de la firma de the Home Depot, el cual está bastante en exceso de los ahorros,  $(9.51-9.17 = 0.34\%)$  del costo de capital que se hubiera obtenido, si usase su capacidad de deuda en exceso.

Una consideración final aquí es que éste estimado no considera el hecho de que the Home Depot no tiene una flexibilidad financiera ilimitada. De hecho asume que el exceso de capacidad de endeudamiento (la cual es del 15.45%, la diferencia entre la razón óptima de endeudamiento y la razón actual de deuda) es el límite hacia arriba sobre la flexibilidad financiera.

Podemos valorar el efecto de éste límite, valuando una opción call con los mismos parámetros cómo el call descrito anteriormente, pero con precio de ejercicio de 21.27%  $(15.45+ 5.82\%)$ . En éste caso, el efecto sobre el valor de la flexibilidad es despreciable de imponerse dichas limitantes. **Damodaran, A., (2005).**

## IMPLICACIONES

Observando a la flexibilidad financiera como una opción nos da la oportunidad de darnos cuenta de dónde es más importante dicha flexibilidad financiera. Usando el marco anterior, por ejemplo podemos argüir que:

- Manteniendo lo demás constante (**ceteris paribus**) las firmas operando en negocios donde los proyectos pueden generar mayores retornos que sus tasas umbrales u obstáculo han de valorar más la flexibilidad financiera representada por un balance relativamente elevado, que aquellos que operan en medios ambientes de negocios dónde las tasas obstáculo son relativamente pequeñas.

Esto implicaría que firmas tales como Microsoft y Dell, que generan amplias tasas de retorno en sus proyectos, pueden utilizar su necesidad de mayor flexibilidad financiera como una justificación para mantener balances mayormente grandes y una capacidad de endeudamiento mayor.

- Partiendo de que la habilidad de una firma para obtener fondos (fondarse) para sus necesidades de reinversión se encuentra determinada por su capacidad de generar fondos internos, manteniendo todo lo demás constante (*ceteris paribus*), la flexibilidad financiera ha de valer menos para firmas con ganancias grandes y estables, como un porcentaje del valor de la firma.

Las firmas que tienen ganancias pequeñas o negativas, y por lo tanto una mucho menor capacidad de generar fondos de manera interna, por lo tanto, han de valorar en mayor grado la flexibilidad. Por lo tanto la existencia del **riesgo idiosincrásico** es mucho mayor para una firma pequeña que para una firma grande, por que ha de depender de la credibilidad que su negocio proyecte sobre el resto de su medio ambiente cercano de manera más dependiente de la respuesta de sus clientes dentro de su nicho (pequeño) de mercado.

- Las firmas con poca o sin capacidad fondos de manera interna, aún pueden operar con poca o sin flexibilidad financiera, si pueden obtener sus fondos a partir de los mercados externos de capital – ya sea deuda bancaria, bonos o nuevas emisiones de acciones.

Manteniendo lo demás igual (*ceteris paribus*), mientras mayor sea la capacidad, y la voluntad, de una firma para obtener fondos a partir de los mercados externos de capital, menos ha de valorar la flexibilidad financiera.

Esto pudiera explicar por que las firmas privadas pequeñas, las cuales tienen un mucho menor acceso al capital, han de valorar mucho más la flexibilidad financiera, que las firmas más grandes. La existencia de mercados de bonos corporativos también pueden hacer una diferencia en que tanto se valora la flexibilidad financiera.

En mercados donde las firmas no pueden tener acceso o no pueden emitir bonos y tienen que depender totalmente de los bancos para su financiamiento, consecuentemente no tienen acceso al capital y dependen y tienen de manera total necesidad de la flexibilidad financiera.

- La necesidad de y el valor de la flexibilidad financiera es una función directa de que tan incierta está una firma acerca de sus necesidades futuras de reinversión. Las firmas con necesidades futuras de reinversión predecibles han de valorar menos la flexibilidad financiera que aquellas en sectores donde las necesidades de reinversión son volátiles en una base de periodo-a-periodo.

## CAPÍTULO 4

### TEORÍA DE OPCIONES REALES

En años recientes se ha dado una mayor atención a los modelos estocásticos de los mercados financieros que parten de la *ecuación* que genera el *modelo* tradicional *de Black-Scholes* y posteriormente Merton. Desde que Black y Scholes generaron y Merton amplió el marco de trabajo para valuar las opciones europeas que no pagan dividendos, muchos practicantes y académicos se han involucrado con la metodología de valuación de las diferentes opciones.

Primordialmente lo que hacen Black y Scholes, y Merton es separar en pasos el análisis dentro de los eventos que ocurren en una opción, basándose en la opción europea y regresándose a calcular los valores intermedios en función del tiempo a partir de la condición de frontera dada por el valor terminal de dicha opción. Definimos esto de manera formal en adelante.

#### EL ROL DE LA FLEXIBILIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

Existen muchos casos de opciones que no son activos negociados financieramente, tales como las acciones y los “commodities”, pero son opciones, reales, tales como aquellas que existen en proyectos u otras *opciones reales* dentro de los proyectos, el término opciones reales puede ser seguido hasta **Myers (1977)**, quien primero las identificó como inversiones en activos reales como opciones solamente.

Una opción real es un derecho con un valor diferente en diferentes periodos de tiempo para llevar a cabo alguna decisión de negocios, de manera típica una inversión de capital. Por ejemplo, la oportunidad de invertir en la expansión de una fábrica es una opción real. Hacer la inversión es como el ejercer la opción, y el costo de la inversión es el precio de ejercicio de la opción.

Las técnicas estándar de la economía financiera nos dan el precio de la opción – el valor para la firma de la oportunidad – y la regla que le dice a la firma cuando ejercerla de manera óptima. **Dixit y Pindyck (1994)** arguyen que la mayoría de las decisiones de inversión tienen tres características importantes en términos de opciones reales.

Primera, la inversión es parcialmente o totalmente irreversible. Una vez invertido, el costo de capital se hace total o parcialmente hundido (lo cual lo relaciona directamente con una opción en el sentido de que se puede considerar a ésta inversión como el pago de derecho a tener la opción).

Segunda, existe siempre una incertidumbre sobre el retorno futuro a partir de la inversión. Los precios futuros del activo son impredecibles, lo cual hace inciertos los flujos de retorno de efectivo del proyecto.

Tercera, los inversionistas tienen la posibilidad de elegir invertir en un tiempo flexible para ellos ya sea determinado por ellos o predeterminado o eventualmente en apariencia indeterminado. Aunque en realidad, cómo casi cualquier decisión sobre una circunstancia u oportunidad

siempre es temporal y consecuentemente siempre estará representada por una “ventana de oportunidad”

Se puede invertir en un proyecto ahora si se piensa que el retorno de la inversión es lo suficientemente grande para cubrir todos los riesgos de inversión, o se puede posponer la inversión para obtener mejor información acerca de los precios futuros.

En otras palabras los inversionistas pueden tener la oportunidad, pero no la obligación de elegir tomar un proyecto, no sólo en un momento dado y preciso, sino también en cualquier punto de todo el periodo durante el cual se encuentre disponible.

Usando una analogía de opciones financieras, la propiedad de una patente es como una opción *call* americana, el *activo subyacente* siendo por ejemplo, los flujos de efectivo generados por la patente/proyecto.

Han aparecido varios artículos sobre el **benchmarking (comparación al estándar del y al mercado)** en éste campo. Los trabajos seminales de **McDonald y Siegel (1986)**, **Pindyck (1991)**, **Dixit y Pindyck (1994)** y **Trigeorgis (1996)** frecuentemente son referidos como los que presentan los fundamentos de éste método, usando particularmente programación dinámica y técnicas de arbitraje.

Una opción real puede ser un paquete consistente del valor del proyecto más el valor de otras *opciones reales* incorporadas dentro de él mismo: el abandonar el proyecto es el equivalente de su valor de rescate, el detenerlo temporalmente, para posteriormente extender o contraer la escala de producción.

De ésta forma, la aproximación por medio de opciones reales puede ayudar a cuantificar la habilidad de la administración para adaptarse a sus planes futuros para capitalizar las oportunidades favorables de inversión o para responder a eventos no deseables en un medio ambiente dinámico, cortando pérdidas. Una de las ideas centrales dentro del campo de las opciones reales es que el valor de una opción en la presencia de otras puede diferir de su valor como activo único. En la teoría clásica de opciones reales los trabajos de **Brennan y Schwartz (1985)**, **Trigeorgis (1993)** y de **Abel, Dixit, Eberly y Pindyck (1996)** están relacionados con la valoración de la oportunidad de inversión como una colección de opciones reales embebidas cuantificando sus interacciones.

#### 4.1 MODELOS DE VALUACIÓN PARA OPCIONES REALES

Esta sección sirve para dar un vistazo a los procedimientos tanto analíticos como numéricos empleados para la valuación financiera de opciones reales. Si llevásemos a cabo una rápida revisión de los métodos numéricos probables de aplicar a las opciones reales, a pesar de que se conocen bastante bien las soluciones de las *ecuaciones de Black-Scholes* y las más extensas presentadas por **Merton** ambas entre 1972 y 1973, y al menos formular la solución de la mayoría de los problemas de valuación de derivados financieros, los cuáles a su vez generalmente no tienen soluciones analíticas, las cuales normalmente al ser resueltas den lugar a un nuevo desarrollo específico, y consecuentemente sea bautizado en honor y con el nombre de su descubridor.

Los problemas de valuación de opciones reales las cuales son normalmente más “exóticos” que los problemas de valuación de derivados financieros sencillos o los derivados exóticos (existen demasiadas variables consideradas cómo activos subyacentes y modelos multivariable) y por ello frecuentemente los investigadores se apoyan en técnicas numéricas para poder valuarlos, ya sea suponiendo comportamientos probabilísticas o ajustando partes del modelo. De hecho solamente una proporción muy pequeña de las ecuaciones diferenciales tienen una solución analítica. Y el encontrar las soluciones analíticas normalmente es una tarea muy difícil. En ésta sección haremos una descripción no completamente formal de algunas de las técnicas más útiles y eficientes de que los modeladores de *opciones reales* habrán de saber manejar y en muchos de los desarrollos llevar a cabo.

---

Las técnicas numéricas se pueden dividir en tres grupos principales:

- **Procesos de simulación:** Simulación de Monte Carlo generalmente con algún método de optimización;
- **Métodos de Réticula o Capas:** *Método binomial*, trinomial y multinomial;
- **Resolviendo la ecuación diferencial parcial:** Método de las diferencias finitas.

## LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN

Hasta fechas muy recientes, muchos de los autores pensaban que la simulación de Monte Carlo no era capaz de manejar la opción americana. Después del trabajo pionero de Black y Scholes otros autores han mejorado éste método tales como **Barraquand y Martineau**, y **Broaide y Glasserman (1995)**, **Grant, Vora y Weeks (1997)** y **Longstaff y Schwartz (2001)** entre otros.

## LOS MÉTODOS DE RETÍCULAS

Éstos consisten en elegir un modelo de tiempo discreto para el modelo correspondiente de tiempo continuo de forma tal que ambos tengan la misma función de generación de momentos. Dependiendo del proceso de evolución subyacente o del número de factores múltiples se puede volver una tarea tremenda y eventualmente excesivamente difícil de resolver.

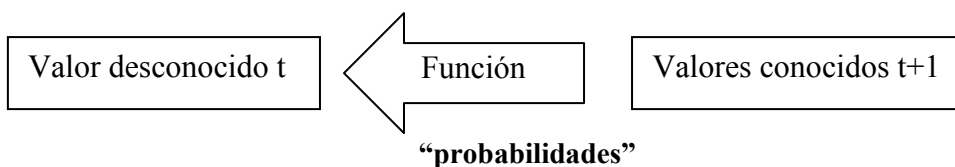
## RESOLVIENDO LA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL: EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS

El método de aproximación clásico de los estudios de finanzas continuas nos lleva a la ecuación diferencial parcial que puede ser evaluada para dar el sobreprecio de la opción y la trayectoria óptima de ejercicio. El método de las diferencias finitas es el método clásico para resolver de manera directa la ecuación diferencial parcial. Éste método consiste de transformar el dominio continuo de las variables de estado por medio de una retícula o red de puntos discretos. La ecuación diferencial parcial se convierte en un juego de ecuaciones de diferencias finitas que pueden ser resueltas sujetas a las condiciones de frontera apropiadas. Los métodos de diferencias finitas pueden ser de las siguientes formas:

- 
- i) **El método Implícito:** Se puede resolver la ecuación diferencial parcial de manera indirecta resolviendo un sistema de ecuaciones lineales simultáneas. Dentro de las cuales la convergencia está asegurada.
  - ii) **El método Explícito:** La ecuación se puede resolver de manera directa usando las condiciones de frontera apropiadas y procediendo en reversa en el tiempo a través de pequeños intervalos hasta que se encuentra la trayectoria óptima para cada  $t$ . Se asegura la convergencia para los incrementos de tamaño específico de la longitud del intervalo. Las dos gráficas en adelante ilustran el método.
- 

## MÉTODO EXPLÍCITO DE DIFERENCIAS FINITAS:

- 
- Consiste de transformar el dominio continuo de  $P$ ,  $I$  y  $t$  (variables de estado) por una red o retícula de puntos discretos.
  - Se convierte la ecuación diferencial parcial en una serie de ecuaciones de diferencias finitas.
  - Cada variable desconocida es función de valores conocidos del periodo subsecuente – Procedimiento en reversa.
- 



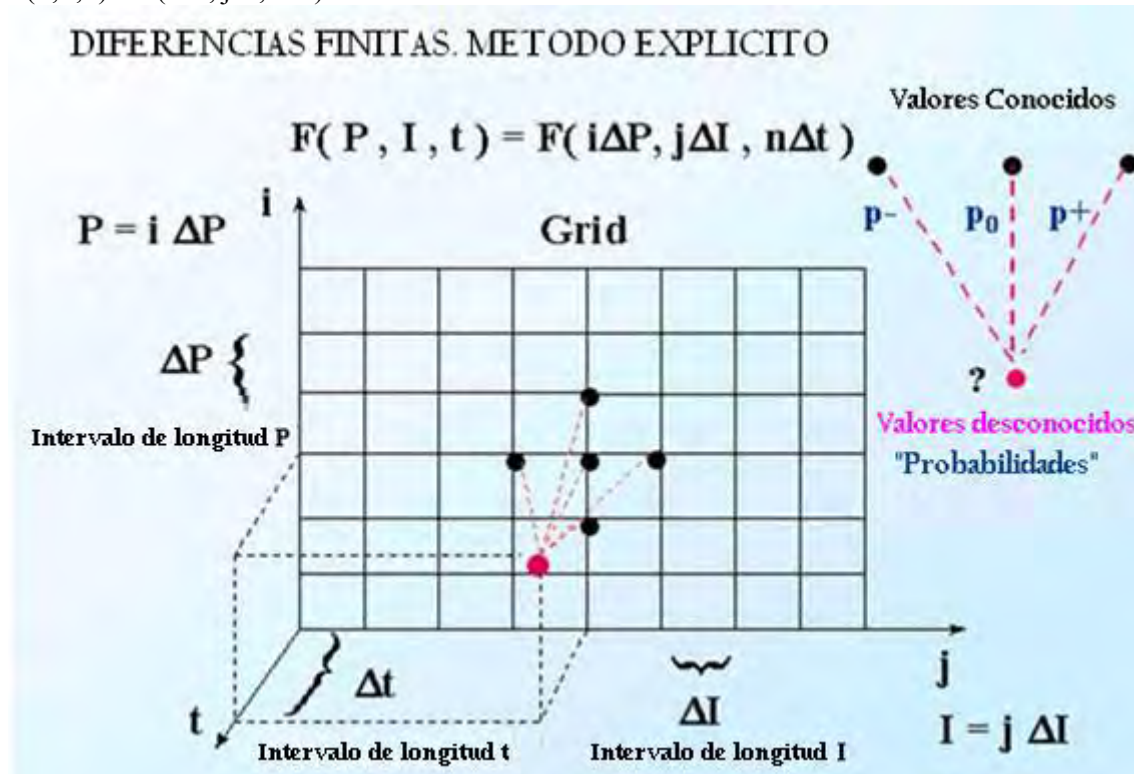


- La función representa los pesos y actúan como “probabilidades”.

## MÉTODO EXPLÍCITO DE DIFERENCIAS FINITAS

$$F(P, I, t) = F(i\Delta P, j\Delta I, n\Delta t)$$

Valores conocidos



Los métodos de diferencias finitas para resolver ecuaciones diferenciales parciales se discuten en mayor detalle adelante, después de una pequeña discusión acerca del tiempo computacional, el cual tiene que ver con la eficiencia del método.

## TIEMPO COMPUTACIONAL

Es difícil identificar el método que sea más eficiente. Cada uno de ellos tiene sus propias características. En general para unos pocas variables de estado, las diferencias finitas y los métodos de retícula en un tiempo computacional más rápido comparado con las técnicas de simulación. Sin embargo, incrementando la dimensionalidad del problema, parece que los métodos de simulación son más eficientes y efectivos. Los problemas libres de frontera y los problemas de detención óptima, sin embargo se puede llevar a cabo de manera más “fácilmente entendible” por los métodos de diferencias finitas.

Clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales:

Sea la siguiente ecuación diferencial parcial lineal de segundo orden:

$$a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + b \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + c \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + d \frac{\partial u}{\partial x} + e \frac{\partial u}{\partial y} + fu + g = 0 \quad (1)$$

donde: a, b, c, d, e, f y g pueden ser funciones de ambas variables independientes (x o y) o de la variable dependiente (u).

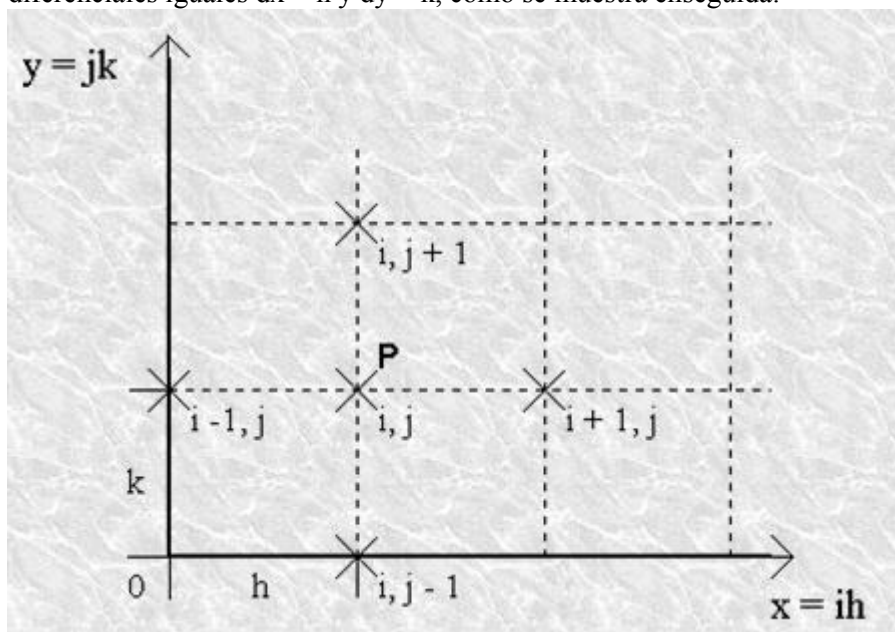
Ésta ecuación es del tipo:

- Parabólica sí  $b^2 - 4ac = 0$ ;
- Elíptica sí  $b^2 - 4ac < 0$ ;
- Hiperbólica sí  $b^2 - 4ac > 0$ .

Es importante el notar que la mayoría de las ecuaciones encontradas en la literatura financiera incluyendo las opciones exóticas y derivados más sofisticados, los cuales son del tipo parabólico en una dimensión (en la *ecuación de Black-Scholes*, con una variable de estado además del tiempo). Sin embargo dentro del marco de trabajo encontramos del tipo elíptico e igualmente las del tipo parabólico en una o dos dimensiones (con dos variables de estado además del tiempo). Es importante notar que el *método* de diferencias finitas es capaz de evaluar cualquier tipo de ecuación diferencial parcial e igualmente ecuaciones diferenciales ordinarias.

### EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS

Dicho método consiste en transformar las derivadas parciales en ecuaciones en diferencias sobre intervalos pequeños. Suponiendo que  $u$  es una función de las variables independientes  $x$  y  $y$ , podemos habiendo dividido el plano  $x$ - $y$  en puntos dentro de una rejilla simétrica con diferencias iguales  $dx = h$  y  $dy = k$ , cómo se muestra enseguida:



Se puede evaluar  $u$  en el punto  $P$  por medio de:

$$u_P = u(ih, jk) = u_{i,j}$$

El valor de la segunda derivada en  $P$  se puede evaluar también por medio:

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_P = \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h^2}$$

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_P = \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{k^2}$$

El valor de la primera derivada en  $P$  se puede evaluar por medio de las tres aproximaciones siguientes.

1) Diferencia central:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i+1,j} - u_{i-1,j}}{2h}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j-1}}{2k}$$

2) Diferencia adelantada o hacia adelante:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}}{h}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j}}{k}$$

3) Diferencia retrasada o hacia atrás:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}}{h}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{i,j} \cong \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j}}{k}$$

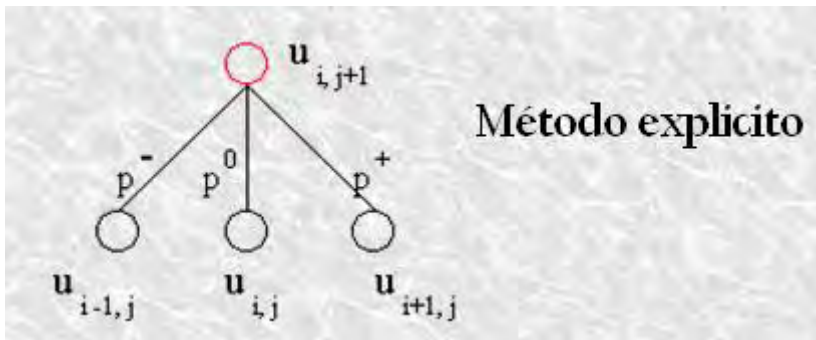
### MÉTODO EXPLÍCITO/IMPLÍCITO EN UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL DEL TIPO PARABÓLICA

Después de haber substituido las aproximaciones de las derivadas en la ecuación diferencial parcial, la ecuación diferencial parcial se convierte en una serie de ecuaciones en diferencias finitas que pueden ser resueltas ya sea por el método implícito o por el método explícito. A partir de éste momento hemos de pensar que el índice  $j$  cómo el tiempo para la expiración ( de forma tal que  $j+1$  significa un mayor tiempo a la expiración, o un instante anterior en el tiempo),  $i$  cómo índice como un precio.

El método explícito nos permite evaluar el valor desconocido hoy de  $u_{i,j+1}$  de manera directa a partir de los valores subsecuentes futuros conocidos  $u_{i-1,j}$ ,  $u_{i,j}$  y  $u_{i+1,j}$ . Ello se puede hacer debido a que tenemos las condiciones de frontera adecuadas que siempre fijan los valores en la fecha de terminación o expiración. Y se puede ver cómo un procedimiento en reversa de programación dinámica. Por lo tanto la aplicación del método explícito nos lleva a la ecuación en diferencias de la forma siguiente:

$$u_{i,j+1} = p^-_{i,j} u_{i-1,j} + p^0_{i,j} u_{i,j} + p^+_{i,j} u_{i+1,j}$$

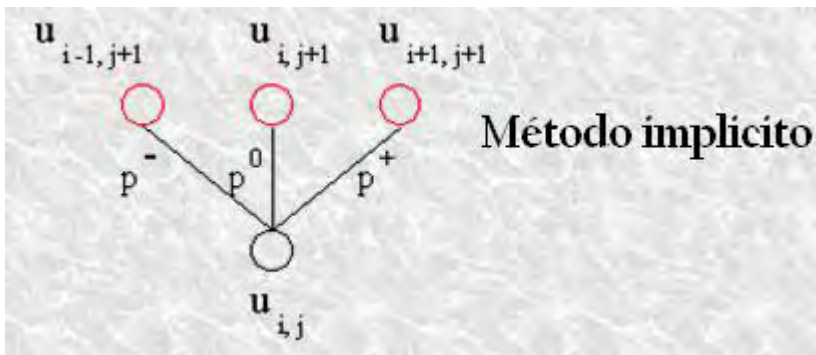
Representamos una unidad o molécula de ecuación diferencial parcial utilizando el *método* explícito representado en delante. El valor desconocido está en rojo y los valores conocidos en negro (véase la figura en la página siguiente):



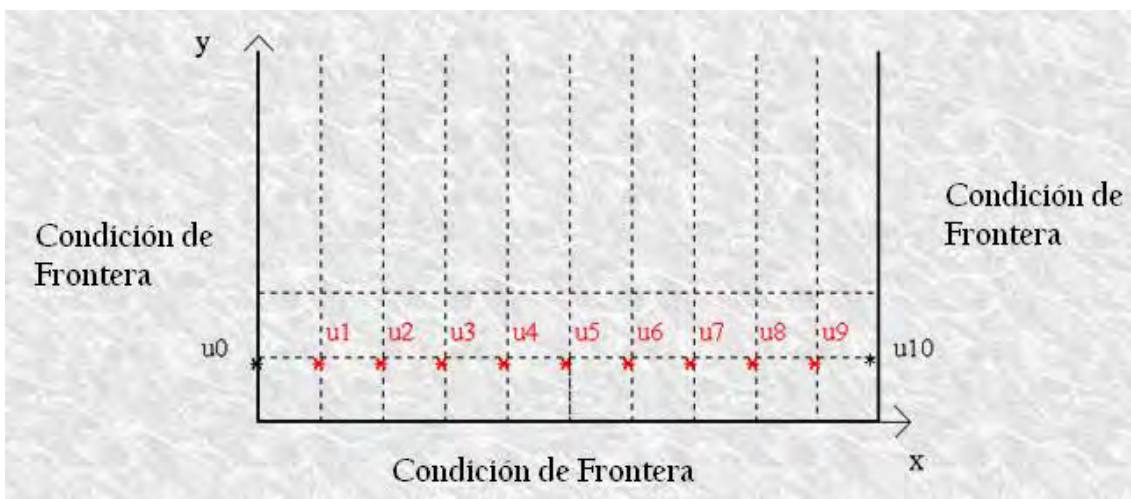
El método implícito no nos permite una aproximación directa para evaluar el valor desconocido. En lugar de ello encontramos una expresión como la siguiente:

$$u_{i,j} = p^-_{i,j} u_{i-1,j+1} + p^0_{i,j} u_{i,j+1} + p^+_{i,j} u_{i+1,j+1}$$

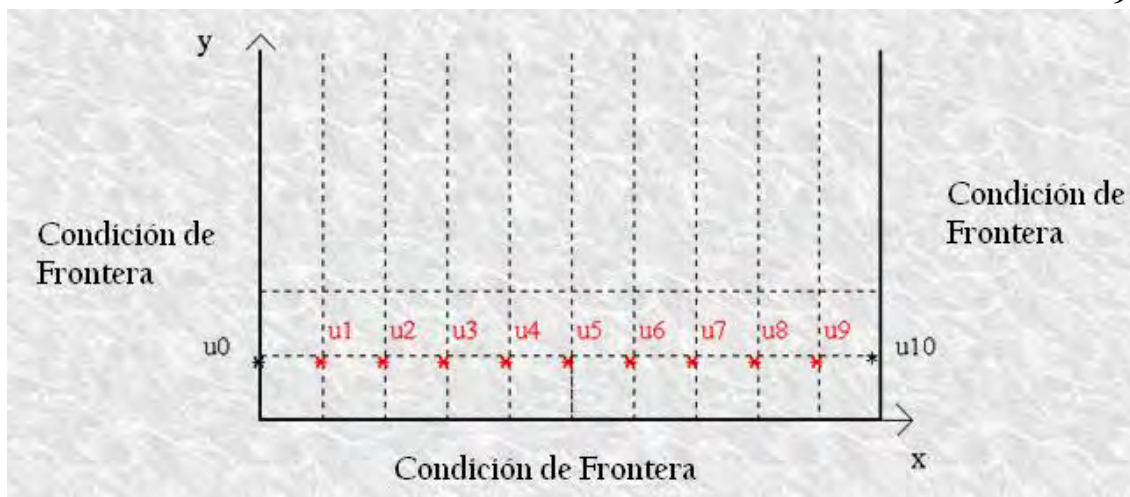
Representamos una unidad o molécula de ecuación diferencial parcial utilizando el método implícito representado en adelante. El valor desconocido está en rojo y los valores conocidos en negro:



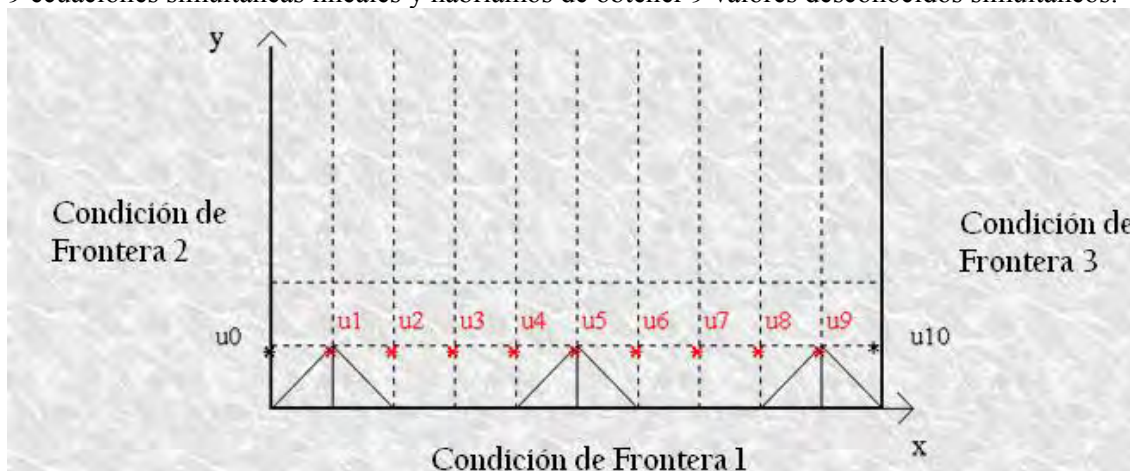
De manera tal que tendremos que resolver un sistema de ecuaciones simultáneas de ecuaciones lineales para evaluar los valores desconocidos. Supongamos que la ecuación diferencial parcial parabólica ha sido transformada en una serie de ecuaciones en diferencias. Obtendríamos la siguiente rejilla donde los términos en rojo han de ser evaluados.



Usando el método explícito, los elementos  $u_1$ -  $u_9$  se pueden evaluar directamente partir de los elementos subsecuentes, los cuales representan las condiciones de frontera 1.



Sin embargo, si nosotros estuviésemos utilizando el **método** implícito tendríamos un sistema de 9 ecuaciones simultáneas lineales y habríamos de obtener 9 valores desconocidos simultáneos.



## CONVERGENCIA Y ESTABILIDAD

El método implícito siempre es estable. Sin embargo el método explícito se ha de utilizar de manera cuidadosa. Para una ecuación diferencial parcial después de sustituir las derivadas por sus aproximaciones, nos lleva a la siguiente ecuación en diferencias:

$$u_{i,j+1} = a_{i,j} u_{i+1,j} + b_{i,j} u_{i,j} + c_{i,j} u_{i-1,j} + kd_{i,j}$$

Una forma rápida de garantizar la convergencia y la estabilidad se da por que se han fijado **a**, **b** y **c** con valores mayores que cero cambiando la longitud del intervalo en los procesos de discretización. (M.Sc. Katia M.C. Rocha, C2010).

## MÉTODOS ANALÍTICOS

Mucho del trabajo en la teoría de valuación de opciones fue caracterizado por soluciones analíticas que ofrecían una solución adecuada a problemas de valuación simple que raramente reflejaban la realidad. Los métodos analíticos se pueden dividir en soluciones de forma cerrada y soluciones analíticas aproximadas.

Asumiendo lo anterior la **ecuación** y el **modelo de Black-Scholes** logarítmico normal o log-normal en el cual el precio del activo subyacente se asume que está lognormalmente distribuido, es por mucho el más popular. El modelo de **valoración** de opciones de Black-Scholes es bastante difícil de ser descrito sin el uso de matemáticas avanzadas. La finalidad principal del modelo de Black-Scholes es la de establecer una ecuación diferencial parcial de segundo orden, usando un argumento libre de arbitraje, con condiciones de frontera como el pago final de una opción call europea.

Una de las soluciones a la ecuación diferencial parcial es la fórmula de valuación de una opción *call* estilo europea en términos del precio actual de la acción, el precio de ejercicio, la tasa de interés, la volatilidad del activo subyacente y el tiempo al ejercicio o a la maduración. La mayor desventaja de ésta aproximación de *Black-Scholes* yace en la falta de habilidad de manejar una ecuación diferencial parcial con condiciones de frontera arbitrarias.

Se usan técnicas numéricas para resolver las ecuaciones diferenciales parciales generales para obtener precios de opciones. En un medio ambiente típico del modelo de Black-Scholes el retorno del *activo subyacente* se asume que sigue un movimiento geométrico browniano.

Bajo éste supuesto una serie de artículos se han enfocado en la *valuación* cuantitativa y en muchos casos se han derivado soluciones analíticas. Casi todos éstos trabajos pueden ser vistos como extensiones del *modelo* de Black-Scholes en muchas direcciones.

Los cuales están representados por la multitud de variaciones sobre el mismo tema. Un importante campo de aplicación es la aproximación de *opciones reales*. Los modelos de opciones reales han hecho frecuentemente uso del movimiento browniano para representar la dinámica del valor de los proyectos de inversión, los precios, el rendimiento y otras variables que se desarrollan de manera estocástica a través del tiempo y que afectan tanto la decisión, cómo la forma en que la firma ha de invertir.

En muchos casos las estrategias de ejercicio óptimo se describen por fórmulas simples explícitas.

**Dixit y Pindyck (1994)** y **Trigeorgis (1996)**, nos muestran una revisión de los modelos más representativos de opciones reales. **Merton (1976)** extiende el modelo de Black-Scholes para incluir situaciones donde los retornos del activo subyacente no son continuos. Como en muchos modelos económicos, la discontinuidad se modela con un proceso de Poisson.

Asumiendo que los retornos del activo subyacente son discontinuos resulta en la obtención de información muy importante, el evento está distribuido en un arreglo tipo Poisson, y es la llegada de información hacia nosotros lo que nos informa del comportamiento del activo subyacente. La idea principal en la que descansa todo éste problema es que la información que recibimos está independiente e idénticamente distribuida.

Con la distribución de Poisson, la suposición de las llegadas de información y el retorno del activo subyacente descrito por medio de un proceso de difusión mezclado con saltos, Merton obtuvo una expresión para la valuación de una opción europea de compra o call, el cual está en forma cerrada bajo una especificación de parámetros diferente.

A pesar de la enorme importancia de los modelos continuos de tiempo, tales como aquellos basados en el modelo de Black y Scholes, para la valoración de proyectos, éstos no pueden tomar en cuenta de manera apropiada la naturaleza de las inversiones en el mundo real. La razón es que en muchas industrias (por ejemplo farmacéuticas y biotecnológicas) nos llega información relativa nueva estratégica importante en puntos discretos en el tiempo y en general, no de forma continua.

La literatura reciente argumenta que los procesos de difusión representan de mejor manera la dinámica de los retornos tanto de activos financieros como de activos reales. En los modelos de difusión con saltos, la evolución normal de los precios está dada por un proceso de difusión, acentuado por puntos en intervalos al azar.

Aquí el componente gaussiano representa como siempre la incertidumbre y la parte de los saltos, está compuesta por un proceso de Poisson con número finito de saltos en cada intervalo que representa eventos raros, como choques e informaciones importantes.

**Martzoukos y Trigeorgis (2002)**, **Kou (2002)**, **Mordecki (2002)**, **Boyarchenko y Levendorskii (2002)** y **Boyarchenko (2004)** han estudiado las opciones reales con saltos.

---

La aproximación analítica fue estudiada por vez primera por **Barone-Adesi Whaley (1987)** y **Whaley (1987)** en la teoría de *valuación* de opciones.

Lo más importante de ésta aproximación es el que ofrece soluciones analíticas a la valuación de opciones que por sus propias características pueden ser consideradas de un avance hacia la modelación de *opciones reales*, y para nuestro caso de tipos especiales cercanas a las *patentes*.

## TÉCNICAS CUANTITATIVAS APLICABLES A LAS OPCIONES REALES

Las aproximaciones analíticas en general no son adecuadas para valorar contratos de opciones complejos. La habilidad de valorar tales contratos complejos en el caso del modelo de **Black-Scholes** se obtiene por un aproximación de procesos de difusión continua por medio de una cadena de tiempo discreta de **Markov**: el árbol *binomial* de **Cox-Ross-Rubinstein**.

Desde que el proceso de árbol binomial converge hacia el proceso de Black-Scholes, la valuación de cualquier opción europea con un pago continuo confinado calculado por medio de un árbol binomial convergerá a su valor en el *modelo* de Black-Scholes limitado. La importancia principal de ésta aproximación es que ofrece un procedimiento numérico para valorar contratos de opciones complicados.

La parte más importante de la gran mayoría de los contratos se puede valorar de manera sencilla por medio de un planteamiento binomial, aunque ello sea por circunstancias límite que se presentan en la realidad.

Segundo, la metodología binomial es en general más intuitiva, más simple y flexible en el manejo de los procesos estocásticos. Su mayor desventaja recae en su incapacidad de manejar más de un precio conocido inicial para el activo cada vez.

El modelo de árbol binomial es la técnica más ampliamente utilizada por los practicantes en el campo análisis de decisiones. **Trigeorgis (1991)**, por ejemplo, desarrolla una variación logarítmica transformada (log-transformada) del método binomial de Cox-Ross-Rubinstein. La mayor ventaja del procedimiento es que se puede aplicar fácilmente a varios problemas complejos de opciones reales encontrados en problemas de finanzas corporativas.

De hecho, se ajusta idealmente a situaciones donde (1) existen más de dos opciones a ser valuadas secuencialmente (por ejemplo: opciones de crecimiento); (2) se desea tomar en cuenta el riesgo de eventos raros dentro del proceso de inversión; (3) existen opciones múltiples interactuando.

Otro planteamiento es por medio de la simulación de **Monte Carlo**, el cual fue ideado por **Boyle (1977)** para finanzas. Esencialmente los métodos de Monte Carlo requieren de generar un gran número de simulaciones numéricas de alguna caminata al azar seguidos por los precios de los activos subyacentes, y éstas simulaciones se utilizan para valorar los contratos de opciones.

La simulación de Monte Carlo es simple y flexible en el sentido de que se puede modificar fácilmente para acomodarse a la simulación de diferentes procesos que gobiernan el movimiento del instrumento subyacente.

El uso de las simulaciones de Monte Carlo para valorar los contratos de opciones reales se han incrementado por que los productos son muy flexibles (por ejemplo: opciones exóticas) y es generalmente difícil el obtener las soluciones cerradas para muchos de los productos complicados.

Otro tipo de procedimiento numérico está basado en los métodos de diferencias finitas. Estos métodos usan una aproximación discreta a la ecuación diferencial parcial especificando el valor de la opción. La idea básica es muy sencilla: es el reemplazar las derivadas parciales utilizadas en cualquier ecuación diferencial parcial con sus correspondientes aproximaciones de diferencias finitas.

---

Los *métodos* de diferencias finitas se pueden utilizar para valorar opciones americanas así como opciones europeas cuando no existen soluciones analíticas disponibles para la ecuación diferencial parcial. Se pueden aplicar cuando el proceso del valor subyacente se asume que es bastante complejo (por ejemplo un proceso de difusión con saltos).

Los métodos de diferencias finitas fueron originalmente desarrollados por **Schwartz (1977)** y **Brennan y Schwartz (1977, 1978, 1995)** para problemas financieros y valuación de *opciones reales*.

## PATENTES COMO OPCIONES REALES

Las *patentes* representan nuevos productos o innovación de procesos cuya introducción puede requerir de inversiones cuantiosas. Muchos de éstos gastos de inversión están hundidos y por lo tanto no pueden ser recuperados, ello incluye los costos tales como los pagos de mantenimiento y el pago de registro e investigación a los abogados especialistas en patentes.

El determinar el manejo y/o administración óptima de patentes es imposible a menos que uno tome en cuenta el riesgo, de hecho, existe una gran incertidumbre sobre las recompensas futuras provenientes de la invención; esto es, para cada patente existe un flujo de ganancias que se desarrolla estocásticamente mientras las condiciones del mercado cambian.

Es el ritmo y la sincronía de la inversión en la invención patentada una materia de importancia total. El invertir temprano en el proceso nos provee de ganancias provenientes de la patente. A pesar de ello, en la mayoría de los casos, se puede posponer la inversión en tanto que nos parezca adecuado de acuerdo a la información pertinente que recibimos. De acuerdo con la teoría de opciones reales la patente de una firma crea una oportunidad de inversión irreversible que los individuos u otras firmas no tienen posibilidad de tomar.

Ésta oportunidad de inversión es una opción de compra americana o *call* –el derecho, pero no la obligación de gastar o aplicar a una inversión en dinero o en alguna otra forma de apropiación ya sea ahora o en un tiempo futuro, a cambio por un activo de cierto valor, y es ahí donde se puede considerar cómo una oportunidad de inversión, la inversión aplicada en la obtención del conocimiento que nos ha colocado en posibilidad de solicitar el derecho de patentar.

Como las opciones financieras, ésta opción de invertir tiene valor por que el valor futuro del activo obtenido es incierto. Debido a que el valor futuro es incierto, existe una oportunidad de costo en el invertir el día de hoy. A esto a veces se le llama la opción a o para esperar.

Entonces la regla de inversión óptima, como se describe en la literatura de opciones reales, es: invertir solamente cuando el activo excede el costo de inversión por una opción de premio o la posibilidad de acceder a oportunidades de ganancias potencialmente importantes.

Las características parecidas a las de las opciones reales se pueden encontrar en todas las decisiones relevantes de las patentes. En algún grado, cada una de ellas abarca algún costo hundido, cada decisión deberá de hacerse en un medio ambiente incierto, y cada una de ellas sí es evaluada de manera adecuada eventualmente permite cierta libertad de ritmo y tiempo.

Una enseñanza importante de la modelación de opciones reales es que los gerentes no están limitados a hacer decisiones irreversibles, sino que tienen cierta flexibilidad para tomar diferentes decisiones estratégicas para responder a eventos ya sean favorables o desfavorables.

## LA OPCIÓN A RENOVAR

Las opciones renovables son el conjunto más importante y obvio de opciones que conllevan los proyectos y consecuentemente las patentes.

---



Ésta opción le otorga al poseedor del derecho de renovar los beneficios a partir de la explotación de una patente hasta por un máximo de veinte años o ser desechada antes del fin de la vida estatutaria de la patente si su tenedor decide no pagar un pago relevante de renovación.

El hecho de que el tenedor de la *patente* recibe una opción adicional de renovar su patente después de un periodo de un año puede ser representado en la forma de una secuencia de opciones de compra europeas cuyo activo subyacente es la renta dada por la exclusividad de los derechos y donde los *precios de ejercicio* corresponden a los pagos anuales de renovación de derechos, lo cual nos lleva a considerar el valor remanente de nuestra opción: ya sea como objeto de segunda, o de tercera mano; con o sin valor remanente y de interés para alguien, si cae dentro de una categoría de venta, puede ser licenciado, lo cual se explica en adelante, se sabe que lo que algunos consideran basura es un tesoro para otro.

## LA OPCIÓN A LICENCIAR

El poseedor de una patente tiene la opción a licenciar su propiedad intelectual cuando el no posee los recursos de manufactura y distribución necesarios para producir y mercadear el producto en un nivel dado o eventualmente no desea hacerlo, ya sea éste en una escala local, regional, nacional, internacional o global.

A cambio de licenciar su derecho a una tecnología, el licenciado por la patente típicamente compensa al licenciataria con una combinación de pagos adelantados, regalías y en algunos casos pagos por acontecimientos importantes, o sea hitos.

Por ejemplo, los convenios de licenciamiento son muy comunes en el medio ambiente del desarrollo de farmacéuticos, en especial de drogas, donde las grandes compañías farmacéuticas colaboran con compañías de biotecnología para ayudarlas a fondar sus investigaciones y desarrollar y ofrecer al mercado y distribuir sus productos.

Como las opciones de venta "*puts*", las opciones de licenciamiento dan a sus tenedores en derecho de vender el valor incierto de retorno actual de una droga a cambio de un pago cierto o incierto.

## LA OPCIÓN DE PATENTAR A NIVEL INTERNACIONAL

Cuando se toma en consideración la oportunidad de aplicar la patente o patentar a nivel internacional, las firmas enfrentan oportunidades de expansión. La regla básica es patentar en aquellos países donde la compañía tiene negocios o espera tener negocios dentro del tiempo de vida de la patente, y donde el valor de la patente para proteger los negocios propios de la compañía excede los costos de obtenerla y mantenerla.

Los costos del patentado a nivel internacional pudiesen ser demasiado altos para ser absorbidos por una compañía pequeña.

Sin embargo, el considerar la expansión de la opción de patentar, pudiese justificar las aplicaciones en un rango mayor de países, y eventualmente para una compañía pequeña la posibilidad de negociar con diferentes compañías en los diferentes países donde considere adecuado vender sus derechos, y/o plantear una estrategia de crecimiento basada en la entrega de territorios que no considere adecuados para ella, debido a factores que eventualmente para una firma local pudiesen ser salvables.

De ésta forma la opción para llenar patentes foráneas es similar a la oportunidad de extender la dimensión de un proyecto. De hecho el tomar la decisión de patentar en el extranjero, es como ejercer una opción de compra para proteger una parte adicional de un porcentaje dado ( $x\%$ ) del tamaño de mercado incurriendo en un costo de seguimiento  $I_F$ .

De ésta forma, el valor descontado de la protección de la patente al agente es igual al retorno corriente a la protección de la patente, más una opción de compra "*call*" a futuro, la protección potencial del tamaño del mercado.

---

## LA OPCIÓN A ABANDONAR

El derecho a la *patente* también provee a su tenedor con la opción de abandonar antes de que ella misma expire. Generalmente el abandono de una patente es similar al abandono de un proyecto.

El abandono nos evita los gastos de mantenimiento de una patente, y aún puede otorgarnos algún tipo de valor de desecho por la reventa del activo subyacente, bajo ésta suposición, el valor de la patente proviene de ambos, de los retornos actuales o corrientes a la innovación y de la opción a abandonar de manera permanente a cambio de su valor de rescate.

Ésta opción de abandonar se puede ejercer en cualquier momento hasta que la patente se termina por si misma. Por lo tanto, se puede valorar como una opción americana de venta sobre en valor actual del proyecto con un precio de ejercicio de rescate o con un valor de mercado de segunda mano.

Esta opción de inversión estratégica muy probablemente dependerá de la industria y del valor concerniente: puede ser ciertamente correcto que tecnologías mas genéricas (por ej. tecnologías múltiproducción) que pudiesen tener un valor de rescate mayor y valor de opción de abandono mayor que aquellos correspondientes a tecnologías de propósitos especiales o específicos.

## LA OPCIÓN A DEMANDAR

Las firmas en competencia en **Investigación y Desarrollo (I+D)** generalmente pudiesen infringir, o directamente retar los derechos de patentes de otras firmas. Entre compañías que generan bienes o servicios similares es frecuente el llevar a litigio los derechos sobre la propiedad Intelectual, y aún si una firma es de la opinión de que requiere protección contra o a favor de un producto en particular.

Para algunas firmas, primordialmente aquellas que comienzan y algunas compañías pequeñas, dentro del área biotecnológica, el llegar a las cortes es considerado como un mal necesario, aunque cómo en casi todas las áreas existen inclusive algunos que de ello hacen una forma de vida.

En contraste para las grandes compañías –ya establecidas – usan las cortes como un arma para proteger los grandes costos de inversión efectuados en I+D. Las firmas enfrentan la decisión de llegar a los tribunales, y el tener acciones y seguimiento de las mismas, o eventualmente, llegar a un acuerdo antes del litigio.

Entonces la decisión de entrar en litigio pudiese ser visto como una opción de venta americana (o put) que nos otorga el derecho de vender el flujo de ganancias actual a cambio de ganancias/daños determinados ya sea por la negociación o la acción en las cortes. A pesar de la gran importancia que tienen las opciones estándar para valorar oportunidades reales, tienen muchas limitaciones resultantes de su falta de flexibilidad al describir la gran variedad de decisiones de inversión.

Sin embargo la teoría actual de *opciones reales* ha llegado a un nivel bastante avanzado respecto al modelado de patentes. **Schwartz (2003)**, por ejemplo, desarrolló e implementó un modelo numérico para la valuación de patentes y proyectos protegidos por patentes de I+D, como opciones complejas sobre variables subyacentes del valor del proyecto, los cuales son los “costos a completar” esperados, y los flujos de efectivo estimados después de la finalización.

La incertidumbre se introduce en el análisis por medio del permitir que éstas variables sigan un proceso estocástico a través del tiempo. Se toma en cuenta la posibilidad del riesgo de fallas suponiendo que los eventos arriban dentro de una distribución de Poisson variable al azar.

**Becker (2007)**, propuso un punto de vista del tipo de opción de juegos de protección imperfecta de patentes para desarrollar un modelo formal estratégico de la llamada patente probabilística

para investigar la opción del valor de litigio y su impacto en las decisiones de capital presupuestado. En las siguientes secciones examinaremos los diferentes campos de la literatura que han construido modelos basados en la teoría de *opciones reales* para tomar en cuenta las decisiones relevantes dentro de las *patentes*. En particular revisaremos las diferentes suposiciones y consideraciones técnicas de las formulas que se han derivado.

## **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Cómo se sigue del análisis hasta ahora, nuestra revisión busca examinar las bases teóricas de la inversión bajo condiciones de incertidumbre dentro de la literatura de patentes, la cual tiene un cercano parecido entre las oportunidades reales de inversión y los derivados financieros.

Hemos adoptado un método simple para la mecánica de la investigación en la literatura. Como un primer paso hemos estudiado una serie de artículos relacionados con las diferentes formas de valuación de las patentes desde el punto de vista de opciones reales.

Y a partir de 1986 a la fecha en varias de las revistas calificadas, capítulos de libros y artículos e información a nuestro alcance. Posteriormente hemos filtrado en subconjuntos distinguibles entre sí de acuerdo a las metodologías que han adoptado y a los modelos de opciones reales que se ajustan mejor.

De ésta forma hemos obtenido cuatro subconjuntos que se ajustan de la mejor forma a las decisiones óptimas de administración/gestión de patentes. Y éstas incluyen modelos que:

1. Estudian las patentes como una secuencia de inversiones y las valúan por medio de modelos de opciones compuestas;
2. Estudian las patentes como opciones reales múltiples y las valúan cómo portafolios de activos tangibles e intangibles;
3. Utilizan procesos estocásticos complejos para enfrentar diferentes fuentes de incertidumbre;
4. Combinan la teoría de Valuación de Opciones y la teoría de Juegos para analizar el efecto de las interacciones estratégicas sobre las decisiones de patentado.

## **4.2 MODELOS DE OPCIONES REALES PARA LA VALUACIÓN DE PATENTES SECUENCIALES**

### **OPCIONES REALES DE SECUENCIAS COMPUESTAS**

Una línea de investigación que ha generado modelos de opciones reales para presupuestos de capital aplicados a patentes que toma en cuenta de manera explícita dos de los estados de diferentes características denominadas patentado e innovación de producto.

Después de que se ha descubierto una invención y se discute su potencial para ser patentada, su inventor tiene la opción de patentar por medio del pago de la patente y la comercialización de la innovación presente en el producto.

Después del descubrimiento de una invención y se discute su patentabilidad, el inventor tiene la opción de patentar por medio del pago de derechos.

Haciendo ésta inversión el inventor “compra” opciones reales de poner la innovación para un uso comercial. Con éste propósito el dueño de la patente puede proceder inmediatamente a la comercialización de la innovación subyacente, pagando un nuevo costo de inversión.

Una vez que el proceso se ha completado de manera exitosa y se ha introducido el producto en el mercado, las ganancias empiezan a fluir cómo un proceso estocástico normalmente ajeno exógeno.

---

Una característica clave de las inversiones secuenciales es la posibilidad de detenerse a mitad del flujo, si por ejemplo, una firma quisiese vender un proyecto parcialmente completado, por ejemplo: eventualmente el vender la *patente* a otra firma.

Ésta característica de inversiones secuenciales es análoga a una serie de opciones “call on call” (de compra sobre compra, o compra reiterada).

En términos más específicos, la primera opción cronológicamente es el derecho, pero no la obligación de ejecutar la segunda opción.

La segunda opción nos da el derecho y la posibilidad de gastar el dinero inmediatamente o en el futuro, a cambio de un proyecto de algún valor. Usualmente, los académicos se refieren a éstas oportunidades irreversibles de inversión como *opciones reales* secuenciales compuestas puesto que la segunda opción de inversión se crea solamente cuando se ha ejercido la primera.

En la práctica, la aproximación se trabaja en sentido inverso para encontrar el valor del proyecto en cada estado discreto, encontrando primero el valor del proyecto una vez finalizado o completo, y después encontrando el valor de la opción de invertir en el proyecto en la segunda opción, junto con el valor del precio crítico para dicha inversión, y finalmente encontrando el valor de la inversión para el primer lapso o estado, llegando de manera final al valor inicial del proyecto.

**Dixit y Pindyck (1994)** estudiaron por primera vez las opciones secuenciales compuestas dentro de la teoría de opciones reales. En particular, nos proveyeron con la valoración de dos estados separados del proyecto junto con sus iniciadores óptimos. De ésta forma, encontraron la regla de decisión de que una vez que la firma decide iniciar una inversión completará ambas partes del proyecto en el mismo momento.

Cómo lo muestra **Lambrecht (2000)**, este resultado tiene una implicación muy importante respecto al ritmo de patentar y la comercialización en la innovación de un producto. De hecho la inversión óptima consiste en patentar y arrancar el producto subyacente inmediatamente después de ello.

Sin embargo Lambrecht analizó el efecto de evitar el llevar a cabo simultáneamente los dos eventos de la inversión. Él encontró que el disparo es estacionario e implica un compromiso entre el beneficio de esperar a invertir bajo una condición de incertidumbre y el costo de evitar la inversión de la segunda fase.

De ésta forma, ambos el **ignitor de inversión** de **Marshall** y el ignitor no estratégico obtenido por una valoración normal o estándar de la opción representan los casos límite del ignitor estratégico óptimo. Se ha analizado extensivamente el fenómeno de la patente hibernando cuando el ignitor de la inversión óptima para el primer estado es menor que el segundo ignitor de la inversión.

El resultado principal fue que los bajos costos del patentado en el primer estado, la elevada volatilidad, un nivel de crecimiento elevado, bajas tasas de descuento y una expectativa de bajo rendimiento llevaron a la decisión de evadir la inversión en aquellos casos donde la invención no se coloca de manera inmediata en uso comercial.

**Weeds (1999)** analizó un proyecto de inversión de dos estados en un arreglo no estratégico con una patente tomada en el primer paso y una entrada irreversible al mercado en el segundo, consideró circunstancias bajo las cuales el proyecto sería suspendido en el punto intermedio entre los dos estados. Se mostró que en la presencia de tanto incertidumbre de mercado e incertidumbre tecnológica, la optimización del comportamiento pudiese resultar en la detención del proyecto en el punto intermedio, dejando la potencialmente rentable innovación no explotada por cierto periodo de tiempo.

El modelo también considera el efecto posible de medidas para forzar la explotación de patentes hibernando y encuentra que éstas condiciones tienden a desincentivar a las firmas a emprender

investigación, lo cual a su vez tiene un efecto de retraso general en el avance tecnológico de la firma, cómo se muestra más adelante.

**Takalo y Kannianen (2000)** desarrollaron un modelo de *opciones reales* secuenciales donde cada decisión tomada altera las condiciones económicas en las cuales el innovador está operando. Ellos introdujeron el argumento de que se reducían las pérdidas a partir de la entrada al mercado de un rival, las patentes también aumentan la posibilidad de esperar a la comercialización y pueden llevar a una entrada retrasada al mercado de la nueva innovación (*patentes* durmientes o hibernando).

De manera más general, las patentes pueden tener dos efectos bastante diferentes sobre la velocidad del progreso técnico.

Primero, la patente eleva el valor presente de las rentas de cada proyecto potencial, elevando también por lo tanto el número potencial de innovaciones.

Segundo, crea la opción y la posibilidad de retrasar la introducción de nuevos productos, reduciendo por lo tanto la velocidad del progreso técnico dentro del área.

### **OPCIONES REALES MÚLTIPLES**

Los tenedores de patentes deben de pagar anualmente la renovación de la misma para mantener sus patentes vigentes. Si no se paga la renovación de la patente, ésta se cancela manera permanente. Y también existe el caso en el que se puede intentar patentar en paralelo en varias regiones, lo cual nos llevaría a evaluar cada una de dichas elecciones.

Los agentes que pagan la renovación obtienen ambos beneficios, el de las ganancias del periodo siguiente, y la opción de pagar la dependiente renovación y mantener la patente en vigencia en el siguiente periodo con los derechos consecuentes.

Ésta característica fue señalada por **Pakes (1986)** quien ve la fase de entrega de los derechos de la patente cómo una serie de opciones “*call*” ejecutables por medio del pago de la renovación de derechos sobre el o los plazos siguientes.

Los agentes que toman decisiones de renovación de forma óptima solamente renovarán aquellas patentes que los ingresos del año a pagar más el valor de la opción a renovar y el mantenimiento de la patente en los siguientes periodos juntos exceden el pago de renovación, o sí confían en un evento dependiente de ésta decisión con valor futuro que exceda dicha cantidad.

Los académicos y practicantes sugieren que cuando otra opción real en adición a la opción a invertir en un proyecto se encuentran disponibles para la administración de la firma, se tiene una oportunidad de inversión a discreción y puede ser vista como una opción “*call*” sobre una colección o un portafolio consistente del valor bruto del proyecto  $V$  y otra opción real “*call*” (de compra) y “*put*” (de venta).

De acuerdo con esto la opción representada por el mantenimiento de una patente difiere de las opciones “*plain-vanilla*” desde que el pago de la renovación por una patente entregada no solamente tiene la posibilidad de ejercer el monopolio de las ganancias para los años próximos, sino también tiene la opción de la renovación de la patente al final de cada año, el precio de ejercicio de renovación por el cual se hace posible el pagarlo.

El derecho de la patente también provee al tenedor de la misma con la opción de abandonar la posesión del derecho al final del término establecido que limita la protección de la patente. La consideración que impulsa, en ésta instancia, será que la tenencia de la patente permite a su tenedor el ahorrarse los futuros pagos de renovación. De ésta forma **Pakes (1986)** introduce el concepto de tasa de obstáculo o umbral, la cual plantea el monto mínimo en el cual los retornos actuales deberán de exceder para justificar el mantener en nuestra posesión la patente.

---

Como una evidencia empírica se presenta que los últimos años de la vida de una *patente* están dominados por los efectos de la obsolescencia tecnológica, más que por la opción a tener futuras ganancias por monopolios, por tanto llegará un punto o año de obstáculo o umbral donde el valor de la opción es casi de cero, o se considere sin valor alguno y se deberá de abandonar.

(Aunque en éste punto no hay que olvidar que la obsolescencia tecnológica también puede redefinir el concepto de nivel de desarrollo cómo una forma de acceso a productos de alto contenido o de alta novedad tecnológica, en ése caso se trataría de una sociedad desarrollada y viceversa. Aunque ésta nueva definición, propia, plantea cuestiones muy interesantes a los ciclos y la obsolescencia tecnológica, y los saltos o ciclos o contradicciones que se pueden presentar en éste renglón).

La cuestión crítica entonces será el calcular cuando el obstáculo es de tal tamaño que no permite la renovación, más allá del cual se deberá de dejar de pagar la misma renovación y se llega a la extinción de la patente. El *método* de valuación sugerido por **Pakes** se lleva a cabo tomando datos de números al azar a partir de un proceso estocástico para calcular el valor simulado de una opción y las frecuencias simuladas de retiro para cada etapa.

**Baudry y Dumont (2006)** adoptan un modelo alternativo que se separa del propuesto por Pakes, de *opciones reales* y se mueven hacia una aproximación del *modelo* de árbol *binomial* del tipo de modelo de Cox-Ross-Rubinstein. Su aproximación tiene la ventaja de permitir que la dinámica de la renta de la patente siga un amplio rango de procesos estocásticos. De ésta forma, son capaces de obtener no solamente probabilidades simuladas sino inclusive probabilidades exactas de retiro lo cual es una diferencia significativa del modelo de **Pakes**.

**Marco (2005)** explora el concepto de litigio de la patente e introduce la opción de llamar a juicio a un supuesto infractor. En esencia **Marco** trata a la patente como un portafolio consistente en dos activos: un activo que paga un flujo de ganancias estocástico, y la opción de llevar a juicio. La opción de llevar a juicio es una opción "*put*" (de venta): el tenedor de la patente tiene el derecho y la posibilidad de vender el flujo de ganancias actual a cambio del resultado ofrecido por la corte.

El fallo de la corte puede pensarse como el dinero proveniente de un pago (por ejemplo: los daños o regalías determinadas por la corte), o como otro portafolio consistente de un nuevo flujo de ganancias, y una nueva opción a demandar, las cuales reflejarán la creencia renovada del valor de la patente. Los resultados obtenidos de ésta manera demuestran que el valor de la patente depende no solamente de la tecnología subyacente, sino también del grado de incertidumbre sobre los derechos de propiedad.

## FUENTES MÚLTIPLES DE INCERTIDUMBRE

**Lamely y Shapiro** argumentan que los derechos de patentes se ven afectados por dos fuentes primordiales de incertidumbre:

1. La incertidumbre acerca del significado comercial de la invención a patentar; y
2. La incertidumbre acerca de la validez y alcance del derecho legal entregado.

El primero es crítico cuando se estudian los procesos de otorgamiento de las patentes.

El último es crítico cuando se estudian la obligación y el litigio de las patentes.

Los inventores regularmente solicitan *patentes* sin una idea clara de si lo que pretenden patentar ha de tener algún nivel de éxito comercial. En este caso, la incertidumbre acerca del significado comercial está relacionado con los posibles flujos de efectivo futuros que la invención ha de producir si llega a ser introducida al mercado: en cualquier punto en el tiempo la firma observa los flujos de efectivo que la invención ha de producir si ya ha sido patentada, y éste proceso tiene riesgos tanto sistemáticos cómo idiosincrásicos.

---

La incertidumbre acerca de la validez de y el alcance; introduce el concepto de patente **probabilística**. De acuerdo con **Lemley y Shapiro (2001)**, de hecho la patente no confiere a su tenedor un derecho absoluto de excluir a otros por el hecho de llevarlos a la corte. En el alcance actual del derecho de patente, aún si los derechos de patente aguantasen cualquier juicio, son de manera alguna inciertos y son cuestiones contingentes. Dada ésta incertidumbre una patente es como un derecho de propiedad probabilística –una mezcla de propiedad y lotería.

Desde que existe evidencia empírica de que solamente un 0.1% de todas las patentes son llevadas a juicio, y de que de todas ellas cerca de la mitad de las patentes en litigio por su posesión total, se declaran no válidas, éste hecho es crítico en el entendimiento del impacto del riesgo legal sobre el valor económico de los derechos de propiedad intelectual.

En suma, parece intuitivamente evidente que la incertidumbre acerca de la protección legal pudiese jugar un papel clave en las decisiones de presupuesto de capital, por que pudiese tener un impacto substancial en el manejo y la gestión de los derechos de propiedad intelectual. Los estudios de **opciones reales** han utilizado a menudo el movimiento browniano para representar las fuentes principales de incertidumbre que afectan el valor de los proyectos de inversión.

Una forma en la que la incertidumbre acerca de la protección legal se puede incorporar dentro de un modelo de opciones reales de patentes probabilísticas es tomando el riesgo de litigio como un parámetro, que en adición a otros parámetros como el arrastre (drift) y la volatilidad, determina la evolución del valor del proyecto a través del tiempo.

El riesgo de disputas legales se modela entonces como saltos en un proceso subyacente a una opción real sobre la comercialización. Éste punto de vista de modelar la protección imperfecta de las patentes ha sido propuesto por **Becker (2007)** quien reconoce que el riesgo por litigios tiene un valor de impulso importante dentro de los litigios a los derechos de propiedad intelectual.

El proceso modificado tiene un impacto inmediato sobre el valor del derecho de propiedad intelectual otorgado asegurando el derecho exclusivo de explotación sobre la innovación. En términos técnicos, los eventos que afectan ya sea positiva o negativamente el valor del derecho de propiedad intelectual toman la forma de discontinuidades o saltos en el proceso de valoración.

De manera correspondiente, los modelos que incluyen ambas características, ya sean con cambios tanto continuos como discontinuos, se refieren como modelos de difusión con saltos, muchos de los cuales se han aplicado de manera exitosa a la valuación de activos financieros. Los estudios de opciones reales han empleado ampliamente procesos de difusión con saltos para enfrentar la posibilidad de entrada de competencia exógena.

El trabajo seminal de **McDonald y Siegel (1986)** estudia el ritmo preciso de inversión dentro de un proyecto irreversible donde los flujos de efectivo del proyecto  $V$ , pueden tomar un salto discreto hacia cero. Las fórmulas obtenidas de ésta manera son las mismas que los valores obtenidos sin saltos de **Poisson**, excepto por el hecho de que la tasa de descuento esta modificada para tomar en cuenta el parámetro característico  $\lambda$ .

De acuerdo con **Dixit y Pindyck (1994)**, la versión de difusión con saltos del **modelo** pudiese describir una situación en que la firma poseedora de una **patente** pudiese enfrentar muchos competidores potenciales, cada uno de ellos tratando de desarrollar su propia patente. Y cuando una de éstas firmas tiene éxito, la competencia resultante reducirá las ganancias, y por lo tanto  $V$ .

En la misma forma **Reiss (1998)** estudió la estrategia óptima para patentar e invertir para una firma que acaba de desarrollar un nuevo producto y está consciente de que los rivales pudiesen introducir un nuevo producto o un sucedáneo cercano antes que él.

Bajo un modelo de **proceso de difusión con saltos**, se pueden derivar cuatro diferentes estrategias: solicitar la patente sin introducir en el momento la nueva tecnología, patentar la innovación e invertir inmediatamente, iniciar el nuevo proyecto sin la protección de la patente, o retrasar la decisión. **Takalo y Kanninen (2000)** también tomaron en cuenta el riesgo del patentado por rivales exógenos como saltos en el proceso subyacente.

## INTERACCIONES ESTRATÉGICAS

Normalmente la literatura sobre *opciones reales* se aproxima al análisis de inversiones ejerciendo solamente estrategias para un solo agente aislado, sin respecto al potencial impacto de otras firmas llevando a cabo sus propias estrategias. Se supone que los agentes están perfectamente informados, y que el ejercicio de una opción, se supone, no tiene impacto en el valor de las opciones de otros agentes.

Tal suposición está en desacuerdo con la realidad de muchos de los contextos dentro del mundo real de las inversiones. En muchos de los mercados de activos en el mundo real, de hecho el ejercicio de estrategias de inversión, no es posible determinarlo de manera aislada, sino que deberá formar parte de un equilibrio estratégico (**Grenadier, 2002**).

El marco estándar de las opciones reales (**McDonald y Siegel, 1986**) está basado en la suposición de que las oportunidades de inversión de un monopolio son exclusivas, de tal forma que el valor de una opción es creado por la irreversibilidad y la incertidumbre; ésta opción nos lleva normalmente a retrasar la inversión, donde el grado de retraso se incrementa con la incertidumbre. Evidentemente, éste resultado depende de la falta de acceso competitivo al proyecto.

Cuando existen otros competidores potenciales, de hecho, el no invertir pudiese llevar a otras firmas a aprovechar la oportunidad. Entonces las interacciones competitivas, omitidas del análisis estándar de opciones reales, puede cambiar y de hecho puede eliminar el valor de la opción de esperar.

**Grenadier (2002)** ha demostrado que la competencia en el mercado pudiese obligar a las firmas de invertir rápidamente, de manera tal que el valor de flexibilidad del postergar la inversión se ha erosionado. Un resultado útil del modelo de **Grenadier** es que, en un mundo en el cual las firmas enfrentan presión competitiva, la regla estándar del *VPN* re-emerge y se vuelve un mejor descriptor de industrias con más firmas.

En resumen, la complejidad de la realidad sugiere que las relaciones estratégicas entre agentes económicos pueden jugar un papel muy importante. Investigando estrategias de inversión donde el valor de una inversión depende del número de agentes que también tienen acceso a las directrices del proyecto hacia modelos más generales que requieren de valuación de opciones y teoría de juegos.

Un análisis de teoría de juegos del equilibrio del ejercicio de estrategias se puede aplicar a un amplio espectro de contextos de inversión en el mundo real, donde los pagos de las firmas de inversión están afectados fundamentalmente por las estrategias de inversión de sus acciones e incluso planteadas en eventos anteriores por sus competidores. En este contexto, cada firma determina una estrategia de ejercicio de equilibrio, condicionada a el sí sus competidores siguen sus propias estrategias de ejercicio de equilibrio.

La generalización de la aproximación de *opciones reales* para incluir las estrategias de ejercicio de equilibrio nos provee de muy diferentes implicaciones de los parámetros estándar del modelo individualista. Una gran cantidad de estudios económicos de opciones de juegos reales se aplican a éstas oportunidades de inversión corporativas.

El artículo seminal de **Trigeorgis (1996)**, y los artículos de **Grenadier (1996, 2002)**, **Baldursson (1997)** y **Lambrecht y Perraudin (2003)** son referidos tan frecuentemente por haber presentado los fundamentos de ésta metodología.

---



Las consideraciones estratégicas, particularmente con respecto a la adquisición y el litigio de los derechos de propiedad intelectual, recientemente están siendo tratados dentro de la literatura de opciones reales, aunque en nuestro idioma seguimos muy probablemente en los puntos básicos de la teoría.

La protección de la propiedad intelectual, como en el caso de las *patentes*, se entrega sólo normalmente al primero en inventar una tecnología completamente nueva.

Como las firmas tienen que competir por un descubrimiento patentable para apropiarse de las rentas de la innovación, la competencia toma las características de una carrera. En una carrera de dos o más firmas cada una de ellas tiene la opción de invertir en investigación que ha de generar la misma ventaja tecnológica.

El primero en alcanzar el nuevo conocimiento gana el derecho a la patente que le da el derecho sobre la tecnología por muchos años y los que llegan después a ella no ganan nada.

La interacción estratégica en ésta instancia aparece como una tremenda competencia e incentiva a actuar de forma preventiva. Consecuentemente, las opciones reales combinan las interacciones entre las firmas: cualquier beneficio de retrasar las inversiones debido al efecto de las opciones reales tiene que ser balanceado contra la pérdida de actuar de forma preventiva.

La clave a todas éstas preguntas parece ser la posibilidad de modelar la competencia por una patente como un juego de ejercicio de estrategia en el cual una firma, que tiene la opción de invertir antes que ella, reduciendo o eliminando el valor de su oportunidad de inversión. **Weeds (2002a)** demostró que la competencia entre firmas no necesariamente disminuyen la opción a postergar.

En lugar de ello, el miedo a arrancar una carrera por una patente puede analizar de manera interna el efecto de la competencia, elevando el valor de retrasar. Cuando las firmas invierten simultáneamente en equilibrio, la inversión normalmente ocurre posteriormente a cuando la firmas planean sus inversiones de manera cooperativa. Cuando se ha alcanzado éste punto, sin embargo, se inicia una carrera entre las firmas por alcanzar el avance.

**Meng (2008)** utiliza una aproximación en tiempo continuo de *opciones reales* para desarrollar un modelo de carrera en un dúopolio, el cual es aplicable para examinar las propiedades financieras de las firmas de campos donde la **I+D** son normalmente intensivas.

El modelo emplea información completa de un equilibrio perfecto de **Markov** donde cada firma escoge una tasa de inversión limitada por su “velocidad de quemado” de dinero para maximizar el valor de su firma, dada y dependiente de la tasa de inversión de la otra firma. Desde que no existe una solución cerrada para este juego, resolvió el modelo de manera numérica por medio del uso del método de diferencias finitas.

**Hsu y Lambrecht (2007)** introdujeron información asimétrica dentro del *modelo* de carrera de patentes de un dúopolio, donde se asume que el retador tiene información completa acerca de las áreas que le son de interés, mientras que el último no conoce el valor preciso de los costos de inversión de su oponente.

En éste caso, se ha encontrado que aún una pequeña probabilidad de detenerse, da a la firma en desventaja de información un incentivo para invertir en el punto de equilibrio donde es indiferente entre invertir y detenerse.

Al invertir ineficientemente de manera adelantada para proteger su participación de mercado, el retador cede no solamente su opción u oportunidad de retrasar la inversión, sino que también reduce el valor de su firma por un monto que se incrementa con los costos incurridos y con el potencial de pérdidas de participación de mercado.

**Chan y Kwok (2007)** también analizaron la carrera de **patentes** asimétrica entre dos formas competidoras en un mercado de productos con incertidumbre de flujos de ganancia. La segunda interacción aparece cuando las firmas se lían en litigio sobre los derechos de la propiedad intelectual.

Las firmas en competencia en investigación y producción frecuentemente infringen o retan de manera abierta y directa, los derechos de patente de la otra firma. Las firmas enfrentan la decisión de litigar y de, posteriormente ya sea resolver sus diferencias en arreglos anteriores al entrar a juicio, o tomar el caro recurso de acceder a juicio (**Lanjouw y Schankerman, 2001**).

Como sabemos a partir del análisis anterior, es común el considerar el riesgo de litigio como saltos en el proceso subyacente como el de una opción real sobre la comercialización.

Otra forma es el tratar de capturar la naturaleza estratégica del litigio, reconociendo el litigio en sí mismo como el resultado de un comportamiento de maximización de valor de los competidores actuales y de los nuevos potenciales participantes del mercado.

De hecho, es una opción real, por que el antagonista seleccionará el litigar o acomodarse, dependiendo de la nueva información reunida - la cual a su vez se hace cada vez más importante tanto por la cercanía del choque en las cortes, tanto cómo para evitar el mismo por medio de una negociación bajo nuevas reglas e información - acerca del pago esperado que cambia con el valor del activo subyacente, la patente en litigio.

Desde que el poseedor de la patente puede en general anticipar el comportamiento de las otras partes y actuar en consecuencia, se requiere de los argumentos de teoría de juegos para justificar las decisiones de presupuesto de capital.

Éste punto de vista se lo debemos a **Becker (2007)** quién propuso una protección de patentes imperfectas basado en opciones como un modelo formal estratégico de patentes probabilísticas. Teniendo delineado un modelo de juego estocástico secuencial, el cual fue estudiado utilizando métodos analíticos y numéricos, **Becker** mostró que se puede anticipar el impacto del litigio sobre el valor de la patente en arreglos estratégicos y en algunos casos puede ser cuantificado.

El autor en ésta forma demostró que debido al incremento de la actividad del litigio, el aumento de las tasas de ganancia puede llevar a una caída en el valor de las patentes. Consecuentemente, los potenciales competidores tienen que tener un compromiso entre crecimiento y potencial de ganancias en mercados impulsados por la innovación para una confiabilidad relativamente alta de protección de la propiedad intelectual (PI) en mercados más maduros.

La teoría de valuación de opciones financieras tiene una amplia aplicabilidad tanto para las finanzas corporativas, cómo para el análisis de proyectos o cómo en nuestro caso en el análisis de *opciones reales*, partiendo de ésta óptica hemos tratado a las patentes con las mismas características que las que se presentan tanto para las opciones tanto financieras cómo reales y los proyectos lo cual ha permitido el aplicar dicha técnica a la valoración dentro de nuestro campo de interés en éste caso.

Igualmente la teoría de valuación de opciones tiene una amplia aplicabilidad dentro de las finanzas corporativas y partiendo de ésta óptica hemos explorado sus posibilidades a una serie de problemas relacionados con las patentes. Hemos empezado nuestra exposición con una discusión acerca de algunos de los problemas que se enfrenta cuando se quiere valorar las *opciones reales* los cuales normalmente son algo más complicados que los de las opciones financieras o de activos financieros.

Partiendo de ello hemos considerado para poder aplicarlo al caso de patentes las tres opciones incluidas dentro de cualquier proyecto de inversión, la opción a extender el alcance del proyecto, para el caso de las patentes, se pueden observar varios símiles, tales cómo: iniciar la investigación, optar por llevar a cabo la obtención de la patente o el extender el nivel del alcance de los derechos geográficos de nuestra *patente*.

---

La opción a abandonar el proyecto, lo cual en nuestro caso sería abandonar tanto la investigación, cómo abandonar el proseguir con la obtención de la patente e igualmente el abandonar el extender el nivel del alcance de los derechos geográficos de nuestra patente. E igualmente el retrasar la decisión de actuar en cualquier nivel, con la finalidad de recabar información pertinente con respecto del caso en el cual nos encontremos. En todos éstos casos el activo subyacente era la patente analizada como un proyecto y se considera que las opciones añaden valor a dicho proyecto.

Entonces planteamos el argumento de que la participación pudiese ser vista como una opción call sobre la firma, y ello sugeriría que la participación pudiese tener valor aún cuando el valor de la firma fuese menor que las obligaciones extraordinarias sobre ella.

Para el caso de patentes el símil es que la investigación anterior a la emisión de la patente e inclusive la iniciación de la investigación tiene el valor de añadir conocimiento al que ejecuta el experimento que al ser en un nuevo campo le confiere al ejecutante al menos experiencia nueva en un nuevo campo y ello lo obliga a mejorar al menos en la ejecución dentro de un medio ambiente nuevo, aunque ello sea sólo de manera personal.

Y ello se puede manifestar cómo una nueva forma de llevar a cabo una tarea y finalmente como valor agregado en un producto dado.

Posteriormente, el ver a la participación como una opción nos permitió analizar el conflicto entre las diferentes partes de tenencia de inversión aplicada a la compañía de manera mucho más clara y nos mostró nuevos puntos de vista acerca de las diferencias dentro de las ópticas de los accionistas y los tenedores de bonos, los cuales al suceder una fusión los tenedores de acciones la sufren y los de bonos se benefician de ello.

Para el caso de las patentes se puede considerar como un símil de diferentes jugadores con intereses diferentes dentro del campo de influencia de una misma patente, lo cual señala que eventualmente algunas partes se ven más beneficiadas por las acciones llevadas a cabo e igualmente puede llegarse al límite de la capacidad de una invención la cual puede o no beneficiar al propio inventor.

Puesto que en ciertos casos es mejor el vender los derechos con ventajas en una negociación que puede de ésta forma beneficiar al inventor antes de deshacerse de los mismos y/o consecuentemente el rechazar los frutos de su esfuerzo, antes que evitar el acceso a los mismos a rajatabla, sabiéndose de antemano que finalmente el estado del arte o sea el frente de avance de la ciencia aplicada o de la ciencia pura, dentro de un campo dado puede atacar a una invención por más de un frente, evitando con ello la acción de protección de la patente.

La idea es dar una revisión de la teoría de opciones, después de haber revisado a “**grosso modo**” la literatura clásica de opciones reales, y sus aplicaciones a la valuación de derechos de propiedad intelectual generados a partir de la ley de patentes, se han discutido los modelos más connotados de la propiedad intelectual a partir de las opciones reales.

Y de alguna forma nos señalan que uno de los factores que más inciden dentro de un análisis es el de la información previa o idiosincrásica, la cual por su importancia puede modificar de forma total la dirección de los eventos subsiguientes, lo cual de alguna manera nos da lugar a tratar de analizar dicha problemática dentro de un contexto tecnológico lo que se tratará posteriormente.

Dentro de una *opción real* debido de manera primordial a la dificultad de definir el alcance de cada decisión, lo cual no es problema en el caso de las opciones financieras, las cuales están prácticamente definidas en cada uno de sus aspectos salvo en el momento de ejercerlas y cual ha de ser el valor en que cada poseedor del derecho de ejercerla ha de decidir el hacerlo, obviamente en ese caso como en todos, el traer ya una estrategia de operación establecida y normada de acuerdo a los fines perseguidos nos provee de ventajas al tomar las decisiones adecuadas y conducentes a los fines buscados.

---

De igual forma el tiempo en el cual hay que ejercer cada una de las acciones dentro del proceso tanto de búsqueda de la *patente*, e inclusive antes desde el comprometimiento de los recursos hacia un fin dado, nos llevaría y lo cual nos daría los elementos básicos para poder avanzar hacia la justificación de nuestra argumentación y tesis inicial.



## CAPÍTULO 5

### PLANTEAMIENTO DE UNA LÓGICA BASADA EN OPCIONES REALES PARA EL ANÁLISIS, POSICIONAMIENTO E INICIACIÓN DE INVERSIONES TECNOLÓGICAS

Las técnicas de valuación o colocación, estructura y de inversión de capitales convencionales muestran sus debilidades cuando uno las aplica a inversiones que requieren un alto grado de comprometimiento bajo condiciones de gran incertidumbre, tales como las inversiones en tecnología (**Dixit y Pindyck, 1994**).

A pesar que algunos académicos sugieren la teoría de *opciones reales* como una ruta conceptual alternativa de ataque su aplicación a los problemas de posicionamiento estratégico de tecnología ésta requiere de al menos de una revisión y eventualmente de un nuevo punto de vista.

Aunque sea basado en la limitada información técnica disponible dentro de éste campo hasta la fecha (**Bettis y Hitt, 1995; Bowman y Hurry, 1993; Mitchell y Hamilton, 1988, Trigeorgis, 1993**). La idea es extender algunas de las ideas de y el concepto de opciones reales en dos formas.

Primera se analiza la forma en la que se dan las relaciones entre las condiciones de frontera e incertidumbre que influyen el valor de las opciones tecnológicas, así como el tiempo adecuado para su ejercicio, partiendo de éste punto de vista.

Segundo, se toma una perspectiva sobre la incertidumbre misma, arguyendo que se puede amplificar por inversiones al cambiar las fronteras de manera ideal en formas que reducen la incertidumbre idiosincrásica.

#### REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE IDIOSINCRÁSICA Y RENTAS

Dentro de la administración estratégica uno de los objetivos claves es la captura de rentas, donde el término representa las ganancias en exceso que no inducen a una respuesta competitiva inmediata (**Alchian, 1991**).

Una forma obvia en que las tecnologías producen rentas para una firma es por medio de un monopolio, como sucede con las drogas patentadas. Aún pensando que los competidores pueden observar y entender el por qué del éxito de una firma, ellos están incapacitados por los regímenes formales de apropiación de ser atacados de manera efectiva. De alguna forma existen situaciones más sutiles dentro de las cuales se debilita la competencia por el uso de rutinas específicas de ciertas firmas (**Nelson y Winter, 1982; Peteraf, 1993**).

Algunas veces las rutinas de tecnología constituyen accidentes con suerte (**Barney, 1986**), pero de alguna forma pueden mostrar también reflejar aprendizaje, dentro de los cuales una firma puede obtener un entendimiento mayor del cómo influenciar el resultado de relaciones tipo acción-resultado (**Cheng y Van de Ven, 1996**).

---

En cualquier caso el conocimiento y las asimetrías de pueden aparecer en virtud de la experiencia y de la naturaleza del propio desarrollo del proceso (**Dierickx y Cool, 1989**), resultando en que diferentes firmas tienen diferentes perfiles de incertidumbre.

Las inversiones en desarrollo son atractivas, por implicación, cuando los resultados **idiosincrásicos** mejoran la relativa incertidumbre que una firma enfrenta en formas que pueden evitar a una firma mantener sus características propias (**Amit y Shoemaker, 1993**). Éste argumento se basa sobre las ideas de que el riesgo de idiosincrasia puede afectar a ambas y consecuentemente el valor de una opción sobre un activo tecnológico.

## **EL POSICIONAMIENTO DE PROYECTOS DE TECNOLOGÍA GENERA OPCIONES REALES**

Los académicos buscan entender la clase de decisiones que tienen una estructura similar a la de los contratos de opciones financieras pero para las cuales las suposiciones hechas en las valoraciones financieras no se mantienen.

La característica que distingue al tratamiento del tipo opción yace en la habilidad para seleccionar un resultado solamente si le es favorable.

### **5.1 EL PRECIO Y EL VALOR DE UNA OPCIÓN TECNOLÓGICA**

Los *modelos* de opciones financieras descansan en varias suposiciones centrales para llegar al precio de una opción. Las siguientes se encuentran entre las más importantes: se deberá de valorar el *activo subyacente* sobre la cual se emite la opción, éste precio debe de ser conocido y el activo deberá de ser continuamente negociable (**Black y Scholes, 1973**).

Mientras más volátil sea el precio del activo subyacente hace que la opción se vuelva más valiosa, cómo potenciales retornos positivos sobre la inversión, a pesar de que las pérdidas están limitadas al precio de la opción. Estos modelos no se pueden aplicar a la valoración de opciones creadas a través de inversión en proyectos de posicionamiento de tecnología, debido a que las suposiciones centrales de dichas opciones no se mantienen.

Por ejemplo si se desconoce el precio de un activo subyacente de tecnología consecuentemente no podrá ser continuamente negociable. En otros aspectos sin embargo las opciones de activos tecnológicos tienen similitudes importantes con los activos y opciones financieras.

El “precio” de una opción tecnológica es el costo del desarrollo de (el cual se puede dar en estados secuenciales). Y al completarse el desarrollo de una tecnología se crea un activo, consistente del derecho subyacente de comercializar la tecnología.

El ejercicio de dicha opción requiere de inversiones ulteriores requeridas para comercializar la tecnología (los cuales a su vez también pudiesen ocurrir de manera secuencial). La opción de alguna forma también pudiese ser negociada – ya sea para ser utilizada por otros (licenciada) o vendida totalmente.

A éste respecto la opción se comporta como un *call* americano: se puede ejercer en cualquier momento después de que el desarrollo de la tecnología se ha completado o no se puede vender, aunque en ciertos casos esto no es estrictamente cierto por que pueden existir activos que no estén terminados y que sean muy atractivos.

Como por ejemplo una molécula que sirve como reactivo previo para la obtención de otra como en el caso de las empresas biotecnológicas que generan patentes para hacer más difícil el acceso a la generación de un compuesto específico, entonces se ha de poseer el reactivo que lleva al segundo que es el que verdaderamente están buscando tener en propiedad. El completar la comercialización genera otro activo, el cual es el derecho subyacente de la firma a extraer las ganancias de la explotación de la tecnología ya comercializada (**Kester, 1981**).

---

De la misma forma que la que un inversionista puede elegir el no ejercer la opción financiera y perder solamente el valor o monto invertido en la generación del contrato que dio lugar a las opciones, una firma puede elegir el detener su inversión u operación y limitar sus pérdidas al valor hundido de los costos asociados con el proyecto no continuado.

Y de la misma manera que se incrementa el precio de la opción en la medida en que la volatilidad del activo subyacente se incrementa, de igual forma se incrementa el tanto que la opción real sobre el activo tecnológico se incrementa mientras que aumenta la varianza del valor esperado de las ganancias netas y se reduce en el grado en el que se incrementan los gastos de comercialización.

Mientras mayor sea la varianza esperada de las ganancias netas de operación menos los costos de comercialización, mayor será el valor posible del *activo subyacente*, a pesar de que las pérdidas posibles sean limitadas.

Los factores que influyen la volatilidad del precio por lo tanto pueden ser vistos como una influencia sobre el valor de la opción financiera, y los factores que influyen las varianzas influyen de igual manera el valor de la opción real tecnológica.

Mientras mayor sea la incertidumbre de y con respecto a las ganancias netas y los costos, será más fácil el anticipar varianzas grandes. Esto nos lleva al rol crítico que juega la incertidumbre en el establecimiento del valor real de una opción tecnológica.

#### **INCERTIDUMBRE TÉCNICA Y EXTERNA, EL TIEMPO DE EJERCICIO Y EL VALOR DE LA OPCIÓN**

En su libro de 1994, *Inversión bajo incertidumbre*, **Dixit y Pindyck**, distinguen entre dos formas de incertidumbre: Técnica y de costos de entrada. La incertidumbre técnica se relaciona con una mayor tendencia a la posibilidad de obtener el éxito técnico; una firma reduce éste tipo de incertidumbre solamente a través de las inversiones.

La incertidumbre técnica crea presión sobre la firma para invertir de manera inmediata. Los retrasos a lo más incurrir en una pena y en el peor de los casos, exponen a la firma a el no poder ejercer de forma alguna por que algún competidor lo ha hecho o por que de plano han cambiado en demasía respecto de las condiciones esperadas.

Los efectos positivos de la retroalimentación en el sentido de escala, dependencia de la trayectoria y las condiciones externas pueden de manera efectiva simplemente bloquear la entrada de competencia al mercado (de jugadores tardíos, véase **Arthur, 1994**).

La entrada tardía también puede someter a la firma a lo que **Dierickx y Cool (1989)** denominaron “tiempo de compresión de desventajas”, con respecto a los jugadores tardíos.

Al principio, la entrada agresiva frente a la incertidumbre técnica puede llegar a hacerse crítica.

Sin embargo el moverse rápido puede sujetar a la firma a una serie de dificultades, incluyendo el sostener una serie de costos de infraestructura, la apropiación de rentas por los tenedores de los activos coespecializados requeridos y de otros gastos o costos agravantes (**Lieberman y Montgomery, 1988**).

Éstos dilemas de la sincronía, cuando la firma enfrenta incertidumbre técnica, incrementan de manera significativa el beneficio de la firma de adoptar una aproximación desde el punto de vista de opciones por dos razones.

Primero, a pesar de que la volatilidad dentro de los nuevos mercados es mayor que dentro de los mercados establecidos, las opciones tienen un mayor valor en tales mercados.

Segundo el tomar a los diferentes retos como series de opciones secuencialmente ejercidas, se puede pensar cómo una cierta orientación hacia eventos o hitos o metas, dentro de un proceso iterativo del proceso administrativo.

Esto simultáneamente permite el redireccionamiento de los proyectos, el avance del aprendizaje y permite que se detenga o al menos la aplicación del presupuesto sea de manera discontinua, inclusive en el menor tiempo posible, conservando los recursos que en tiempos de dificultad se pueden volver preciosos para la firma, (**Bowman y Hurry, 1993; Eisenhardt y Tabrizi, 1995**).

Una segunda forma de incertidumbre, a la cual **Dixit y Pindyck (1994)** denominan “incertidumbre de costos de entrada”, se relaciona con factores exógenos a la firma.

No existe monto suficiente para modificar en el menor grado ésta forma de incertidumbre, la cual crea presión para la firma en el sentido de retrasar la inversión hasta que se revele información específica dependiente del paso del tiempo.

Y existe aún una tercera forma de incertidumbre, la cual yace entre las dos formas anteriores que **Dixit y Pindyck** han identificado.

Y ésta se presenta cuando las fuentes de incertidumbre son primordialmente externas a la firma (en otras palabras de naturaleza no técnica) pero que pueden ser influenciadas por la acción estratégica. Sí es posible para la firma el actuar como un agente de cambio interno, puede buscar el ajustar las contingencias en su favor.

Esto llega al núcleo del componente estratégico del uso del marco de las *opciones reales*. la incertidumbre toma la forma de las condiciones de frontera dentro de las cuales se puede estimar la opción y se puede tomar una acción estratégica.

## INCERTIDUMBRE EXTERNA Y EL VALOR DE LA OPCIÓN A ESPERAR

En la determinación de si la firma debe de tomar alguna acción estratégica, uno debe de suponer primero la detención temporal, de manera tal que el paso del tiempo trae incertidumbre a un final dado.

Por ejemplo consideremos una inversión hipotética por una firma de tecnología de control de contaminantes. Supongamos que la adopción de la tecnología ha de ocurrir solamente si las regulaciones contienen ciertas provisiones.

El desarrollo de la tecnología le cuesta a la firma un estimado de alrededor de \$10 millones; y es igualmente probable que el valor neto presente de los costos de la comercialización sean ya sea de \$100 o de \$50 millones.

El *valor presente neto* de las ganancias bajo condiciones regulatorias favorables (una probabilidad del 50% será de \$180 millones. En ausencia de regulaciones favorables (50% de probabilidad, se espera que las ganancias sean nulas o sea de \$0. El árbol de decisiones para ésta decisión de inversión bajo riesgo se muestra en la figura 15. El valor esperado del proyecto es de:

$$0.5(-100+0.5*180+0.5*0) + 0.5(-50+0.5*180+0.5*0)-10 = \$5 \text{ millones}$$

o sea una ganancia esperada de \$5 millones. La firma deberá de invertir de manera inmediata bajo las condiciones normales de las reglas de *VPN*.

Cuando recordamos, que la aproximación desde el punto de vista de las opciones le permite a la firma el seleccionar un evento dado solamente en función de que se presentara, aparece una nueva forma de atacar el problema.

Lo que tenemos en éste caso es una situación en la que la incertidumbre con respecto a una regulación pendiente de ser truncada por el paso del tiempo.



Eventualmente, abre pendientes por resolver. Digamos que la firma reconoce esto y elige retener la inversión posterior hasta que se evite la incertidumbre temporal o se trunque ésta.

Sí por simplicidad, asumimos que la tasa de descuento es del 10% y que la decisión sobre la regulación se ha de llevar a cabo dentro de un año, el valor esperado de la táctica de “esperar-y-ver” ha de ser:

$$0.9[0.5(0.5[180-100] + 0.5[180-50] -10)] + 0.5(-10) = \$38.25 \text{ Millones}$$

La presencia de la incertidumbre temporalmente truncada incrementa el valor de la opción a retrasar la inversión, opuesta a el ejercerla, partiendo de que decrece el valor de la inversión inmediata.

Debido a ello la firma simplemente ha de esperar-y-ver. Si aplicamos el concepto de incertidumbre externa a éste problema, emerge un punto de vista menos obvio.

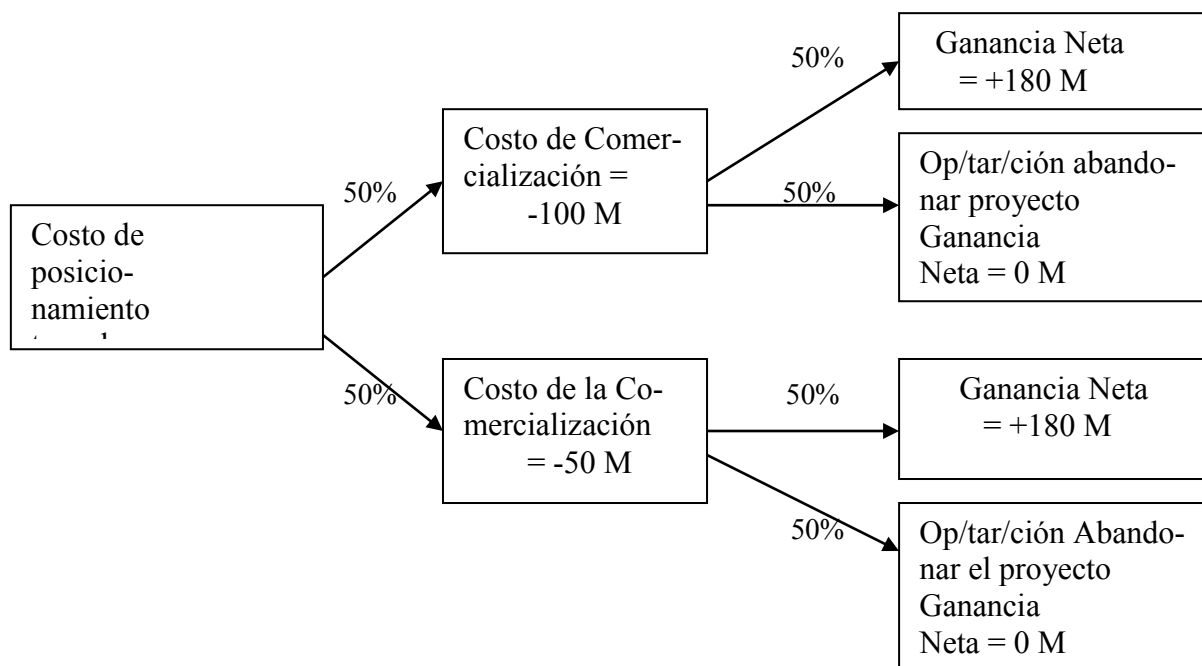
Supongamos que la firma puede concebir acciones que le han de permitir dar forma a reglas emergentes en su favor. En tal situación, en tal caso, la firma puede elegir el retener su opción tecnológica y eventualmente llevar a inversiones o en otros frentes.

Sí tales inversiones alternas son exitosas, pueden amplificar el valor de idea subyacente de comercializar, de manera rara, en estadios anteriores a la comercialización, o sea aumentan el valor de comercializar.

## 5.2 AMPLIFICANDO LAS PREINVERSIONES

En el ejemplo hipotético dado anteriormente, la incertidumbre tiene dos efectos, limita el potencial positivo del proyecto y establece una fecha de terminación para las opciones de tecnología.

Fig. 15 Árbol de decisión de la opción de posicionamiento de tecnología



La opción solamente se encontrara *en-el-dinero* sí se adoptan las nuevas regulaciones, las cuales han de suceder en algún punto en el futuro.

Supongamos por ejemplo que en lugar de ello, la firma paga a una serie de actores cercanos al decisor o responsable de la decisión (cabilderos o lobbyists) para empujar en favor de una regulación aún más favorable (MacMillan, 1978).

Sí éstas personas pueden asegurar la adopción de éstas reglas favorables, la firma pudiera capturar en el futuro la cantidad de:  $180 - (0.5 * 50 + 0.5 * 100) - 10 = \$ 95$  Millones de valor esperado, contra los \$38.25 Millones esperados anteriormente.

Ello implica que la firma puede invertir hasta \$ 56.75 Millones en una estrategia de “convencimiento” (de lobbying) teniendo una probabilidad de 100% de éxito inmediato, lo cual implica que puede invertir entre 5 y 10 Millones en una estrategia con solamente 10% de probabilidades de ser exitosa (al menos desde un punto de vista proporcional).

Cómo lo muestra el enorme crecimiento de la “industria del convencimiento” (lobbying) ello puede llevar al que las firmas maximicen el valor de sus opciones por medio de influenciar condiciones legales de frontera, que sean posibles de ser evitadas, más que invertir en opciones de fondo tecnológico per se.

Cuando le es posible a las firmas el llevar a cabo preinversiones de amplificación, éstas crean un contexto en el cual la tecnología puede florecer, lo cual tiene un efecto de incrementar la tecnología que subyace al activo y consecuentemente el valor de la opción.

### 5.3 EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE FRONTERA SOBRE LA VARIANZA DE LOS RETORNOS NETOS Y EL VALOR DE LA OPCIÓN

La varianza de las opciones tecnológicas se comporta de forma similar a la volatilidad de las opciones financieras.

Mientras mayor sea la varianza de las ganancias netas a las que se pueda tener acceso por la comercialización de la tecnología, mayor será el valor de la opción sobre ella.

Por implicación, en el grado en el que la varianza de las ganancias esperadas se vea limitada, también lo ha de ser limitado el potencial de ganancia.

Y consecuentemente ello disminuye el valor de la opción. Cuando se relajan las restricciones, sin embargo, cómo cuando se aplica una preinversión de amplificación, incrementamos el valor de la opción. Si la varianza de los retornos es  $\text{var } \pi$ , la varianza de las ganancias netas proveniente de las operaciones es  $\text{var } r$  y la varianza de los costos de comercialización es  $\text{var } c$ , entonces:

$$\text{var } \pi = \text{var } (r - c) = \text{var } r + \text{var } c.$$

Sí  $E[r]$  representa la esperanza de las ganancias netas y  $E[c]$  los costos esperados de comercialización, ello nos lleva a dos casos diferentes:

Caso 1:  $E[r] > E[c]$ ;  $\text{var } r > \text{var } c$ . Aquí el límite superior de la  $\text{var } \pi$  está determinado por el valor de  $\text{var } r$ . Las estrategias de amplificación que tienden a relajan cualquier condición de frontera disminuyen la varianza de las ganancias netas incrementarán el valor de la opción.

Caso 2:  $E[r] > E[c]$ ;  $\text{var } r \geq \text{var } c$ . Aquí el límite superior de la  $\text{var } \pi$  está determinado por las condiciones de frontera que obstruyen de manera significativa los límites inferiores de los costos de comercialización.

En otras palabras, las condiciones de frontera hacen que los costos de comercialización sean anormalmente elevados. En éste caso las estrategias de amplificación que reducen la varianza de los costos de la comercialización,  $\text{var } c$ , hasta por debajo de la varianza de las ganancias netas,  $\text{var } r$ , incrementarán el valor de la opción real de la tecnología.

Esto sugiere una importante implicación para la aplicación de la teoría de *opciones reales* a las inversiones en tecnología – por así decirlo, que la valuación de una opción tecnológica no se puede llevar a cabo sin tomar en cuenta las oportunidades potenciales de amplificación. Las estrategias de amplificación, a su vez no se pueden seguir sin tomar en cuenta las relaciones existentes entre ganancias y costos.

El valor de una opción y en particular de tecnología, por lo tanto, se encuentran profundamente incrustado con el contexto estratégico de la firma y no se le puede considerar apartado de ella.

Prácticamente esto sugiere que el perseguir decisiones tecnológicas sin considerar otras facetas de la estrategia total de la compañía nos puede llevar a condiciones significativamente lejos de la condición de optimalidad o subóptimas, particularmente si las condiciones que dan forma a la frontera de incertidumbre permiten situaciones donde es oportuno el aplicar preinversiones de amplificación.

Esto nos lleva a la discusión de la naturaleza de la condiciones de frontera claves que influyen el perfil de incertidumbre de una opción de tecnología y las preinversiones de amplificación asociadas que podrían modificar éstas fronteras e incrementar el valor de la opción. **Gunther McGrath, R., McMillan, I.C., (1996).**

### **CONDICIONES DE FRONTERA QUE AFECTAN LOS DERECHOS SUBYACENTES A LOS RETORNOS ACUMULATIVOS A PARTIR DE LAS OPERACIONES**

En éste punto viene al caso traer un ejemplo, en el cual el objetivo es el determinar si las condiciones de frontera fijan límites al potencial positivo de la magnitud de  $\text{var } r$ .

Esto es de particular importancia para firmas enfrentando medios ambientes en condiciones de hipercompetitividad (**D'Aveny, 1994; MacMillan, 1988**), en los cuales cualquier renta proveniente de una comercialización exitosa vendrá bajo condiciones de competencia severas. Bajo tales circunstancias parafraseando a **Hobbes**, “las condiciones son brutales, los intercambios agresivos y la duración de cualquier ventaja pequeña”.

Para justificar el tomar una opción sobre un activo tecnológico, la escala acumulativa de corrientes de renta provenientes de la colocación de activos deberá de ser lo suficientemente grande cómo para recuperar las inversiones iniciales para enfrentar los intentos de apropiación.

Ésta recuperación se lleva a cabo frecuentemente en una escala de tiempo limitada, o eventualmente muy pequeña.

Existen dos factores que determinan la escala de retornos acumulados – el tamaño de las corrientes de renta y el lapso de tiempo durante el cual se pueden mantener – cada uno de los cuales posee sus propias condiciones de incertidumbre.

Éstos factores y sus determinantes, así como las posibles preinversiones, se muestran en la tabla 1. Las relaciones mostradas en la tabla 1 representan los efectos propuestos de la incertidumbre, estrategias, recursos idiosincrásicos y el valor de la opción.

### **CONDICIONES DE FRONTERA E INCERTIDUMBRE RESPECTO DEL TAMAÑO DE LAS CORRIENTES DE RENTAS INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA DEMANDA**

La idea de que innovaciones exitosas han de “satisfacer algún deseo” (**Schmookler, 1966**) ha sido reconocida como una premisa dentro de la administración de la innovación (**Kamien y Schwartz, 1975; Myers y Marquis, 1969; Mowery y Rosenberg, 1982; Scherer, 1979**), para que potencialmente en ausencia de deseo, no exista la demanda.

Cómo lo señalan (**Mowery y Rosenberg, 1982**), es difícil el establecer la demanda de mercado con claridad en una circunstancia ex-ante, especialmente para las tecnologías muy recientes. Los clientes potenciales encuentran difícil el determinar un valor a una tecnología dentro de la cual no tienen experiencia en su uso.

Bajo tales circunstancias las investigaciones de mercado frecuentemente no solamente tienden a no ser precisas sino eventualmente pueden llegar a inducirnos a cometer errores (**von Hippel, 1987**).

A pesar de que eventualmente puede no ser posible el estimar la demanda de manera precisa, sí es posible identificar demandas estructuradas que pudieren ser más o menos atractivas (recordando la filosofía de evaluación de tecnologías propuesta por **Goldman y Lawless, 1994**).

Sí, por ejemplo, las potenciales aplicaciones de la tecnología tienen una demanda estructurada subyacente con propiedades de monotonía y convexidad, el valor de los activos tecnológicos deberá de ser mayor e igualmente lo ha de ser el valor de la opción.

Por ejemplo, permítasenos contrastar la demanda estructurada de una tecnología que disminuirá dramáticamente una enfermedad ampliamente diseminada y muy recurrente, tal como el resfriado común, con una que pudiese ser capaz de curar una enfermedad que cura a una de cada 100,000 personas al menos.

En el primer caso, su uso se vuelve repetido y se encuentra ampliamente diseminada, y aunque ese sólo hecho sugiere que ambos tienen una gran media potencial y una mucho mayor varianza potencial en la demanda en el primer caso, en el caso del segundo solamente se requiere de una sola dosis o de múltiples dosis para una sola persona.

Lo cual sugiere el que uno puede ser capaz de definir e inclusive de aseverar el hecho de que las oportunidades y la demanda pueden ser grandes o limitadas.

Los ejemplos de factores señalando que tan atractiva puede ser la estructura de una demanda dada pueden incluir los siguientes: el que existan uno o varios problemas relacionados que una misma tecnología pudiera ser capaz de resolver y eventualmente se encuentran ampliamente distribuidos y si el problema se encuentra ampliamente distribuido, que tasas de crecimiento o disminución muestra, si es recurrente, o si puede ser resuelto de manera definitiva, si su recurrencia es frecuente y así sucesivamente.

Mientras exista una estructura de demanda cada vez más compleja. Ello sugiere que la demanda se ha de volver monótonica y convexa, más que cóncava, existe un mayor potencial de mayor varianza y de mayor demanda, lo cual a su vez incrementa los retornos potenciales y consecuentemente el valor de cualquier función que dependa de la varianza tal como la opción.

Cuando una firma puede reconocer y capitalizar las ventajas creadas por retornos positivos, puede preinvertir para poder plantear escenarios para movimientos cada vez más agresivos (**Lieberman y Montgomery, 1988**).

De igual manera, una firma establecida puede utilizar un activo específico de la firma para poder fijar a su vez una reputación sólida dentro de por ejemplo a la comunidad financiera y por medio de esa ventaja **idiosincrásica**, poder acceder a los recursos financieros y a mercados que de otro modo no gozaría de dicha reputación (tales como el capital de o en participación) lo cual eventualmente le puede permitir el tener una presentación agresiva.

## **INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA VELOCIDAD DE ADOPCIÓN**

Las velocidades o tasas lentas de adopción pueden limitar la acumulación de retornos significativamente disminuyendo los ingresos o flujos positivos hacia la compañía y reducir el tiempo en el que antes de que competidores alertas puedan hacerse llegar dichos flujos hacia sus respectivas compañías.

La importancia de la velocidad de adopción ha llevado a un considerable número de académicos a tratar de medir las condiciones bajo las cuales la difusión tiende a ser rápida o lenta (véase **Rogers, 1995**). Aunque parece que lenta es la norma. Típicamente, tanto la firma innovadora, como sus clientes deberán de establecer una base experimental antes de que ocurra una adopción amplia (**Levinthal y March, 1993: 106**).

Los factores que tienden a retrasar la adopción incluyen, ya sea el que tanta educación o entrenamiento se requiere para tener un uso razonablemente adecuado de la tecnología; ya sea

que se requiera de cambios amplios en los patrones existentes dentro del uso actual; ya sea que se requiera de desarrollar una estructura **coevolvente**; ya sea que los clientes tengan costos hundidos significativos empeñados en tecnologías viejas; o ya sea que los consumidores perciban la adopción de la tecnología como algo riesgoso o riesgosa.

**TABLA 5.1: Contingencias claves que influyen en la incertidumbre y las oportunidades estratégicas de rentas, de Gunther McGrath, Rita, McMillan, Ian C., (1996).**

<b>Fuentes de Incertidumbre</b>	<b>Factores contingentes que limitan el valor de una opción</b>	<b>Efecto en la valoración de la opción</b>	<b>Oportunidad de preinversión de amplificación</b>	<b>Oportunidad de desplegar beneficios idiosincrásicos</b>
Total de ganancias netas acumuladas	Convexidad y monotonicidad de la demanda	Más	Movimientos tempranos agresivos que generan retornos positivos debido a la escala	Reputación y antecedentes que ofrecen acceso a capital y otros recursos
	Incertidumbre respecto de la adopción de velocidad	Menos	Reducir obstáculos a la adopción, incrementa el atractivo percibido	Vínculos profundos de naturaleza idiosincrásica con el cliente
	Posibilidad de bloqueo	Menos	Contrabloqueo	Relaciones institucionales colaborativas
	Posibilidad de expropiación	Menos	Medio ambiente de negociación	Tareas de negociación idiosincrásicas
Sostenibilidad	Posibilidad de ajuste (matching)	Menos	Fijación de un estándar	Relaciones de colaboración
	Posibilidad de imitación	Menos	Desarrollo de regímenes de apropiabilidad, arreglos de colaboración	Relaciones colaborativas o membresías en cuerpos para fijar estándares
Costo de comercialización	Requerimientos de infraestructura	Menos	Desarrollo paralelo o conjunto	Control exclusivo sobre recursos o contingencias críticas
	Desarrollo de tecnología paralelo	Menos	Desarrollo paralelo o conjunto	Alianza preventiva con el socio líder
	Requerimiento de activos coespecializados	Menos	Desarrollo paralelo o conjunto	Activos coespecializados específicos de la firma o alianza preventiva con el dueño de los activos
Costo de desarrollo de tecnología	Potencial salpicado	Más	Fertilización cruzada interna	Competencias y relaciones con el cliente
	Efectos del ciclo de vida	Menos	Membresía en la comunidad de una organización técnica	Relaciones para fijado de estándares preexistentes

Los factores tendientes a incrementar la confianza del cliente para una rápida adopción incluyen: bajo riesgo al comprador potencial, alineación entre beneficios y compradores, y el parecido de que la firma establezca un diseño dominante o muy cercano al mismo (**Dewar y Dutton, 1986; Katz y Shapiro, 1985; Lieberman y Montgomery, 1988**).

La adopción lenta afecta la escala de las ganancias potenciales de dos formas. Primera, retrasa la toma de corrientes de ganancias, con una discontinuidad penalizada concomitante. Lo cual reduce ambas tanto la media y la varianza de las corrientes acumuladas de ganancias.

Segundo, una adopción lenta crea un periodo en el cual nuevos competidores pueden entrar en la competencia por un diseño dominante, apresurando la introducción cara de características nuevas del producto (**Anderson y Tushman, 1990**).

De manera alternativa, las firmas que utilizan tecnologías tienen más tiempo para reaccionar (**Cooper y Smith, 1992**). La adopción lenta en pocas palabras, reduce la varianza de ganancias acumuladas y consecuentemente, el valor de la opción.

La tasa de adopción, sin embargo puede ser eventualmente tratada por medio de una estrategia de preinversión amplificada. En el grado en el que la firma pueda encontrar formas de reducir los riesgos o los costos a los clientes, o demostrar una superioridad clara sobre los procedimientos existentes, se puede acelerar la adopción.

Capturando el apoyo de lo que **von Hippel (1988)** refiere como “usuarios líderes”, alcanzando una masa crítica por medio de un grupo central de distribuidores o por medio de líderes de opinión, ayudando a los consumidores a facilitarles la transición (por ejemplo dándoles una compatibilidad en reversa), son todas estrategias disponibles y que eventualmente puedan estar dentro del alcance eventualmente para la firma.

De igual manera, una firma puede utilizar recursos específicos para llevar a cabo éstas estrategias, lo cual ofrece el potencial adicional para que la firma reduzca sus condiciones específicas de incertidumbre. Las relaciones anteriores exitosas de la firma, por ejemplo pueden crear una especificidad de rutina entre la firma y sus grupos de consumidores, lo que **Venkataraman (1990)** denomina sus “grupos de transacción”.

Los consumidores existentes, manteniendo el resto de las cosas iguales (**ceteris paribus**), adoptarán nuevas tecnologías de proveedores confiables existentes, que a partir de proveedores desconocidos. Así como una historia de interacciones de confianza exitosas reduce el riesgo percibido de adopción y compra de una nueva tecnología, éste sólo hecho puede acelerar la adopción, **Block, Z., McMillan, T.C., (1993)**.

## INCERTIDUMBRE CON RESPECTO AL BLOQUEO

El “bloqueo” se refiere a situaciones en las que una firma no tiene acceso a entradas, concursos, clientes, mercados u otros elementos esenciales ya sea por acciones de la competencia o por regulaciones.

A partir de que la suma de las varianzas es igual a la suma de las varianzas individuales, la varianza acumulada total de las corrientes de las ganancias se reduce por la varianza de cada corriente bloqueada de ganancia de manera individual. Entonces, cualquier punto de bloqueo reduce el valor de ambas, la media y la varianza de las ganancias, y por lo tanto reduciendo consecuentemente el valor de la opción.

La dinámica del bloqueo se han discutido con respecto a las barreras de entrada (**Porter, 1980**), comportamiento de bloqueo (**Fundenberg y Tirole, 1985; Gilbert y Newberry, 1982**), poder de mercado (**Fundenberg y Tirole, 1985; Gilbert y Newberry, 1982**), inversiones extranjeras directas (**Caves, 1971**), rivalidad de precios (**Chen, Ventakaran, McMillan y Black, 1991**) y señalamiento competitivo (**Chen, Ventakaran, McMillan y Black, 1991**). Un tema común en todos éstos estudios es que conscientemente y con intención, una parte externa a la firma crea y coloca obstáculos.

Los estudios de ésta literatura arrojan luz sobre ciertos puntos interesantes respecto a las fuentes de comportamiento de bloqueo parecido. Por ejemplo aquellos que controlan a personas que influyen de manera clave la absorción de la tecnología, tendrán una mayor tendencia a utilizar

éste control para adoptar un comportamiento de bloque (McMillan, 1978, McMillan y Jones, 1986).

Rivales con monopolios o cuasi monopolios de mercado pueden controlar la entrada por bloqueos, por medio de evitar el acceso a los proveedores, distribuidores o a compradores clave (Teece, 1986).

Los grupos involucrados con un interés en detener acceso o la adopción de una tecnología pueden imponer de manera explícita o regular de manera sutil una acción regulatoria, o prohibiciones por parte de la opinión pública con un efecto de bloqueo (Teece, 1986).

Finalmente aquellos con un interés creado en por ejemplo: prevenir una competencia abierta, pueden bloquear el acceso a mercados completos ya sea geográficamente o pueden imponer condiciones de gasto excesivo para obtener acceso a dichos mercados (Mowery y Teece, 1993).

Si el peligro de bloqueo es elevado entonces, el valor de la opción se puede amplificar por la firma al grado que se puede preinvertir de manera exitosa en estrategias de contrabloqueo anteriores a comprometer recursos a dicha tecnología. El ejemplo del medio ambiente referido anteriormente refleja en forma alguna tal situación.

Los recursos **idiosincrásicos** relevantes, como lo sugiere la tabla 1, son aquellas relaciones institucionales o de colaboración, que le permiten a la firma el eliminar de manera única la amenaza del bloqueo, idealmente preservando su propia posición de bloqueo.

## **INCERTIDUMBRE ACERCA DE LA EXPROPIACIÓN**

La expropiación está relacionada con el bloqueo de manera tal que la firma enfrenta la amenaza o una dificultad proveniente de jugadores externos poderosos, pero difiere en su resultado. Cuando se bloquea a una firma simplemente se le niega acceso a recursos críticos o a mercados.

Cuando se expropia, sin embargo, a la firma se le requiere el ceder parte de las corrientes de rentas y como se reducen las ganancias, de igual forma se reduce su varianza.

La amenaza de expropiación puede provenir ya sea de fuentes intergubernamentales, gubernamentales o interorganizacionales. Los gobiernos ya sea por razones de interés nacional, comúnmente colocan obligaciones de compartir las rentas sobre las firmas.

Éstas pueden llevar la forma de requerimientos tecnológicos los cuales pueden abrir el mercado o las tecnologías a otras firmas, para hacer que los empleados locales tengan acceso empleo, o eventualmente acceso a un empleo de mayor tecnología y el que la firma apoye la creación de infraestructura de desarrollo o programas de entrenamiento, o eventualmente dirigiendo y tomando el control de la firma de manera total (Kobrin, 1982, Teece, 1986).

La dinámica interorganizacional también puede exacerbar la expropiación. La regulación puede ser discriminatoria o las redes de negocios pueden tener la intención de exclusión y pueden inclusive inhibir el acceso a los mercados o pueden forzarlos a divulgar la tecnología (Cusumano y Takeishi, 1991).

Las entidades ajenas al innovador pueden controlar algunos aspectos cruciales de la cadena de valor y extraer rentas que de otra forma irían a la firma innovadora. De igual manera la labor organizada puede extraer una porción de las rentas.

Con amenazas evidentes de expropiación, la creación de un buen medio ambiente para la negociación se puede convertir en una estrategia importante de amplificación. Al grado que la firma puede llegar a tener negociaciones favorables con los potenciales expropiadores antes de lanzar la tecnología, y eventualmente amplificar el valor de su opción.

---

De hecho, existe un peligro real en el no prenegociar: la firma se puede encontrar en una posición mucho más débil dentro de la negociación después de haber llevado a cabo la inversión.

Pero cuando la firma está en posesión de actividades, patentes, o activos únicos deseados por las partes en la negociación, puede eventualmente alcanzar una negociación potencialmente superior desde el punto de vista idiosincrásico.

## **CONDICIONES DE FRONTERA Y LA INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS CORRIENTES DE RENTAS (FLUJOS DE EFECTIVO)**

### **INCERTIDUMBRE RESPECTO DEL AJUSTE ENTRE EMPRESAS**

El problema del ajuste se puede definir como uno de equifinalidad. Las corrientes de rentas son apropiadas si se ajustan, no por imitación sino por medio de sustitución.

Los esfuerzos paralelos efectuados tanto por competidores directos como indirectos pueden responder a las mismas necesidades y problemas que la tecnología propuesta. Pueden eventualmente encontrar una trayectoria diferente a un fin similar.

Esto tiene el efecto de reducir las ganancias netas, relativas a las circunstancias sin la amenaza del ajuste, y también reduce la varianza de las ganancias potenciales.

La probabilidad de que existan ajustes reduce el valor de la opción. A pesar de que los académicos no han prestado mucha atención a ello en los recursos, el ajuste trae cuestiones respecto el valor de las ventajas idiosincrásicas.

A menos de que los otros no puedan movilizar sus propias ventajas idiosincrásicas para crear valores equivalentes para los clientes, se puede tener una competencia por las rentas con recursos fuera de la firma.

La difusión de interfases gráficas de usuario es uno de esos ejemplos. Originadas por Xerox Corporation, dichas interfases posteriormente fueron adoptadas por Apple Computer y posteriormente incluidas dentro del medio ambiente Windows de Microsoft Corporation.

A pesar que la plataforma del hardware para cada variante de la interfase eran diferentes de manera significativa, su utilidad desde el punto de vista del usuario final, era similar.

La amenaza y lo parecido del ajuste están influenciados por tres factores adicionales: (1) motivación y capacidades de los rivales, (2) inmovilidades del cliente, (3) el orden de entrada y los efectos de bloqueo. El grado en el que los competidores están amenazados, entonces la motivación para ajustarse se incrementa. **Chen, Ming-Jer, S., Ventakaraman, Ian C. McMillan and Sylvia S. Black, (1991).**

Se pueden crear inmovilidades cuando los clientes que adoptan de manera temprana deben de hacer inversiones para poder utilizar los productos del innovador (imponiendo un costo de cambio al ir hacia otro proveedor), cuando los aprendizajes específicos-a-la-transacción crean rechazos al cambio a otra forma de hacer las cosas (**Wererfelt, 1984**), cuando las firmas establecen contratos a largo plazo o cuando a los consumidores se les ofrece alguna forma de incentivo (tal como un descuento favorable) para permanecer con la firma innovadora.

La inmovilidad también puede ser resultado de **costos psicológicos**. La reputación de la firma (**Fombrun y Shanley, 1990**), reconocimiento de nombre (**Lieberman y Montgomery, 1988**) y relaciones bien establecidas pueden igualmente crear inercia.

Cuando existen efectos de retroalimentación o de red generan ganancias incrementadas a los primeros jugadores, aquellos que hacen intentos para ponerse al día es probable que nunca sean



capaces de superar tecnologías establecidas o embebidas (**David y Bunn, 1988; Katz, Shapiro, 1985**).

Como algunos argumentan (**Rosenkopf y Tushman, 1994**) una estrategia para amplificación consiste de arreglos de colaboración que fijan estándares que favorecen la tecnología de la firma sobre otras tecnologías en competencia.

En el grado en el que una firma tiende hacia una fijación de un estándar en contra de otros, crea una forma artificial de acceso que eventualmente puede crear una ventaja idiosincrásica.

### **INCERTIDUMBRE RESPECTO A LA IMITACIÓN**

A diferencia del bloqueo, expropiación o problemas por ajuste, la imitación trunca las corrientes de ganancias por medio del incremento de suministro de un producto o servicio, por tanto disminuyendo su rareza y su precio, como una consecuencia de la ley de oferta y demanda (**Barney, 1991**).

Los imitadores eventualmente evitan doblemente las desventajas debido a que su costo de imitación frecuentemente son mucho más bajos que los del innovador le costó la invención e igualmente el tiempo de desarrollo (**MacMillan; McCaffery y Van Wijk, 1985; Mansfield, 1988**).

Como en el caso de ajuste, esto tiene el efecto de reducir tanto la media y la varianza de las ganancias potenciales, e igualmente reducir el valor de la opción.

Una solución al problema de imitaciones para una firma es tomar ventaja de regímenes de apropiabilidad “apretados” para activos organizacionales tales como las *patentes*, las marcas registradas y los derechos de copiado (**copyrights**) (**Ghemawat, 1984; Rumelt, 1987**).

Es importante el hacer notar que no solamente se trata de la existencia de un régimen, sino también de la posibilidad de poder llevar a cabo la obligatoriedad de su aplicación, son elementos que se requiere tener para evitar la posibilidad de la imitación.

Las preinversiones en colaboración para reforzar regímenes de apropiabilidad, entonces pueden amplificar desarrollos tecnológicos posteriores.

Las firmas con posibilidades de estrategias de red, alianzas estratégicas, inversiones conjuntas (**joint ventures**) y programas de investigación en colaboración pueden encontrarse que dichas relaciones, también, pueden incrementar la potencialidad de las rentas en virtud de la posibilidad de establecer estrategias de colaboración **cuasi-monopólicas** (**Koh y Venkataraman, 1991; Shrader, Lincoln y Hoffman, 1989**).

A pesar del hecho de que las rentas se encuentren compartidas, las estrategias de colaboración son uno de los pocos mecanismos que dentro de un medio ambiente cada vez más competitivo, limitan la competencia y retrasan la apropiación de corrientes de rentas.

La incertidumbre respecto al tamaño de las corrientes acumuladas de ganancia neta afecta la varianza de esperada de dichas corrientes y consecuentemente el valor de las opciones del caso 1, donde el **var r** es mayor que **var c**.

Permítasenos ahora dirigirnos hacia la incertidumbre respecto a los costos de comercialización, los cuales influyen el valor de la opción para el caso 2, donde **var c** es mayor que **var r**.

### **CONDICIONES DE FRONTERA Y COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN**

Los académicos que escriben acerca de la comercialización de tecnología identifican tres categorías amplias de costos: (1) inversión en activos de producción, (2) inversiones en

desarrollo de infraestructura y (3) costos en desarrollo de tecnologías paralelas y activos coespecializados o complementarios (**Mansfield, 1988**).

Ellos señalan de manera extensiva la estimación de costos de activos de producción, concluyendo de manera general que mientras sea más ambicioso o intensivo en activos, tenderá a ser más caro.

Consideraciones menos obvias aplican a las segundas y terceras categorías, por que eventualmente incluyen costos no ocultos en cuenta o prometen beneficios ocultos a la firma.

Mientras mayor sea la varianza anticipada de los costos de comercialización, menor será el valor de la opción; también si existen costos que pueden ser afectados por preinversiones que puedan relajar las condiciones de frontera y de ésta manera aumentarán el valor de la opción.

### **INCERTIDUMBRE RESPECTO A LA ACCESIBILIDAD A LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA**

Las firmas pueden incurrir en costos significativos e inesperados para la creación de infraestructura y **sistemas desarrollados en paralelo (codesarrollados)** para dar a apoyo a las entregas, ventas y servicio de sus productos y servicios (**Itamy, 1987**).

Los costos de infraestructura, que normalmente se vuelven usurpadores necesarios pero normalmente no anticipados de recursos corporativos, pueden incluir la creación de infraestructura física; tales como distribución, servicios, comunicaciones, sistemas de transporte; la creación de infraestructura incluyendo practicas de negocios normalmente aceptadas y que eventualmente llegan a convertirse en estándares (**Rosebkopf y Tushman, 1994**); y la creación de infraestructura en capital humano (**Becker, 1964, 2007**).

Claramente en el grado en el que la disponibilidad de dicha infraestructura sea o no cierta el día de hoy o en el futuro, los costos esperados de comercialización y su varianza serán más grandes, fijando una frontera mínima para el valor de la opción.

En el grado en el que el desarrollo de la infraestructura sea o no necesario o pueda ser completado en colaboración antes del desarrollo total de la tecnología, las varianzas de los costos de comercialización, **var c**, se han de reducir y se amplificará el valor de la opción.

También existe un rol para los recursos específicos de la firma.

Si la firma puede capturar una posición de ventaja con respecto a contingencias críticas o infraestructura (por ejemplo: obteniendo derechos exclusivos de paso), eventualmente puede evitar el acceso de cualquier forma a otros competidores a la infraestructura y conservar de ese modo su condición de privilegio.

### **INCERTIDUMBRE RESPECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGÍAS PARALELAS**

Una segunda área mayor de inversión necesaria para comercializar un tecnología tiene que ver con la incertidumbre respecto del desarrollo de tecnologías paralelas o en paralelo, las cuales se pueden requerir para crear demanda u usar la tecnología blanco de manera adecuada. El software de las computadoras personales y el contenido de los sistemas de juegos de video familiar (home videogame systems) pueden ilustrar las situaciones en las cuales la venta de una tecnología depende del desarrollo paralelo de otra.

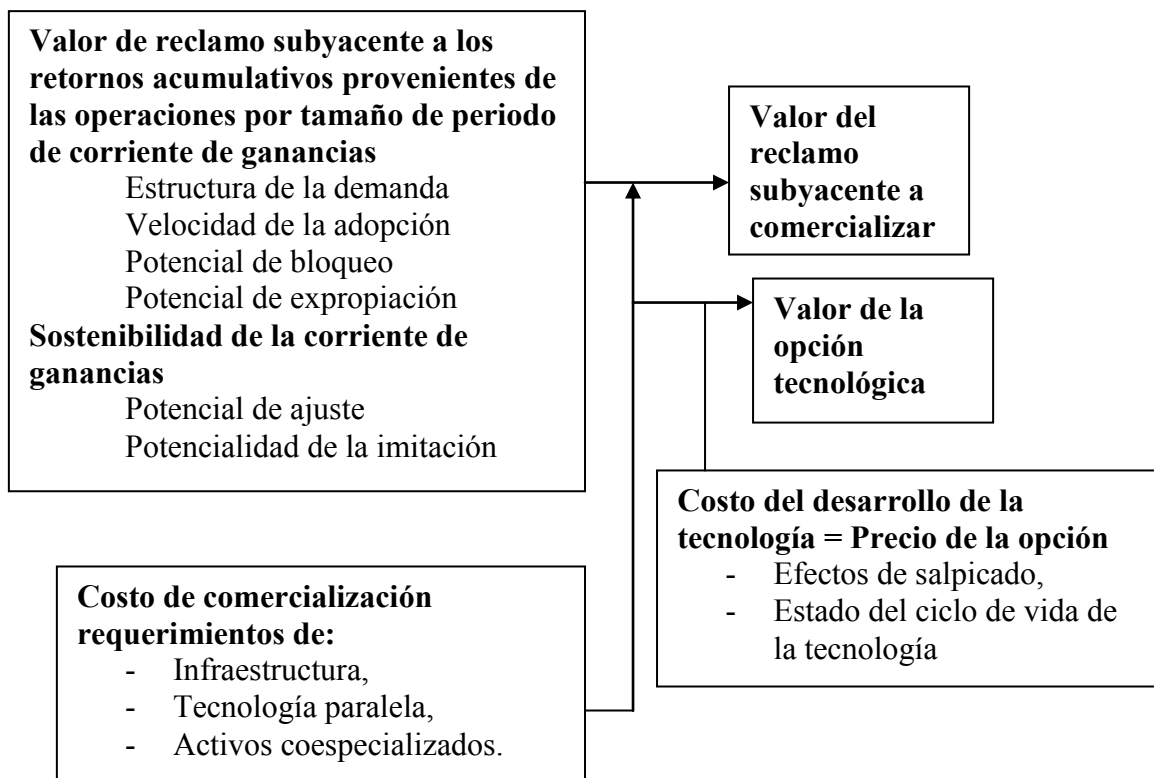
El crear tales activos complementarios puede ser igualmente costoso e incierto, incrementando la **var c**. En éste caso las alianzas juegan un papel importante, tal como lo hacen los arreglos de compartición de tecnología cómo los que suceden dentro de los consorcios de empresas. En el grado en el que la firma posea para sí misma tecnologías específicas paralelas y activos **coespecializados**, se puede esperar que alcance de manera única los beneficios de combinarlos con la nueva tecnología.

---

Por lo tanto, será mayor el potencial que podrá poner en juego si posee tecnologías paralelas o activos coespecializados de su propiedad en conjunción con la tecnología propuesta, harán mayor el valor de la opción sobre la tecnología.

Deberemos de notar sin embargo que ésta argumentación se puede aplicar en sentido inverso: en el grado en el que las tecnologías existentes sean no muy valiosas para ser comercializadas en el futuro, la firma pudiera estar enfrentando innovaciones en competencia destructiva (**Tushman y Anderson, 1986**), trampas de competencia (**Levitt y March, 1988**) y eventualmente **tecnologías disruptivas (Christensen y Rosembloom, 1995)**.

**Figura 16: Factores que influyen el valor de posicionamiento de la opción tecnológica.**  
**Gunther McGrath, R., McMillan, I. C., (1996).**



#### **FACTORES QUE INFLUENCIAN EL PRECIO DE LA OPCIÓN: COSTO DE DESARROLLO**

La figura anterior ilustra la relación existente entre el *activo subyacente* a las ganancias acumuladas provenientes de las operaciones y los costos de comercialización influyen el valor del activo subyacente sobre la comercialización. La inversión tiene sentido solamente cuando éste valor excede “el precio” que la firma ha de pagar para dar lugar a la creación de la opción. Se considera al precio aquí, el costo incurrido por desarrollar la tecnología.

En éste modelo el costo de la tecnología, aquellos diferentes de los costos directos de desarrollo, descansan en dos componentes importantes. el primero de ellos es el grado en el que el desarrollo de la tecnología ofrece a la firma “salpicados” positivos (**Itamy, 1987: 118**).

El segundo es el grado de los estados en los cuales se encuentra dicha tecnología, normalmente ha de ser en los estados iniciales del ciclo tecnológico.

#### **EFFECTOS DE SALPICADO**

Cómo se ha argumentado en los círculos académicos y en la literatura escrita (**Cohen y Levinthal, 1990**), las inversiones con la intención de crear nuevo conocimiento para la firma frecuentemente tienen importantes efectos de salpicado, los cuales en algún grado explican el

por que las firmas se comprometen en tales prácticas tales como “intercambio informal de conocimiento” (**know-how trading**) (**von Hippel, 1987**) o colaboraciones científicas (**Hagedoorn, 1993**). Frecuentemente una firma comienza con tales actividades con la intención de no solamente adquirir nuevo conocimiento relevante al desarrollo de tecnologías, sino que también ofrece el mejorar su base de negocio. **Itamy (1987)** discute ésta dinámica a fondo.

Sí, el nuevo descubrimiento (él arguye) y las nuevas capacidades que ha desarrollado la firma en la búsqueda de nuevas tecnologías se pueden utilizar para mejorar el atractivo o bajar los costos de los productos existentes, los costos del desarrollo pueden ser diferidos y generar corrientes de renta como un todo, incluyendo a la posición de la firma, mejorados.

Una firma aumenta el nivel de los beneficios del salpicado en una forma cuando utiliza la tecnología nueva o desarrollos de ésta para entrar a mercados modestos con la intención de utilizar a ésta como trampolín para entrar o dirigirse hacia otros mercados donde la tecnología se encuentra suficientemente desarrollada.

La estrategia de la firma se usa puede servir para enfatizar movimientos incrementados para capturar mercados adyacentes como pasos previos hacia una estrategia más ambiciosa o agresiva, o puede enfatizar la separación de una tecnología anterior para abrir una oportunidad totalmente nueva, eventualmente un **océano azul (Itamy, 1987; McGrath, McMillan y Tushman, 1992)**.

Una línea de pensamiento común a ambas aproximaciones es que las firmas de manera deliberada usan a entrada a campos subespecializados o nuevos mercados pequeños o modestos para obtener experiencia sin tener que exponer mucho el nombre de la firma.

Entonces mientras mayor sea el potencial para entrar a mercados en estados iniciales, más certidumbre se tendrá sobre el recuperar los costos en el camino – por lo tanto el precio de la opción tecnológica disminuye.

El grado en el cual la firma explota las competencias y las relaciones **idiosincrásicas** existentes con los clientes aumenta significativamente el potencial de los beneficios tempranos del salpicado y crea oportunidades idiosincrásicas, reduciendo de ésta forma el valor de la opción.

Una segunda forma de salpicado puede ocurrir cuando una firma puede prever el vender u ofrecer la opción de manera anterior a la comercialización. En éste caso la firma puede ser capaz de generar retornos que hagan percibir a otros que la opción es valiosa, sin incurrir en los costos de ejercicio.

## **ESTADO DEL CICLO DE VIDA TECNOLÓGICO**

Varios de los académicos han demostrado que los ciclos tecnológicos tienen efectos significativos sobre las estrategias tecnológicas en la forma de que ellas influyen las bases de competencia y la naturaleza de las **incertidumbres enfrentadas (Anderson y Tushman, 1990; McGrath, et al., 1992)**.

Durante periodos de cambio incremental, se explota el aprendizaje (**March, 1991**), y las posiciones de ventaja tienden a reforzarse. Durante los periodos “de fermentación” y detención/disrupción, se deben de hacer las inversiones de exploración, por que se encuentran en juego posiciones de importancia, y eventualmente las posiciones de líder del mercado.

Por medio de un desarrollo de tecnología, en incrementos.

Las firmas frecuentemente innovan dentro del contexto de un diseño dominante (**Tushman y Anderson, 1990**), significa que se han establecido dimensiones clave de mérito dentro del mercado, se ha educado a los clientes de la firma y sus tecnologías coexistentes que comparten una arquitectura común.

Cada uno de esos actos tienen la finalidad de reducir los costos de desarrollo.

---

Cuando entran al mercado tecnologías **disruptivas**, las firmas frecuentemente hacen inversiones para identificar que atributos de la tecnología serán cruciales, para adquirir participación de mercado o entrenar a los clientes dentro del nuevo campo, para comunicar los beneficios de la tecnología y desarrollar tecnologías ya sean paralelas o de soporte.

De manera interesante, la incertidumbre de la etapa/estadio de fermentación hace del uso de las opciones de tecnología aún mas atractivas como **coberturas (hedges)** contra la colocación de posiciones/operaciones (apuestas/bets) de tecnología erróneas.

Paradójicamente, sin embargo, la creación de una opción (por el desarrollo de la tecnología) tiende a ser más caro.

Debido a las dimensiones del mérito tienden a no ser claras, un firma puede anticipar variaciones de diseño caras, experimentación, inversión en activos de uso futuro cuestionable e inversiones para crear o desarrollar de manera oportuna de tecnologías paralelas o complementarias, así como de considerables costos de coordinación a nivel comunitario (**Rosenkopt y Tushman, 1994**).

Por lo tanto, mientras sea más temprano en el ciclo tecnológico, los costos son mayores y más inciertos que aquellos que se llevan a cabo en estadios posteriores.

Al mismo tiempo, las posibles ganancias motivan el que las firmas tomen posiciones tempranas.

El término (de **Rosenkopf y Tushman, 1994: 410**) “**Organizaciones tecnológicas comunitarias**”, el cual ayuda a dar forma a los estándares y especificaciones de una **tecnología emergente**, así como la tecnología misma.

## **MODELANDO LOS VALORES DE OPCIONES SOBRE TECNOLOGÍA**

Como lo muestra la figura anterior sobre tecnología se puede describir en términos de tres inversiones: (1) el costo de desarrollo de la tecnología, el cual es equivalente al precio de tomar la opción de posicionamiento de la tecnología; (2) el costo de la comercialización; y (3) el valor de la obligación subyacente a los retornos/ganancias acumuladas de las operaciones.

De la misma forma que en las opciones financieras, cuando existe una mayor tendencia a la incertidumbre, se incrementa lo atractivo de hacer una inversión en opciones, suponiendo que la firma puede contener el incurrir en pérdidas posibles.

Una opción se hace más atractiva si la firma puede aproximarse a través de desarrollos secuenciales de forma tal que el incurrir en costo de desarrollo de un estadio no compromete a la firma de forma irreversible al siguiente estadio de desarrollo.

Aún cuando el nivel de pérdidas potenciales sobre el desarrollo de una tecnología no se puede predecir, los gastos dirigidos a reducir las pérdidas potenciales, los cuales solamente resuelve la inversión aún pudieran ser garantizados sí es posible la inversión.

La incertidumbre también sugiere roles tanto para la estrategia y para la entrega de recursos influenciados por razones idiosincrásicas.

De manera personal, se trata a los perfiles de incertidumbre de las firmas, como si fuesen heterogéneos, sugiriendo que un objetivo estratégico para las inversiones en tecnología, se da para reducir la incertidumbre propia, sin hacer lo mismo para nuestros competidores.

En el grado en que las inversiones en el posicionar un proyecto de tecnología, que se muestra posible de ser llevado a cabo a partir de las habilidades específicas, activos y rutinas de la firma, la firma podrá ser capaz de reducir aún más la incertidumbre **idiosincrásica** en formas que son específicas a la misma y le son inapropiables a sus competidores.

---

En situaciones donde la naturaleza de la incertidumbre que enfrenta la firma para un proyecto es tal que ninguna cantidad invertida puede reducirlo, pero puede reducir el nivel de incertidumbre temporalmente, la firma puede optar por posponer la opción.

Cuando existe incertidumbre externa a pesar de ello la firma puede tomar acciones específicas para amplificar el valor de la opción. Se identifican y resumen las oportunidades para colocar ya sea preinversiones para amplificación y asignación de recursos idiosincrásicos en la tabla 1.

En resumen, el objetivo primordial de ésta sección era el desarrollar de manera amplia y adecuada, modelo de influencias sobre el valor de una opción de tecnología reconociendo que las suposiciones utilizadas en las para valorar las opciones financieras no son las mismas que se pueden hacer para las *opciones reales*.

A pesar de no ser exhaustivo, el marco que presentamos en la figura 16 integra investigaciones previas sobre estrategia tecnológica e incertidumbre para articular el momento en el que una opción muestre el potencial para obtener para la firma el acceso a futuras rentas.

Nuestro tratamiento en éste punto de la incertidumbre y la reducción específica de la firma, además se trata de integrar de una manera no ambigua los modelos de opciones reales, evaluación de tecnología y la teoría de administración estratégica.

Permite deducir por ejemplo el que la colocación de preinversiones e inversiones pueden ser factores importantes para el posicionamiento de tecnología cuando permiten a la firma a reducir de manera importante incertidumbre de naturaleza idiosincrásica en formas que no son obvias a nuestros competidores.

Ello implica y también sugiere que las colocaciones de activos que crean de manera sistemática una desventaja para la firma o que no son útiles para diferenciar a la firma con respecto de la competencia tienen poco valor estratégico en la decisión de posicionamiento de la tecnología.

El legado de un sistema de cómputo, por ejemplo, el cual puede calificar como parte de la herencia de la firma, puede ser considerado más como un peso, que como un activo en tanto no sea capaz de ayudar a la firma a resolver situaciones de incertidumbre críticas en una manera oportuna. El modelo que se presenta también sugiere que la acción estratégica apropiada con respecto a una tecnología dada probablemente tenga menos que ver con la tecnología que con factores “externos” a ella y respecto de la firma que a generó.

No solamente la firma se hace un favor al esperar para realizar una inversión, sino que al evitar los temidos costos hundidos, la firma puede extraer el máximo valor procediendo a lo largo de diferentes frentes estratégicos. Los argumentos que se resumen en la tabla 1, también sugieren de manera específica, que formas de acción estratégica han de ser las más apropiadas bajo diferentes condiciones de frontera.

Por lo tanto éste relativamente nuevo punto de vista de la estrategia tecnológica como opción enlaza a la firma de una manera directa con medios ambientes más amplios ya sean tanto las estrategias políticas, de negocios y sociales.

Por ejemplo, al argüir que en algunos casos, se ha de detener temporalmente mientras se tienen en cuenta los resultados de contexto y condiciones regulatorias, o se interfiere en favor de evitar lo inapropiado del medio ambiente, se propone el marco de trabajo de que se encuentran directamente relacionadas por medio de elementos tales como los institucionales y los legitiman dentro de la estrategia competitiva.

Esto motiva el que no se tenga a la tecnología como un ente aislado, sino como un elemento más dentro de una estrategia general para la captura de rentas, claramente incrustada dentro de un contexto competitivo e institucional.

---

El término de preinversión o inversión adelantada de amplificación no se ha establecido como un concepto para crear un contexto apropiado dentro de la rama de las *opciones reales*.

El marco que se presenta sugiere ésta idea y cómo y cuando se puede hacer uso de éstas herramientas para ayudar al posicionamiento estratégico de la firma.

Se sugieren aproximaciones para estimar el valor de y por lo tanto el nivel adecuado de inversión de tales estrategias de amplificación.

Las implicaciones para investigaciones posteriores podrían ser respecto de éstas ideas, tanto dentro de las áreas de operacionales y pruebas empíricas subsecuentes.

En movernos hacia el desarrollo de medidas tanto directas como indirectas es el siguiente paso lógico.

Las medidas directas pudiesen incluir variables tales como las demográficas para anticipar el crecimiento en la demanda, comunicados a grupos de interés y hacia las agencias regulatorias/legislativas para medir el potencial de bloqueo, relativas a los índices claves de la industria para evaluar niveles comparativos de eficiencia en la aplicación de recursos.

Las medidas indirectas pudiesen ser desarrolladas desde un punto de vista administrativo o funcional de acuerdo a expertos, ya sea por cuestionarios del tipo **Delphi (Dalkey y Helmer, 1963)**.

Los conceptos sugeridos en éste punto tienen mucho que ofrecer, tanto para un desarrollo posterior de una teoría basada en recursos y la aplicación estratégica de la aplicación de la teoría de opciones reales.

El concepto de reducción de la **incertidumbre idiosincrásica** comienza a moverse hacia nosotros como un campo específico hacia una definición menos ambigua de cuando los recursos nos han de ofrecer un valor estratégico o no.

Con respecto a la literatura existente de opciones reales, esperamos que la presente sección sea de utilidad para clarificar parte de la naturaleza de las opciones (ya sea como costos incurridos para crear reclamos subyacentes sobre rentas futuras), así como para proveer de una lógica coherente sugiriendo el momento del uso o la aplicación de dichos instrumentos, cuando deberán de ser aplicados y cuando se deberá permitir que éstas expiren.

## **METODOLOGÍA**

La metodología a utilizar estará basada en la valuación de opciones reales, a la cual también se le ha llamado análisis de opciones reales y se aplican las técnicas de valuación de opciones a las decisiones de presupuestos y gestión de capitales.

La finalidad de nuestro estudio está primordialmente dirigida al tiempo en el cual se llevan a cabo las inversiones para acceder al mercado, basándonos en las características de las opciones reales.

Una opción real es en sí misma el derecho – pero no la obligación – de llevar a cabo alguna decisión de inversión o de negocios; generalmente la opción de llevar a cabo, expandir, o contraer una inversión de capital.

Por ejemplo: la oportunidad para llevar a cabo un aumento de capacidad de una planta productiva o contrariamente reducir su capacidad o inclusive el venderla son una opción de compra o “*call*” u opción de venta o “*put*” respectivamente.

Las *opciones reales*, como disciplina, se extienden desde sus aplicaciones a las Finanzas Corporativas a las decisiones en general bajo incertidumbre, adaptando las técnicas

desarrolladas para opciones financieras a decisiones dentro del marco de la vida real. Un ejemplo de ello puede ser cuando los gerentes de **I+D** (Investigación y Desarrollo) pueden utilizar opciones reales para asignar dónde se ha de llevar a cabo una investigación que representa la mejor opción dentro de una serie probable de inversiones, y es por ello que se está convirtiendo en una herramienta empleada cada vez más en la formulación de estrategias de negocios.

Se han de plantear los casos tanto desde la óptica de la falta de la aplicación de las técnicas de opciones reales y los resultados y escenarios finales obtenidos, tanto como con la aplicación de las mismas y los resultados consecuentes, haciendo referencia tanto a las diferencias cómo a los resultados consecuencia de las diferentes posiciones adoptadas.

## MARCO TEÓRICO

Para definir de manera adecuada el marco teórico de las opciones reales debemos de comparar sus características con otros instrumentos factibles de ser utilizados para las mismas finalidades, siendo al día de hoy denominadas técnicas estándar. Generalmente la valuación de opciones reales se contrasta frecuentemente con el análisis descuento de flujos de efectivo (**DFE**) y con el valor presente neto (**VPN**). Usando un modelo de flujos descontados de efectivo normalmente sólo se pueden modelar los resultados de la operación y las posibles opciones que representan a la flexibilidad que se presenta de manera normal normalmente se ignora.

El marco del *valor presente neto* de manera implícita asume que la gerencia mantiene una posición pasiva respecto a las inversiones de capital una vez que éste se ha llevado a cabo o comprometido. Los analistas usualmente toman en cuenta ésta incertidumbre por medio de la aplicación de una tasa de descuento (por ejemplo: aumentando el costo del capital) o los flujos de efectivo (por medio del uso de factores “**equivalentes de certidumbre**” o aplicando cortes subjetivos a los números obtenidos para los escenarios pronosticados a futuro. Éstos métodos por lo general no son capaces de tomar en cuenta los cambios del riesgo a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y fallan consecuentemente en adaptarse de manera adecuada a los cambios en los niveles de riesgo.

En cambio el análisis o la valoración de opciones reales asume que existe la posibilidad de tener una posición activa y que de la misma forma es posible el modificar el proyecto de acuerdo a las condiciones prevalecientes. La idea de la valuación de opciones reales es de ser posible considerar todas las posibles circunstancias futuras y las respuestas de la gerencia o dirección a dichos **escenarios contingentes**.

Debido a que los gerentes y directores responden a cada cambio – por ejemplo: se pueden ejercer las opciones – de igual forma se pueden reducir las condiciones de riesgo de acuerdo a los cambios que se presenten y eventualmente se pueden eliminar y de igual forma se puede acceder a tener mayores niveles de ganancia. La idea en general es el reducir o inclusive eliminar el riesgo, por medio de tomar en cuenta el mismo y usando las técnicas aplicadas a las opciones financieras.

Aquí la aproximación se lleva a cabo por medio de ajustar la probabilidades de riesgo a cada escenario y - contrariamente a lo que se deberá de hacer con el valor presente neto – se pueden **descontar los flujos de efectivo a una tasa libre de riesgo, a esta técnica se le llama de certidumbre equivalente o aproximación de martingalas, y usa una medición neutral al riesgo**. Dados los diferentes tratamientos, el valor de las opciones reales en general es mayor que el contenido a partir del valor presente neto – y la diferencia será más marcada en proyectos con flexibilidades mayores, mayores contingencias y volatilidad mayor.

El marco teórico dentro del cual se ha de desarrollar la tesis es el de la óptica de las opciones financieras tomadas como opciones reales aplicadas a las situaciones que se presentan cuando se ha de solicitar una patente y las series de posibles opciones a llevar a cabo cuando se tiene la posibilidad de patentar o hacerse de una patente y las series de posibles caminos posteriores a la obtención de la *patente* de manera tal que se generen las condiciones más idóneas para las fases posteriores del proceso de patentado.

---



## CAPÍTULO 6

### OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN, INCLUYENDO PATENTES, CÓMO OPCIONES REALES

#### COMENZANDO CON LAS VARIABLES PARA PRESENTAR LA NUEVA MÉTRICA DE LUERHMAN

La analogía entre **opciones financieras** e **inversiones reales corporativas** que crean oportunidades futuras es tanto intuitivamente llamativa y cómo cada vez más aceptada. Los ejecutivos rápidamente ven como el invertir hoy en **investigación y desarrollo (I+D)**, o en un nuevo programa de mercadeo o aún en ciertos gastos de capital (una nueva fase de una planta por así decirlo) pueden generar la posibilidad de nuevos productos o mercados el día de mañana.

Pero para muchos gerentes sin antecedentes en finanzas, la jornada de la visión a la acción, a partir de los “*calls*” y “*puts*” de las opciones financieras y el llegar hasta las decisiones financieras, se vuelve difícil y profundamente frustrante.

Los expertos hacen un muy buen trabajo en explicar el por qué las opciones del precio capturan lo que los análisis del **descuento de flujos de efectivo (DFE)** y el **valor presente neto (VPN)** sencillamente son incapaces de llevar a cabo. Más aún inclusive el valor el precio de una opción para intercambio de monedas, que es bastante lineal y que tantos libros presentan de manera tan lúcida. Pero en ese punto la mayoría de los ejecutivos se quedan pasmados.

Y su interés engañado, por que ellos quieren saber: ¿Cómo puedo utilizar la valuación de opciones en mi proyecto?, ¿Y cómo puedo utilizar esto con números en lugar de ejemplos “esterilizados”? Desafortunadamente el consejo del cómo hacerlo en éste campo es difícil de encontrar y generalmente lo tratan los especialistas con doctorados. Como resultado el análisis que llega a generar números reales se ha vuelto caro y difícil de entender.

El marco presentado aquí trata de llenar el espacio entre el lado práctico de los proyectos de capital del mundo real y las matemáticas superiores asociadas con la teoría de formal de valuación de opciones. Esto produce un producto cuantitativo que puede ser usado de manera repetida en muchos proyectos y es compatible con las hojas de cálculo que se encuentran sumergidas dentro de todos los sistemas de gastos de capital de casi cualquier empresa basados en el descuento de flujos de efectivo (DFE).

Lo que éste marco no puede dar es una respuesta precisa; cuando se requiere de un número exacto aún hay que llamar a los expertos especializados en herramientas financieras específicas. Pero para muchos proyectos en la mayoría de las compañías, un número cercano al verdadero es lo “suficientemente bueno” cómo para ser tomado en cuenta y además considerablemente mejor que lo que un análisis de DFE de una hoja de cálculo es capaz de darnos, además puede el justificar llamar a tales expertos en opciones financieras.

En tales casos hay que olvidarse algo de la precisión a cambio de la versatilidad y la claridad se convierten en un intercambio aparte de adecuado, interesante y conveniente, y eventualmente

nos puede dar información más detallada del evento o eventos futuros lo cual puede ser crítico e igualmente fascinante.

Comencemos examinando una oportunidad de inversión genérica cualquiera –el presupuesto de un proyecto – para darnos cuenta de el por qué la similitud con una opción “*call*”. Entonces compararemos el método de valuación *DFE* con la aproximación a la valuación de una opción para evaluar el proyecto, y en lugar de observar solamente las diferencias entre ambos, mejor buscaremos los puntos en común.

Reconociendo el que las diferencias añaden profundidad al análisis y explotando los puntos comunes se vuelve central el hacerlo entendible y compatible con técnicas más familiares. Aún más, la mayor parte de los datos que utiliza éste punto de vista provienen de las hojas de cálculo de *DFE* que la mayoría de los gerentes usan de manera rutinaria para evaluar propuestas de inversión.

Y para valorar opciones éste marco de trabajo utiliza la tabla de *valuación* de opciones de *Black-Scholes* en lugar de ecuaciones diferenciales de segundo grado complejas. Finalmente una vez que hemos generado el marco de trabajo hemos de aplicarlo a un ejemplo de una decisión típica de inversión de capital. (**Black, F., Scholes, M., 1973**).

### “MAPEANDO” UN PROYECTO SOBRE UNA OPCIÓN

Una oportunidad de inversión corporativa es como una opción *call* debido a que la corporación tiene el derecho, pero no la obligación de adquirir algo - por así decirlo los activos operativos de un nuevo negocio. Si podemos encontrar una opción *call* suficientemente similar a la opción de inversión, el valor de la opción nos diría algo acerca del valor de dicha oportunidad.

Desafortunadamente, la mayoría de las oportunidades de negocio son únicas, de manera tal que el encontrar una opción similar es muy baja. La única forma adecuada de encontrar una opción financiera siquiera parecida es construyéndola.

Para hacerlo, necesitamos el establecer una correspondencia entre las características de y las cinco variables para determinar el valor de una opción *call* simple sobre una acción. “Mapeando” las características de la oportunidad de negocio sobre los datos de una tabla de valores de una opción *call*, podemos obtener el modelo del proyecto que combina sus características con la estructura de la de una opción *call*.

La opción que hemos de utilizar es la opción *call* europea, la cual es la forma más sencilla de todas las opciones que se pueden ejercer solamente en una fecha, su fecha de vencimiento o de terminación de plazo. La opción que vamos a sintetizar de ésta forma no ha de ser una sustitución exacta de la oportunidad u opción real, pero cómo la hemos diseñado para ser similar, es de hecho lo que le permite dar información valiosa.

El diagrama de “Mapeo” de una oportunidad de inversión sobre una opción *call* muestra la correspondencia permitiendo ésta comparación o éste “mapeo” que para el modelo es fundamental. Muchos proyectos requieren del colocar una inversión o construir un activo productivo. El colocar el efectivo para explotar tal oportunidad de negocio es análogo al ejercer una opción, sobre por ejemplo una acción. La cantidad de dinero gastado corresponde al precio de ejercicio de la opción (denotado por simplicidad cómo  $X$ ).

El valor presente del activo construido o adquirido corresponde al del precio de la acción ( $S$ ). El lapso de tiempo en que la compañía puede diferir la decisión de inversión sin perder la oportunidad que corresponda al tiempo de la opción a expirar ( $t$ ). La incertidumbre acerca del valor del valor futuro de los flujos de caja del proyecto (esto es, el riesgo del proyecto) correspondiente a la desviación estándar de los retornos de la acción ( $\sigma$ ). Finalmente, el valor en el tiempo del dinero se da en ambos casos por la tasa de retorno de la tasa libre de riesgo ( $r_f$ ). Valuando una opción usando los valores para éstas variables generadas a partir de nuestro proyecto, sabremos más del valor de nuestro proyecto, que lo que sabríamos a partir del análisis simple de *descuentos de flujo de efectivo*.

## RELACIONANDO EL VPN Y EL VALOR DE LA OPCIÓN

Los métodos de DFE darían un valor a ésta oportunidad calculando su **VPN**. El VPN es la diferencia entre cuanto valen los activos operativos (su valor presente) y cuánto costarán:

$$\text{VPN} = \text{Valor presente de los activos} - \text{gasto del capital requerido}$$

Cuando el VPN es positivo, la corporación incrementará su propio valor haciendo la inversión. Cuando el VPN es negativo, es mejor que la corporación se aleje de esa “oportunidad” o desinversión. Cuando el valor de la opción y el valor del VPN son iguales ¿Qué hacer? Eso solamente sucede cuando una decisión sobre un proyecto no se puede retrasar más, esto es cuando la opción de la compañía ha alcanzado su *fecha de expiración* o *de ejercicio*. En esa fecha ya sea:

$$\begin{aligned} \text{El valor de la opción} &= S - X \text{ o} \\ \text{el valor de la opción} &= 0 \end{aligned}$$

Cualquiera que sea mayor. Pero notemos que:

$$\text{VPN} = S - X$$

Igualmente debido a que ahora a partir de nuestro mapa  $S$  corresponde al VPN de los activos y  $X$  al gasto de capital requerido. Para reconciliar los dos de manera completa, deberemos solamente de observar que cuando el VPN es negativo, la corporación no deberá de invertir, de forma tal que el valor del proyecto es efectivamente cero (de la misma manera que lo es la opción) o más negativa. En corto ambas aproximaciones entregan el mismo número y consecuentemente la misma decisión (Véase el diagrama “¿Cuándo son el VPN y el valor de la opción idénticos?”)

<b>“MAPEANDO” UNA OPORTUNIDAD DE INVERSIÓN EN UNA OPCIÓN CALL</b>		
<b>Oportunidad de inversión</b>	<b>Variable</b>	<b>Opción Call</b>
Valor presente de los activos operativos del proyecto a ser adquirido	$S$	Precio de la opción
Gasto requerido para adquirir los activos del proyecto	$X$	Precio de ejercicio
Lapso de tiempo en que se puede diferir la decisión	$t$	Tiempo a la expiración
Valor del dinero en el tiempo	$r_f$	Tasa libre de riesgo
Riesgo de los activos del proyecto sobre la acción	$\sigma^2$	Varianza de los retornos

<b>¿CUANDO EL VALOR PRESENTE NETO Y EL VALOR DE LA OPCIÓN IDÉNTICOS?</b>	
El VPN convencional y el valor de la opción son idénticos cuando la decisión de inversión no puede ser postergada, consecuentemente no existe un lapso de tiempo durante el cuál se pueda diferir la inversión, y hacer efectivo el valor presente en el tiempo.	
VPN Convencional	Valor de la opción
VPN = (valor de los activos del proyecto)-(gastos requeridos) Ésta es $S$ Solamente $S$ y $X$ importan.	Cuando $t=0$ , $\sigma^2$ y $r_f$ no afectan el valor de la opción call.
De manera tal que $\text{VPN} = S - X$ . Cualquiera que sea mayor. Aquí, hemos de decidir si “vamos” o “no vamos”	Al expirar, el valor de la opción call es: $S - X$ o $0$ Aquí hemos de “ejercer” o “no ejercer”.

Éste es terreno común entre el *VPN* y el valor de la opción y tiene un gran valor y significado práctico. Significa que las hojas de cálculo corporativas se fijan para calcular el *VPN*, el cual es muy importante para la valuación de opciones. Cualquier hoja de cálculo que puede calcular el *VPN* contiene la información necesaria de *X* y *S*, las cuales son dos de las cinco variables de la valuación de opciones. De acuerdo con ello los ejecutivos que quieren empezar a utilizar la valuación de opciones no deberán de desechar sus sistemas basados en *DFE*.

¿Cuándo el *VPN* y la valuación de opciones divergen? Cuando la decisión de inversión se puede postergar. La posibilidad de retraso en la inversión da lugar a dos fuentes adicionales de valor.

Primero, siempre hemos de pagar más tarde, que temprano, manteniéndose todo igual (*ceteris paribus*) por que hemos ganado el valor del dinero en el tiempo sobre el gasto postergado.

Segundo mientras esperamos, las condiciones externas pueden cambiar y consecuentemente nuestra visión y sentimiento del proyecto pueden cambiar, especialmente cuando estamos en el punto de iniciar un proyecto que no tarda mucho en implementarse.

De manera específica: el valor de los activos operativos que pretendemos adquirir puede cambiar. Sí su valor aumenta no los hemos perdido; aún podemos adquirirlos llevando a cabo la inversión (ejercer nuestra opción). Sí el valor decrece, aún podemos decidir el no adquirirlos, o al menos sopesar ésta posibilidad.

Lo cual también está bien (de hecho es muy bueno) debido a que al esperar, hemos evitado lo que hubiera sido considerado una decisión pobre de inversión. De alguna forma hemos preservado nuestra habilidad de participar con un buen resultado y el aislarnos de malas decisiones.

Por ambas razones, el ser capaz de retrasar la decisión de inversión tiene valor. El *VPN* tradicional no es capaz de beneficiarse del valor en exceso de la opción a retrasar la inversión por que asume que no puede ser posible el hacerlo. En contraste, la valuación de opciones presume la habilidad de postergar y nos da una forma, al menos inicial, de cuantificar el valor del hacerlo. De manera tal que al valuar la inversión, requerimos de desarrollar dos nuevas métricas que capturan éstas dos fuentes extras de valor.

### **CUANTIFICANDO EL VALOR AGREGADO: *VPNc***

La primera fuente de valor es el interés que podemos obtener sobre el gasto requerido de capital, por el postergar la inversión en lugar de llevarlas a cabo en cuanto nos es posible. Una buena forma de capturar el valor es el suponer que se pone en el banco solamente la cantidad necesaria de manera tal que ese dinero más el interés que se ha obtenido es suficiente para fondear el gasto requerido.

¿Cuánto dinero es eso? Es el valor presente descontado del capital a ser invertido. En notación de opciones, es el valor presente del gasto de capital, y es el valor presente del precio de ejercicio o *PV(X)*. Para calcular *PV(X)* descontamos *X* para el requisito del número de periodos (*t*) a la tasa libre de riesgo de retorno (*r<sub>f</sub>*):

$$PV(X) = X / (1 + r_f)^t$$

El valor extra es la tasa de interés *r<sub>f</sub>* multiplicado por *X*, compuesto sobre qué tantos periodos están involucrados. De manera alternativa, es la diferencia entre *X* y *PV(X)*.

Sabemos que el *VPN* no toma en cuenta ese valor extra, de manera tal que nosotros hemos de incluirlo. Hemos visto que el *VPN* se puede expresar en notación de opciones cómo:

$$VPN = S - X$$

Reescribamos usando *PV(X)* en lugar de *X*. Entonces:

$$\text{VPN modificado} = S - PV(X).$$

Hay que notar que nuestro **VPN modificado** ha de ser normalmente mayor o igual al VPN normal por que de manera explícita incluye el interés ganado por la espera. Y recoge una de las fuentes de valor en la que estamos interesados.

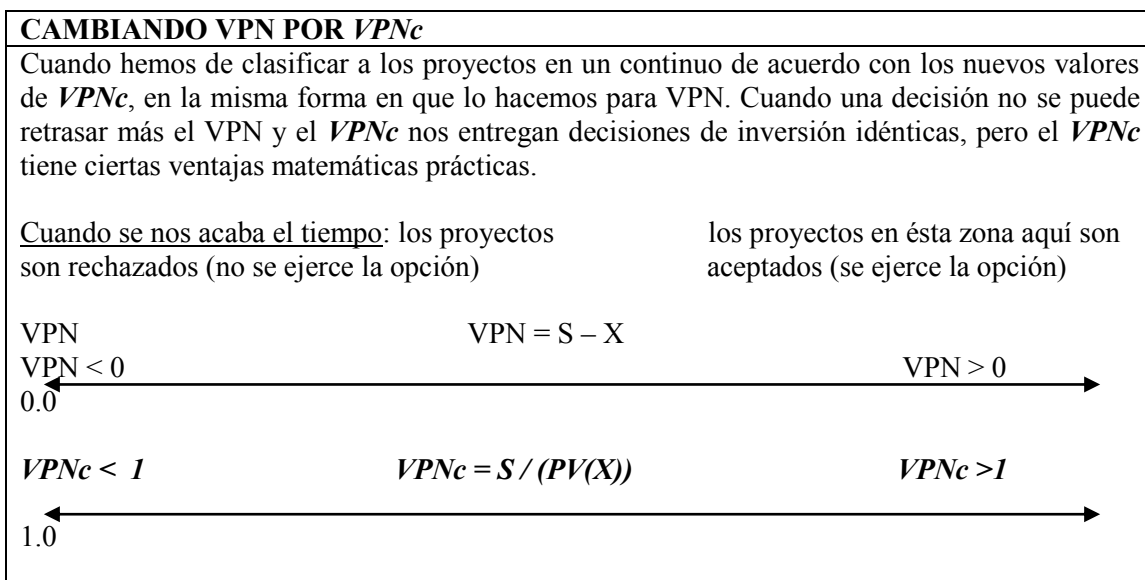
El VPN modificado es entonces la diferencia entre **S (Valor)** y **PV (X)** (el costo ajustado por el valor del dinero en el tiempo).

El VPN modificado puede ser positivo, negativo o cero, sin embargo ha de hacer nuestros cálculos mucho más fáciles si expresamos la relación entre el costo y el valor de manera tal que el número nunca sea negativo o cero. (Ver página siguiente).

De tal forma que en lugar de expresar el VPN modificado como la diferencia entre **S y PV(X)**, se ha de crear una nueva métrica de acuerdo con **Luerhman (1998)**, que propone **S** y el dividirlo entre **PV(X)**. Al convertir la diferencia en una razón, todo lo que estamos haciendo es evitar tener valores negativos, por medio de convertir dichos valores en valores decimales entre cero y uno. Y llamaremos a ésta nueva métrica **VPNc** donde **c** proviene de cociente para recordarnos la nueva condición de la relación anterior cómo:

$$\text{VPNc} = S / (PV(X))$$

Los valores de VPN y **VPNc** obviamente no son equivalentes, esto es, no nos dan la misma respuesta numérica. Por ejemplo, si **S = 5** y **PV(X) = 7**, entonces tendremos **VPN = 2** y **VPNc = 0.714**. Pero la diferencia en los datos no es importante por que no se pierde información alguna acerca del proyecto al substituir una métrica con la otra. Cuando el VPN es positivo, el **VPNc** ha de ser mayor de 1, cuando el valor de VPN es negativo entonces **VPNc** ha de ser menor que la unidad. En cualquier caso en el que VPN sea cero entonces **VPNc** ha de ser igual a uno. Existe una correspondencia exacta entre ellos cómo lo muestra el diagrama “cambiando VPN por **VPNc**”.



### CUANTIFICANDO EL VALOR EXTRA: VOLATILIDAD ACUMULADA

Ahora movámonos hacia la segunda fuente adicional de valor, por así decirlo que mientras que esperamos para ejercer, el activo puede cambiar de y afectar nuestra decisión de inversión para mejorar. Ésta posibilidad es muy importante, pero ciertamente de manera natural es más difícil de cuantificar, por que no estamos en realidad seguros de que el valor de los activos ha de cambiar, y si lo hace entonces cual ha de ser el valor futuro.

Afortunadamente más que medir el valor añadido de manera directa podemos medir la incertidumbre y dejar que el modelo de valuación de opciones cuantifique el valor asociado a una cantidad dada de incertidumbre. Nuevamente, hemos de ir a través de dos pasos.

Primero, hemos de identificar de una manera sensible de medir la incertidumbre. Entonces hemos de expresar la métrica de una forma matemática tal que nos sea más fácil de usar pero no pierda ningún contenido práctico.

La única forma de medir la incertidumbre es por medio de asignar probabilidades. Imaginemos que los valores futuros del proyecto se pueden tomar de una urna que contiene todos los posibles valores futuros, con pesos estadísticos ajustados de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia. Por ejemplo, si el valor de \$100 tiene el doble de probabilidades de ocurrir que \$75 o \$125, entonces ha de haber el doble de bolas de \$100 que las de \$75 o \$125.

¿Cómo podemos cuantificar la incertidumbre? Quizás la medida más obvia sería simplemente colocar el rango de todos los valores posibles o sea de la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo. Pero podremos hacer algo mejor que eso tomando en cuenta la tendencia a aparecer de los valores entre éstos dos valores extremos. **Barone-Adesi, G., Whaley, R., (1987).**

Sí, por ejemplo, los valores extremos tienen un ocurrencia mucho menor que los valores centrales entonces nuestra medida de la incertidumbre de dicho fenómeno ha de reflejar esa condición. La medida de dispersión que incluye el ajuste por peso o prorratio es la varianza la cual frecuentemente se denota por sigma cuadrada ( $\sigma^2$ ).

La varianza es un resumen de la medida del parecido del de los valores obtenidos de la urna, si éstos están muy lejanos al promedio de la urna. Lo mostrado por la varianza, para cada elemento analizado, han de ser mucho mayores o mucho menores que lo que dice el promedio. En otras palabras que los activos con elevada varianza son mucho más riesgosos y eventualmente mucho más potencialmente productivos que los de baja varianza.

La varianza es una medida fácil de la incertidumbre, pero de alguna manera incompleta. Por que de hecho tenemos que preocuparnos también de la dimensión del tiempo: qué tanto las cosas cambian mientras esperamos depende de cuanto nos podemos dar de tiempo de espera. Para proyectos de negocios, puede ser que las cosas cambien en demasía en dos años con respecto a solamente esperar dos meses. De manera tal que en la valuación de opciones se habla en términos de varianza por periodo.

Entonces nuestra medida de la incertidumbre es la varianza por periodo por el número de periodos o matemáticamente  $\sigma^2 t$ . A esto algunas veces se le llama varianza acumulada. Una opción que expira en dos años tiene el doble de varianza acumulada que una opción idéntica que expira en un año, dada la misma varianza por periodo. De manera alternativa, nos sería de utilidad el pensar acerca de la varianza acumulada como la varianza en la urna multiplicada por el número de tomas que se nos permite hacer, lo cual es nuevamente  $\sigma^2 t$ .

La varianza acumulada es una buena forma de medir la incertidumbre asociada con las inversiones dentro de los negocios. Ahora presentaremos las modificaciones que llevó a cabo **Luerhman en 1998**, las cuales son lógicas dentro de un ambiente de negocios, y tienen también cierta lógica para la facilidad de manejo matemático, y lo más importante no nos han de afectar la capacidad de la variable para mostrarnos lo que queremos saber acerca de la incertidumbre.

Primero, en lugar de utilizar la varianza de los valores del proyecto; hemos de utilizar la varianza de los retornos del proyecto, en otras palabras, más que trabajar con el valor del proyecto en cualquier moneda, vamos a operar con el porcentaje ganado (o perdido) por año. No tenemos pérdida en el contenido de información, cómo lo muestra la fórmula siguiente, por que el retorno del proyecto está completamente determinado por el valor del proyecto:

$$\text{retorno} = (\text{valor futuro} - \text{valor presente}) / (\text{valor presente})$$

La distribución de probabilidad de los valores posibles normalmente es bastante asimétrica; los valores se pueden incrementar mucho, pero no pueden caer a valores menores que cero. Los retornos en contraste pueden ser positivos o negativos, eventualmente serán simétricos en forma positiva o negativa, lo cual hace a la probabilidad mucho más fácil de trabajar con ella.

Segundo, nos ayuda el expresar la incertidumbre en términos de desviación estándar, más que en términos de varianza. La desviación estándar es simplemente la raíz cuadrada de la varianza y está denotada por  $\sigma$ .

Y nos dice lo mismo acerca de la incertidumbre que lo que nos dice la varianza, pero tiene la ventaja de estar denominada en las mismas unidades que lo que estamos midiendo. En nuestro ejemplo de negocio, los valores futuros del activo, están en una divisa cualquiera, sean pesos, dólares, etcétera, y consecuentemente los retornos están denominados en porcentajes, o puntos porcentuales.

La desviación estándar, de igual manera está denominada en pesos, dólares o en puntos porcentuales o sencillamente cómo porcentaje, mientras que la varianza está denominada en pesos cuadrados o porcentajes cuadrados, los cuales obviamente no son de manera alguna un dato intuitivo. Debido a que vamos a estar trabajando con retornos en lugar de valores nuestras unidades han de estar en unidades porcentuales en lugar de pesos.

Para llevar a cabo éstos refinamientos a nuestra medida total de la incertidumbre llevamos a cabo lo siguiente:

Primero, se estipula que  $\sigma^2$  denota la varianza de los retornos por unidad de tiempo en nuestro proyecto.

Segundo, el multiplicar la varianza por periodo por el número de periodos ( $t$ ) para obtener la varianza acumulada ( $\sigma^2 t$ ).

Tercero, el obtener la raíz cuadrada de la varianza acumulada para cambiar las unidades expresando la métrica como desviación estándar más que como varianza. Y hemos de denominar a ésta volatilidad acumulada ( $\sigma t^{1/2}$ ) para diferenciarla de la varianza acumulada y para mostrar su relación con las ganancias extraordinarias potenciales.

## VALUANDO LA OPCIÓN

Juntas, nuestras nuevas métricas de la opción call,  $VPNc$  y  $\sigma t^{1/2}$ , contienen toda la información que requerimos para valuar nuestro proyecto como una opción call europea usando la *ecuación* y el *modelo de Black-Scholes*. Ellas capturan las fuentes de valor en exceso asociadas a las oportunidades. Y están compuestas de las cinco variables fundamentales de valuación de opciones, sobre las cuales vamos a “mapear” nuestras oportunidades de negocio.

El  $VPNc$  de hecho es una combinación de cuatro de las cinco variables:  $S$ ,  $X$ ,  $r_f$  y  $t$ . La volatilidad acumulada combina la quinta variable,  $\sigma$ , con  $t$ , (véase el diagrama “Enlazando nuestra métrica con el modelo de Black-Scholes”). Por medio de combinar las variables de ésta manera nos ponemos a trabajar con una métrica doble en lugar de con cinco métricas.

No solamente es más fácil para la mayoría de nosotros en su manejo, sino que también nos permite el graficarlo en dos dimensiones, lo cual le permite ser un sustituto a mostrar las ecuaciones en las discusiones entre gerentes y personal o en presentaciones. Finalmente cada una de éstas métricas tiene una interpretación natural de negocio, la cual hace el análisis de opciones menos opaco a los ejecutivos no financieros.

El gráfico “Localizando el valor de la opción en un espacio bidimensional” muestra cómo usar el  $VPNc$  y  $\sigma t^{1/2}$  para obtener el valor de la opción. Se grafica  $VPNc$  en el eje horizontal, incrementándose de izquierda a derecha. Mientras  $VPNc$  aumenta, de igual manera lo hace el valor de la opción *call*.

¿Qué es lo que hace que el  $VPNc$  sea mayor?, valores mayores de proyecto ( $S$ ) o menores gastos de capital ( $X$ ). También hay que hacer notar que el  $VPNc$  se hace mayor cuándo el valor presente de  $X$  es más bajo. Las tasas de interés más grandes ( $r_f$ ) o mayor tiempo a la expiración ( $t$ ) ambas llevan a menores valores presentes de  $X$ . Cualquiera de éstos cambios, ya sea un valor menor de  $X$ , o mayor de  $S$  o de  $r_f$  o de  $t$ , incrementa el valor del call europeo.

La volatilidad acumulada está en el eje vertical del gráfico, se incrementa de abajo hacia arriba. Mientras que  $\sigma^{1/2}$  se incrementa, también lo hace el valor del call. ¿Qué es o que hace que aumente  $\sigma^{1/2}$ ? Una mayor incertidumbre acerca del futuro del proyecto y la habilidad o capacidad de diferir la decisión de inversión aún más. Cualquiera de éstos cambios, una mayor  $\sigma$  o una mayor  $t$ , igualmente incrementa el valor de la opción *call*.

El graficar proyectos en este espacio bidimensional crea una representación visual de los valores relativos de las opciones. Sin importar dónde comencemos en el gráfico, los valores del call se incrementan cuando nos movemos ya sea hacia abajo o la derecha o en ambas direcciones a la vez. Los proyectos en la esquina abajo a la derecha del gráfico tienen métricas elevadas de  $VPNc$  y  $\sigma^{1/2}$  y el valor de su opción es elevado comparado con los proyectos que se encuentra en la esquina a la izquierda y arriba.

La localización de varios proyectos en nuestro espacio revelan su valor relativo con respecto a los otros. ¿Cómo obtenemos valores absolutos? Esto es ¿Cómo podemos obtener un número? Habiendo llegado tan lejos, encontramos que el obtener un número es fácil.

Por qué  $VPNc$  y  $\sigma^{1/2}$  contienen todas las cinco variables de la *ecuación (modelo) de Black-Scholes*, ahora podemos llenar la tabla de los valores correspondientes a cada par de  $VPNc$  y de  $\sigma^{1/2}$ . Es por ello que se ha llamado a éste espacio “Espacio de valuación” y ésta tabla lleva a cabo la valuación por nosotros.

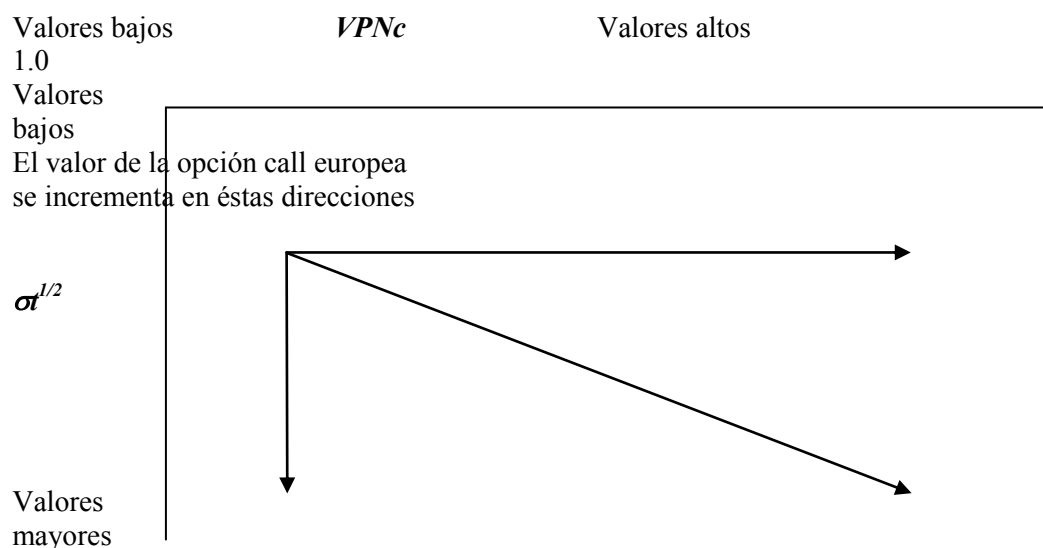
En el cuadro “Usando el modelo de valuación de Black-Scholes en el Espacio de valuación” (véase la página siguiente) muestra parte del llenado de la tabla de Black-Scholes. Cada número expresa el valor de una opción call específica cómo un porcentaje del valor del proyecto o como un activo subyacente.

ENLAZANDO NUESTRA MÉTRICA AL MODELO DE BLACK-SCHOLES			
Nuestras dos nuevas métricas juntas contienen todas las, cinco, variables del modelo de Black-Scholes. Combinando las cinco variables en dos nos permite localizar las oportunidades dentro de un espacio bidimensional.			
Oportunidad de inversión de la opción	Opción call	Variable	Métrica de valuación
Valor presente de los activos operativos del proyecto a ser adquirido	Precio de la acción	$S$	
Gasto requerido para adquirir los activos del proyecto	Precio de ejercicio	$X$	
Lapso de tiempo en que se puede diferir la decisión	Tiempo a la expiración	$t$	
Valor en el tiempo del dinero libre de riesgo	Tasa de retorno	$r_f$	
Grado de riesgo de los activos del proyecto	Varianza retornos sobre la acción	$\sigma^2$	



### LOCALIZANDO EL VALOR DE LA OPCIÓN EN UN ESPACIO BIDIMENSIONAL

Podemos localizar oportunidades de inversión en éste espacio bidimensional.



Por ejemplo para un proyecto cuyo valor de *VPNe* es 1.0 y su  $\sigma^{1/2}$  es igual a 0.5, el valor dado en la tabla es de 19.7%. Cualquier opción call europea cuyos *VPNe* y  $\sigma^{1/2}$  sea 0.5 tendrá un valor igual a 0.197 veces *S*. Si los activos asociados con un proyecto en particular tienen un valor de *S* de \$100 entonces y  $\sigma^{1/2}$  igual a 0.5, entonces el proyecto visto como una opción call ha de tener un valor de \$19.7 y así secuencialmente (es el dato en negritas en la tabla siguiente).

### USANDO EL MODELO DE VALUACIÓN DE BLACK-SCHOLES EN EL ESPACIO DE VALUACIÓN

Valor de una opción call europea, expresada como un porcentaje del valor del activo subyacente

	VPNe														
	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08
0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	1.2	2.0	3.1	4.5	6.0	7.5
0.10	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3.1	4.0	5.0	6.1	7.3	8.6
0.15	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.8	3.5	4.2	5.1	6.0	7.0	8.0	9.1	10.2
0.20	1.5	1.9	2.3	2.8	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	8.9	9.9	10.9	11.9
0.25	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	9.9	10.9	11.8	12.8	13.7
0.30	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	11.9	12.8	13.7	14.6	15.6
0.35	6.2	6.8	7.5	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	13.0	13.9	14.8	15.6	16.5	17.4
0.40	8.0	8.7	9.4	10.2	11.0	11.7	12.5	13.4	14.2	15.0	15.9	16.7	17.5	18.4	19.2
$\sigma^{1/2}$ 0.45	9.9	10.6	11.4	12.2	12.9	13.7	14.5	15.3	16.2	17.0	17.8	18.6	19.4	20.3	21.1
0.50	11.8	12.6	13.4	14.2	14.9	15.7	16.5	17.3	18.1	18.9	<b>19.7</b>	20.5	21.3	22.1	22.9
0.55	13.8	14.6	15.4	16.1	16.9	17.7	18.5	19.3	20.1	20.9	21.7	22.4	23.2	24.0	24.8
0.60	15.8	16.6	17.4	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.0	22.8	23.6	24.3	25.1	25.8	26.6
0.65	17.8	18.6	19.3	20.1	20.9	21.7	22.5	23.2	24.0	24.7	25.3	26.2	27.0	27.7	28.4
0.70	19.8	20.6	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.2	25.9	26.6	27.4	28.1	28.8	29.5	30.2
0.75	21.8	22.5	23.3	24.1	24.8	25.6	26.3	27.1	27.8	28.5	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0
0.80	23.7	24.5	25.3	26.0	26.8	27.5	28.3	29.0	29.7	30.4	31.1	31.8	32.4	33.1	33.8
0.85	25.7	26.5	27.2	28.0	28.7	29.4	30.2	30.9	31.6	32.2	32.9	33.6	34.2	34.9	35.5
0.90	27.7	28.4	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0	32.7	33.4	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6	37.3

Nota: Cada número dentro de la tabla nos entrega el valor de una opción europea call para los valores especificados de *VPNe* y de  $\sigma^{1/2}$  como un porcentaje de *S* y el valor de los activos del proyecto.

Los valores de opciones dados en la tabla están expresados en términos relativos cómo porcentajes de *S*, más que en pesos absolutos, para permitirnos utilizar la misma tabla tanto para proyectos grandes cómo para proyectos chicos. Y a continuación mostramos un ejemplo.

Supongamos que tenemos la siguiente información:  $S = \$ 100$ ;  $X = \$105$ ,  $t = 1$  año,  $r_f = 1$  año,  $\sigma = 50\%$  por año, entonces  $VPNc = 1.0$  y  $\sigma^{1/2} = 0.5$ .

Valores a partir de los cuales la tabla nos entrega un valor de 19.7% (marcado en negritas).

También es conveniente el no tener que manipular la *ecuación de Black-Scholes* cada vez que tenemos que queremos valorar un proyecto. El modelo de Black-Scholes lo utilizamos solamente una vez y a partir de ella obtuvimos la tabla misma. Después de ello solamente requerimos encontrar los valores de nuestro proyecto en la tabla y multiplicarlos por el valor del factor de  $S$ .

¿Por qué razón el valor de \$19.70 de la opción es menor que los \$100? Hemos analizado las fuentes de valor en exceso asociados con el ser capaces de retrasar la inversión. La clave está en el recordar y asociar el que *extra* o *en exceso* se refiere a la comparación entre el valor de la opción y el valor presente ( $S$ ).

En el ejemplo mostrado, no esperamos el que el valor de la opción sea mayor que  $S$ ; estamos esperando que sea mayor que el VPN, el cual es  $S$  menos los gastos de capital ( $X$ ). Donde  $S$  es igual a \$100 aquí, pero nosotros no hemos dicho que era  $X$ .

Partiendo que  $VPNc$  es igual a 1.0 en esto ejemplo, de hecho  $X$  deberá de ser mayor de 1.0. Para ser concretos, supongamos que se trata de una opción de un año, y por lo tanto somos capaces de diferir nuestra decisión a lo largo de un año, y que la tasa de retorno libre de riesgo ( $r_f$ ) es del 5%. Entonces para un  $VPNc$  igual a 1.0  $X$  deberá de ser \$105, y recordando que:

$$VPNc = S/(PV(X)) = \$100 \div (\$105 \div 1.05).$$

Entonces el valor convencional de VPN en realidad es negativo:

$$VPN = \$100 - \$105 = -\$5$$

Y un valor de \$19.70 realmente es substancialmente mayor que el VPN. **Luerhman, T., (1998).**

Una vez que hemos obtenido las conclusiones numéricas de nuestro análisis; ¿Qué debemos de hacer después? Todas las cosas que se hacen cuando se evalúa un proyecto de inversión de capital. Llevar acabo el análisis de sensibilidad. Verificar el que las suposiciones sean las adecuadas, examinar los escenarios particularmente interesantes o amenazadores, comparar e interpretar los análisis a la luz de otras inversiones ya sean históricas o inversiones y transacciones o escisiones y fusiones tanto históricas cómo contemporáneas.

Y añadiendo, ahora que ya hemos empezado a valorar *opciones reales* sintéticas, podemos el empezar a añadir algunos otros conceptos a nuestra lista.

Algunos se discuten aún más en el apartado “¿Qué tanto se puede extender el marco de trabajo?” E incluyen la revisión de las características del proyecto que lo harán más adecuado a utilizar una opción americana más que una opción europea.

Ello también puede incluir el revisar las claras desventajas asociadas con la detención de la inversión, tales cómo la detención competitiva, la cual puede sobrepasar algunas o todas las fuentes de valor asociadas con la opción de esperar.

Algunos de éstos puntos de preocupación se pueden manejar de manera directa modificando el marco de trabajo. Otras requieren de modelos mucho más sofisticados que lo que éste marco o el  $VPN$  convencional pueden proporcionar.

Aún en esos casos, a pesar de haberse formulado de manera algo inocente el modelo de valuación de opciones puede aumentar la información que se pueda obtener de un tratamiento de modelo de *DFE* solamente. Recordemos que simplemente por el hecho de reconocer la estructura del problema hemos obtenido información muy importante respecto al valor real del

proyecto en nuestro ejemplo (en el cual debiesen de ser de al menos \$16.3 millones) antes de siquiera haber valuado la opción.

¿Realmente trabaja el marco de trabajo propuesto? Sí, aún pensando que nos hemos tomado algunas libertades, sabemos más de nuestro proyecto que antes de aplicar nuestro modelo. Y si ello se considera de valor, se puede refinar nuestro estimado inicial del valor de la opción.

Pero la clave para tener toda la información de que dispone dentro del modelo de valuación de opciones es el construir más temprano que tarde o más que el abandonar el análisis basado en el *VPN* del *DFE* que nuestras compañías usan en éstos momentos.

Sí se hubiera propuesto la valuación de la opción desde cero, hubiese sido mucho más largo y que tanto se había que trabajar probablemente hubiese sido imposible el mostrar un valor final concreto. El valuar opciones deberá de ser un complemento a los sistemas de presupuesto de capital, no un sustituto de ellos. El marco de trabajo presentado aquí es una manera de comenzar y nos encontramos en un punto de mejora.

### ¿QUÉ TANTO SE PUEDE EXTENDER EL MARCO DE TRABAJO?

Los proyectos corporativos reales presentarán retos inmediatos a algunos de las simplificaciones que se hicieron para éste marco de trabajo. Entonces ¿Se puede mejorar el marco para enfrentar problemas más complejos? ¿O su mera simplicidad presenta obstáculos insalvables? ¿Cuándo nos puede generar información realmente inservible o de plano dañina?

Se le pueden añadir señales audibles y de emergencia al modelo de manera bastante sencilla, a pesar que se requeriría de datos extras que se encuentran, debido a causas ajenas a nosotros, más allá del alcance de éste trabajo. Por ejemplo, el modelo presume que el monto y el tiempo de los gastos de capital ( $X$ ) son ciertos. ¿Pero que pasa si no lo son? Y ese es usualmente el caso que sucede con las oportunidades de negocios. El marco de trabajo se puede adaptar para manejar esas circunstancias, pero la adaptación solamente ayuda si podemos describir la incertidumbre.

De manera específica, deberemos de saber la distribución de probabilidad de  $X$  y la probabilidad conjunta de  $S$  y  $X$ . Esto es, importa si  $X$  tiende a aumentar cuando  $S$  tiende a ser mayor, o si lo opuesto es verdad (esto es,  $X$  tiende a ser grande cuando  $S$  es baja y viceversa); o ya sea, que sean ambos no sólo inciertos sino que no estén relacionados.

Cómo otro ejemplo, supongamos que la incertidumbre (o la varianza) asociada con los cambios del proyecto en el tiempo. Y ello es bastante común y tiene sentido el que puede afectar nuestro estimado de la volatilidad acumulada. (**Livinstone, J.L., 1992**).

Nuevamente, si nosotros sabemos cómo varía la varianza a través del tiempo, o si podemos tomar pistas adecuadas, se puede ajustar el modelo sin grandes problemas. En el inserto “Dónde encontrar información adicional” cita algunas lecturas que enfrentan cómo tales problemas del mundo real afectan los valores de la opción.

Todos éstos ejemplos describen situaciones en las cuales la limitación real no es el marco de trabajo sino probablemente los datos o nuestro conocimiento del comportamiento de los parámetros del proyecto. Aún cuando supiésemos que nos hacen falta los datos necesarios, el marco de trabajo nos puede ayudar mostrándonos que efecto tiene sobre el valor el sí los datos fuesen una cosa u otra. Debiésemos de concluir que vale la pena el compartir o crear datos mejores.

Algunas de las complicaciones del mundo real son mucho más difíciles, el marco de trabajo cumple con el capturar el valor asociado con la opción de retrasar una decisión de inversión.

¿Pero qué hay acerca del caso de cuando se espera y esto tiene un costo o costos? Por ejemplo, las compañías que tratan de ser las primeras en el mercado con la nueva generación de un producto “caliente” incurrirán en elevados costos si la decisión de retrasar permite a un competidor el tomar una delantera inalcanzable o alcanzable a un costo demasiado elevado.

De cualquier forma y en cualquier tiempo es probable que existan costos predecibles, la opción a retrasar la acción o una decisión de inversión es menos valiosa y seríamos tontos al ignorar éstos costos. Si los costos adicionales fuesen el único problema, pudiésemos manejar fácilmente en nuestro marco de trabajo en tanto que supiésemos el momento adecuado puntual en el cuál tomar la decisión de invertir o no invertir. Pero en el mundo real, frecuentemente eso es parte de lo que ignoramos.

Las compañías en general no se ven compelidas a invertir en un cierto momento, más que eso tienen la discrecionalidad de “dar un tiempo” a sus inversiones. De manera tal que el problema es el decidir no solamente el invertir sino casi con el mismo peso es el cuándo invertir. **Gunther McGrath, R., McMillan, I. C., (1996).**

En efecto, muchas *opciones reales* se ajustan de mejor forma a la definición de que son americanas más que europeas. Y las opciones americanas se pueden ejercer en cualquier momento anterior a la expiración.

El marco de trabajo se basa en una tabla basada en la valuación de una opción europea por lo tanto no sirve para dichos casos. Las opciones americanas son más valiosas tanto en su costo como en la información que arrojan; aunque igualmente son mucho más complejas en su tratamiento; que las opciones europeas, cualquiera que sea el costo asociado con la decisión de retrasar la inversión sea predecible.

Cuando sea ese el caso recomendamos el tomar los valores más bajos del valor de la opción y suplementar ese dato con otra tabla o un algoritmo basado en una hoja de cálculo para convertir los valores a los correspondientes a las opciones americanas. Lo cual no es tan sencillo como rehacer nuestra tabla de valuación por que ello requeriría de generar una serie de datos probablemente tridimensionales o de aún más dimensiones para acomodar las variables extra que se requieren.

En pocas palabras, la combinación de costos asociados con la decisión de retrasar la inversión y la habilidad de la compañía para darse tiempo requiere de un análisis mucho más profundo. Pero en ese caso se deberá de modificar nuestro marco de trabajo no desecharlo.

Finalmente la *ecuación de Black-Scholes* y el modelo de valuación correspondiente que han generado los datos en nuestra tabla hacen algunas suposiciones propias. Incluyen las suposiciones acerca de la forma de la distribución de probabilidad que caracteriza a los retornos de la inversión.

También hacen la suposición de la trata instantánea o sea de la convertibilidad del activo subyacente a las opciones y a los activos subyacentes al proyecto; esto significa que dichos activos subyacentes se pueden vender y comprar siempre. E incluyen la suposición acerca de la habilidad de los inversionistas a ajustar de manera continua sus portafolios de inversión.

Cuando cualquiera de las suposiciones de Black-Scholes no se mantiene, a pesar de ello nuestro marco de trabajo se mantiene y nos provee de medidas cuantitativas pero los datos se vuelven menos sólidos y frecuentemente mucho menos confiables. Consecuentemente, ha de ser de valor el consultar con un experto acerca de los modelos alternativos para mejorar los estimados cuantitativos del valor de la opción.

## **CÓMO ESTIMAR LA VOLATILIDAD ACUMULADA**

La variable que en nuestro modelo de valuación de opciones los gerentes están menos acostumbrados a manejar o a estimar es la varianza ( $\sigma^2$ ), o la desviación estándar ( $\sigma$ ), las que nosotros usamos para obtener nuestra métrica de la volatilidad acumulada ( $\sigma^{1/2}$ ). Para una opción real, a  $\sigma$  no se le puede encontrar en un periódico o en un reporte o estado financiero y la mayor parte de la gente no ha desarrollado una idea intuitiva acerca de ella, por ejemplo la desviación estándar anualizada de los retornos de los activos asociados con la entrada a un nuevo mercado.

En el ejemplo dado en el texto, hemos asumido que es de un 40% por año. ¿Eso es razonable? He aquí varias aproximaciones más adecuadas para crear o estimar o juzgar estimados de  $\sigma$ .

### TOMAR UNA PISTA EDUCADA

A los activos a los que pudiésemos asignar tasas más elevadas de valor umbral o de frontera debido a su riesgo sistemático mayor que el promedio normalmente tienen una mayor tendencia a tener valores más elevados de  $\sigma$ .

Pero ¿Qué tan alto es una desviación estándar elevada? Los retornos en una base de los índices de acciones de los Estados Unidos de Norteamérica muestran un desviación estándar de aproximadamente el 20% por año para la mayoría de los pasados 15 años, cuando existen excepciones debido a incrementos o subidas normalmente están asociados con eventos tales como la caída de los mercados de 1987 y la crisis del Golfo Pérsico. **Grenadier, S. R., (1996).**

Las acciones solas normalmente tienen una mayor desviación estándar que el mercado como un todo; los retornos de las acciones de General Motors por ejemplo tienen una  $\sigma$  de aproximadamente el 25% por año. Los proyectos individuales dentro de las compañías se puede esperar que tengan  $\sigma$  aún más elevadas. **Arthur, W. B., (1994).**

Cuando trabajamos con activos de manufactura y no tenemos ninguna información específica acerca de la  $\sigma$ , comenzamos con un rango de análisis de alrededor del 30% y hasta el 60%.

### RECOLECTAR ALGUNOS DATOS

Para algunos negocios, podemos establecer la volatilidad por medio del uso de datos históricos sobre los retornos obtenidos en las mismas o en industrias relacionadas. De manera alterna podemos calcular lo que se denomina volatilidad implícita usando las cotizaciones de las opciones operadas en los pisos de remates abiertos u organizados.

La idea es observar el precio de mercado de una opción cuyos parámetros son todos conocidos salvo  $\sigma$ . Entonces usamos la *ecuación de Black-Scholes* para saber cuál ha de ser el valor de  $\sigma$  dados los demás valores de las demás variables.

A la fecha podemos obtener la **volatilidad implícita** para acciones para un gran número de compañías en muchas industrias e inclusive sectores completos de la economía de muchos países. Frecuentemente es posible el utilizar las volatilidades implícitas a partir de opciones sobre acciones para inferir las  $\sigma$  para activos en las industrias correspondientes. La calidad y disponibilidad de tales datos ha mejorado de manera ostensible en los diez años pasados.

### SIMULAR LA $\sigma$

Las proyecciones basadas en hojas de cálculo para los flujos futuros de un proyecto están basadas en datos reales y junto con las técnicas de simulación del *método de Monte Carlo*, se pueden utilizar para sintetizar una distribución de probabilidad para retornos de proyecto. Una vez que se ha sintetizado la distribución, la computadora puede rápidamente calcular la correspondiente desviación estándar de cualquier variable alimentada. **Grant, D., Vora G. and D. Weeks, (1997).**

Los paquetes de software de simulación están disponibles para computadoras tanto caseras como profesionales e industriales y trabajan con las mismas aplicaciones populares de hojas de cálculo que generan los modelos de *DFE* de nuestras compañías. Éstas herramientas se han vuelto cada vez más accesibles y ampliamente disponibles y de mucha más fácil operación en años recientes.

## UN EJEMPLO EN SIETE PASOS

Para ilustrar cómo aplicar el marco de trabajo, consideremos el siguiente ejemplo de una hipotética pero representativa inversión de capital. Los gerentes de división de una compañía que llamaremos Metal Rat Chemicals proponen una fase de expansión de sus instalaciones de manufactura. Planean construir una nueva planta a escala comercial para explotar innovaciones en la tecnología del proceso.

Y entonces anticipan inversiones posteriores, en tres años planean expandir la capacidad de la planta y así poder atacar nuevos mercados. La inversión inicial es de manera obvia estratégica por que da lugar al crecimiento subsecuente.

Al momento actual los ejecutivos responsables del presupuesto de capital de la compañía, por que el *VPN* del proyecto es esencialmente cero, (las proyecciones de flujo de efectivo y los cálculos de *VPN* para la inversión planeada se muestran en la tabla “Metal Rat Chemicals Cálculos Iniciales para la Expansión propuesta.”

De hecho dentro del golpeteo anual por la lucha de los fondos, como está presentado, este proyecto es probable que no venza a muchos de los competidores. Sus representantes están frustrados, se sienten seguros de que la aproximación normal desde el *VPN* se está perdiendo de algo. Y están en lo correcto.

Éste proyecto tiene un valor considerable como opción por que los gastos de inicio del proyecto de \$125 millones de pesos compran el derecho de expansión (o los rechazan) en tres años (en tanto no se tome la decisión sobre la inversión). Esto es importante por que los gastos en tres años son tres veces más grandes que en el año inicial.

### **Paso 1: Reconocer la opción y describirla.**

Requiere de práctica el reconocer las opciones que eventualmente se encuentran incrustadas dentro de un proyecto convencional sin embargo, existen al menos dos forma fáciles de ver la opción en nuestro ejemplo. La primera es ver más allá de los números y examinar la descripción del proyecto. Ello seguramente dice algo acerca de la naturaleza del programa, de manera tal que ha de justificar las inversiones en el tercer año.

Los flujos de caja mostrados en las gráficas, no son parejos, dos cantidades son de hasta un orden de magnitud y más, mayores que el resto de las cinco cifras presentadas y ambas son negativas. Un gráfico de la línea de los gastos de capital, claramente debiera de mostrar el aumento en el gasto en el tercer año.

Una suma tan grande generalmente se trata de una suma seleccionada a discreción. Esto es se trata de una suma que la compañía puede elegir no ejercer para evitar la inversión basada en cómo se ven las cosas cuando llegue el tiempo de la susodicha inversión o al menos no ejercerla en un solo paso o en fracciones o partes de ella. Se trata de la normalmente llamada opción de crecimiento. (Véase el gráfico de “Reconociendo la opción”).

El proyecto de Metal Rat Chemicals incluye dos partes mayores. Las cuales son: el gasto de los 125 millones en éste momento para adquirir algunos de los activos operativos. La segunda parte, se trata de la opción a invertir una suma adicional de más de \$300 millones, dentro de tres años para adquirir la capacidad adicional para acceder a los nuevos mercados.

**RECONOCIENDO LA OPCIÓN**

Los patrones en los flujos totales de efectivo y/o los gastos de adquisición, tales como los gastos de capital e inversiones en capital neto de trabajo nos proveen de pistas acerca de la estructura de la opción.

**Flujos libres de efectivo (aproximados en millones)**

Año	0	1	2	3	4	5	6
Monto	-115(1)	10	10	-362(3)	25	10	10

**Patrones de gastos**

Año	0	1	2	3	4	5	6
Gastos de capital	100(1)	27	28	76(2)	12	12	12

**Incrementos**

capital neto	22.5	25	27	80(2)	8	8	8
trabajo							

Notas: (1) Inversiones iniciales; (2) Inversiones grandes discretionales; (3) Gastos extraordinarios, Aquellos que no tienen notas se consideran como gastos de operación normales.

La opción aquí se trata de una opción *call*, en poder de la compañía con expiración a tres años, la cual se puede ejercer invirtiendo ciertas cantidades en el **capital neto de trabajo (CNT)** y en activos fijos. Observando el proyecto de ésta forma, queremos evaluar lo siguiente: **VPN** (propuesta completa) = VPN (en activos de la fase 1) + el valor del call (activos de la fase 2).

**METAL RAT CHEMICALS CÁLCULOS INICIALES PARA LA EXPANSIÓN PROPUESTA**

Valuación de los descuentos de flujos de efectivo (DFE): el VPN es nuestro punto de inicio

Año	0	1	2	3	4	5	6	
Proyección operación ganancias			455	551	800	1080	1195	1255
- costo bienes vendidos			341.3	414.9	596.0	811.1	893.9	941.3
= Ganancia neta			113.8	136.1	204.0	268.9	301.1	313.5
-gasto en SG&A			110.4	130.0	219.2	251.6	280.3	287.4
= Ganancia operativa			3.3	6.1	-15.2	17.3	20.8	26.3

**Cálculo del Flujo de Efectivo**

EBIT(1-impuestos)			2.2	4.0	-10.0	11.5	13.7	17.4
+ depreciación			19.0	21.0	21.0	46.3	48.1	50.0
-gastos de capital	100.0		8.1	9.5	307.0	16.0	16.3	17.0
-Δ Cap Net Trabajo	25.0		4.1	5.5	75.0	7.1	8.0	9.7
= Flujo Libre Efectivo	125.0	9.0	10.0	-371.0	34.7	37.5	40.7	
+ valor terminal, activos (valor perpetuo con crecimiento del 5% anual)								610.3

**Descuento al valor presente**

*Factor de descuento (12%)	1.000	0.893	0.797	0.712	0.636	0.567	0.507
= VP (por año)	-125.0	8.0	8.0	-264.1	22.0	21.3	329.8

**VPN  $\Sigma$ (Todos los años) 1.0**

**Las cifras están en [millones] y han sido redondeadas.**

La fase 1 se refiere a las inversiones iniciales y los flujos de caja asociados. Se puede evaluar usando el VPN de la manera normal.

La fase 2 se refiere a la oportunidad de expansión, la cual puede o no ser explotada en el tercer año. Para evaluar la fase 2, nosotros vamos a utilizar el marco de trabajo delineado anteriormente y sintetizar una opción call para poder evaluarlo. **Luerhman, T., (1998).**

### **Paso 2: “Mapear” las características del proyecto sobre las y ajustándolo a las variables de una opción call europea**

Éste “mapeo” nos dará la opción sintética que requerimos para indicar dónde en la hoja de cálculo de **DFE (descuento de flujos de efectivo)** deberemos de ir para obtener los valores de las variables. El valor del activo subyacente ( $S$ ) será el valor presente de los activos adquiridos cuando y sí la compañía decide ejercer la opción.

El precio de ejercicio ( $X$ ) serán los gastos requeridos para adquirir los activos de la fase 2 del proyecto. El tiempo a la expiración ( $t$ ) es de tres años de acuerdo con las proyecciones dadas en el análisis de **DFE**, a pesar de que quisiéramos el preguntar a los gerentes involucrados el determinar si la decisión se deberá de llevar a cabo: más temprano o más tarde.

La tasa de interés sin riesgo a tres años es de 5.5% ( $r_f$ ) (la cual podría ser la tasa de interés de mercado sobre un bono del tesoro a tres años o para el caso de nuestro país la tasa de **CETES** al mismo periodo). Hay que hacer notar que la tasa de descuento aplicada al riesgo que se aplica a la hoja de cálculo es del 12%. Finalmente, la desviación estándar de los retornos para la operación de éstos activos ( $\sigma$ ) no se da en ningún lugar dentro de la hoja de cálculo. **López-Herrera, F., (2009).**

Por ahora, asumamos que el dato obtenido es del 40% por año, un valor que no es ni particularmente bajo, ni particularmente alto. La inserción “Cómo calcular la **volatilidad acumulada**” nos explica cómo obtener los valores de  $\sigma$  en casos como el presente.

### **Paso 3: Reacomodar las proyecciones de DFE para dos propósitos: el separar las diferentes fases, y para aislar los valores de $S$ y de $X$ .** (En nuestro caso se trata de las fases 1 y 2).

En lo personal encontramos más fácil trabajar los valores de  $S$  y de  $X$  en primera instancia. Esto requiere del hacer un ajuste acerca de cuáles de los gastos son discrecionales y cuáles no los son o cuáles son los gastos son de rutina y cuáles son de naturaleza extraordinaria. También requiere de el hacer un juicio similar acerca de cuáles flujos de efectivo están asociados con la fase 1 en oposición a la fase 2.

En éste proyecto, los gastos en capital neto de trabajo y en activos fijos obviamente son grandes. Las grandes sumas del tercer año, claramente son discrecionales y forman parte del precio de ejercicio ( $X$ ). Las sumas más pequeñas en otros años son plausiblemente de rutina y se pueden “netear” (saldar) contra las entradas de flujo de la fase 2, y ultimadamente ser descontadas y formar parte de  $S$ , el valor de los activos de la fase 2.

Eventualmente es fácil separar los flujos de efectivo de la fase 1 de los de la fase 2 por qué quien halla preparado el análisis de descuento de flujos de efectivo lo desarrolló a partir de proyecciones detalladas operativas específicas de las fases.

Cuándo ese es el caso, como en nuestro ejemplo, todo lo que tenemos que hacer es el desagregar el detalle subyacente al resumen del DFE y la tabla “Proyecciones de Metal Rat reacomodadas” que presenta la información para nuestro ejemplo.

En otros casos, tenemos que relocalizar los flujos de efectivos para cada fase. Una emergencia común es simplemente separar los flujos de efectivo de entrada de la fase 1 y el valor terminal. Entonces los flujos de efectivo de entrada para la fase 2 y el valor terminal para la fase 2 son todo aquello que queda. Hay que notar que cuando descontamos los flujos de efectivo para las dos fases de manera separada obtenemos el mismo **VPN** que el que teníamos antes.



**Paso 4: Establecer un benchmark para el valor de la opción de la fase 2, basándonos en el reacomodo del análisis del DFE.**

Habiendo separado las fases 1 y 2 podremos obtener el valor del VPN para el DFE de cada uno de ellos, el cual se puede ver en la tabla que muestra en “Reacomodo de cálculos para Metal Rat Chemicals”. Ésta tabla muestra que en la fase 1 de manera aislada tenía un *VPN* positivo de \$16.3 millones mientras que en la fase 2 tenía -16.2 millones.

La suma de ambas es el mismo VPN que obtuvimos originalmente, 0.1 millones de hecho hemos obtenido un punto de vista más claro desde la idea cuantitativa de las opciones. El valor de la propuesta entera ha de ser al menos de \$16.3 millones por qué el valor de la parte 2 de la opción, cualquiera que sea, no puede ser menor que cero. De hecho, si el valor de la opción de la fase 2 fuese insignificante, el proyecto en su totalidad ha de tener un valor mucho mayor que los \$16.3 millones con respecto a los \$0.1 millones con los cuales comenzamos.

Ésta información solamente tiene valor cuando ya hemos separado las dos fases del proyecto y nos damos cuenta de que tenemos la posibilidad de ejercer o no y llevar a cabo la fase 2.

En nuestra primera prueba de benchmark del *DFE* para la fase 2 obtuvimos -\$ 16.2 millones, de hecho bajo la óptica del VPN convencional es aún peor que eso, y vale la pena el desviarnos en éste punto para ver el por qué. La valuación por el DFE normalmente contiene un error común. Descuenta el gasto discrecional en el tercer año a la tasa ajustada por riesgo del 12% que se había anteriormente a los flujos de efectivo del proyecto.

Esa tasa es casi ciertamente demasiado alta por que dichos gastos rara vez se encuentran sujetos a las mismas fuerzas que hacen riesgosos los flujos de efectivo del proyecto. Los costos de construcción por ejemplo pueden ser inciertos, pero dependen en mucho mayor grado de factores de ingeniería condiciones del clima y rendimiento de contratistas, que en el gusto de los clientes, condiciones de competencia, capacidad de utilización de la industria y demás. **Martzoukos, S.H., Trigeorgis, L., (2002).**

El sobredescuento al gasto discrecional futuro nos lleva a una optimistamente desviada estimación del VPN. Para observar la magnitud de ésta desviación y de éste efecto, descontemos el gasto de \$382 millones al 5% en lugar de al 12% (nuevamente, es como si estuviésemos colocando fondos de inversión n bonos del tesoro entre el tiempo actual y el año 3).

Entonces la fase 2 tiene un valor convencional de DFE de - \$69.6 millones, no de \$16.2 millones, y el VPN pasa de - \$0.1 millones a - \$53.4 millones, una muy substancial diferencia (véase la tabla en la página siguiente “Obteniendo el **Benchmark adecuado**”). **Luerhman, T., (1998).**

**OBTENIENDO EL “BENCHMARK” ADECUADO**

La mayoría de las compañías sobredescuentan el gasto futuro discrecional (en los pasos 2 y 3 usamos 12%)  
Si en lugar de eso descontamos el 5.5% en su lugar, obtendremos un nuevo (y más bajo) “benchmark”

Año	0	1	2	3	4	5	6
Fase 1							
Flujo de efectivo	0.0	9.0	10.0	11.0	11.6	12.1	12.7
+ valor terminal							191.0
- inversión	-125						
*Fctr dcto (12%)	1.00	0.893	0.797	0.712	0.636	0.567	0.507
= VP(cada año)	-125.0	8.0	8.0	7.8	7.3	6.9	103.2
VPN Suma años	16.3 F1						
Fase 2							
Flujo de efectivo				0.0	23.1	25.4	28.0
+ valor terminal							419.3
- inversión				-382			
* Fctr dcto (12%)				0.712	0.636	0.567	0.507
* Fctr dcto (5.5%)				0.852			
= VP(fljs efct12%)				0.0	14.7	14.4	226.5
= VP(Invr 5.5%)				-325.3			
VPN Suma años				-69.3			
Fases 1 y 2							
Flujo de efectivo	0.0	9.0	10.0	11.0	34.7	37.5	40.7
Fase 2							
Flujo de efectivo				0.0	23.1	25.4	28.0
+ valor terminal							419.3
- inversión				-382.0			
* factr dcto (12%)				0.712	0.636	0.567	0.507
* factr dcto(5.5%)				0.852			
= VP(fljs efct12%)				0.0	14.7	14.4	226.6
= VP(Invr 5.5%)				-325.3			
VPN Suma años	-69.6 F2						

Notas:

Los números en color en la tabla anterior nos dan los datos que requerimos para los cálculos, el valor en azul es  $t$  (corresponde a 3 años;  $t = 3$ ); el valor de  $X$  está en verde (idem ibidem;  $X = 382$ ); la suma de los valores presentes es  $S$ , que está en rojo (e idem ibidem;  $S = 255.7$ ); el VPN de la suma de los años para la fase 2, es el nuevo “benchmark” para la fase 2 (e idem ibidem vale -69.6); el VPN para ambas fases es el nuevo “benchmark” para ambas fases (e idem ibidem vale -53.4); los datos en la tabla están en millones y han sido redondeados. **Luerhman, T., (1998).**

**Paso 5: Fijar valores a las variables de valuación de opciones**

Habiendo reformulado la hoja de cálculo de *DFE*, ahora podemos sacar los valores de para  $S$  y  $X$  de ella.  $X$  es la cantidad que la compañía ha de invertir en capital neto de trabajo y activos fijos (gastos de capital) en el tercer año si quiere proceder con la expansión \$382 millones.

Sí  $S$  es el valor presente de la nueva fase 2 de activos operacionales. En otras palabras es el valor del DFE que el día de hoy (en el tiempo cero) que los flujos de efectivo que se espera que generen en el cuarto año y después.

La misma tabla muestra que han de ser \$255.7 millones. las otras variables de valuación de opciones ya las hemos mencionado y son: de  $t$  es de tres años, de  $r_f$  es del 5.5% y de  $\sigma$  es del 40% al año.

**Paso 6: Combinar las cinco variables de valuación de opciones en nuestra métrica de valuación de opciones de dos variables  $VPN_c$  y  $\sigma t^{1/2}$**

Es éste caso:

$$VPN_c = S \div (PV(X)) = \$255.7 / (382 \div (1.055)^3) = 0.786 \text{ y}$$

$$\sigma t^{1/2} = 0.4 * \sqrt{3} = 0.693.$$

El apartado “Derivando las métricas de valuación de opciones para Metal Rat Chemicals” muestra cómo se derivaron todas las variables y cómo combinarlas para formar nuestra nueva métrica de dos factores.

**Paso 7: El fijar el valor del call cómo un porcentaje del valor del activo en nuestra tabla de valuación de opciones de Black-Scholes**

La tabla no muestra valores que correspondan de manera exacta a nuestros valores calculados de  $VPN_c$  y de  $\sigma t^{1/2}$ . Pero podemos interpolar entre los valores y podemos observar que el valor de nuestra opción call sintetizada es aproximadamente del 19% del valor del activo subyacente (S). De acuerdo con eso el valor en pesos de la opción es 0.19 veces 255.7 millones, lo cuales igual a \$ 48.6 millones.

<b>REACOMODO DE LAS PROYECCIONES DE METAL RAT CHEMICALS</b>							
Las proyecciones han sido reacomodadas para separar las fases 1 y 2 y aislar S y X.							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Fase 1</b>							
Flujo efectivo	0.0	9.0	10.0	11.0	11.6	12.1	12.7
+ valor terminal							191.0
- inversión	-125						
*Fact dcto(12%)1.000		0.893	0.797	0.712	0.636	0.567	0.507
= VP (cada año) -125		8.0	8.0	7.8	7.3	6.9	103.2
<b>VPN (<math>\Sigma</math> años)</b>	<b>16.3</b>	<b>Éste es el valor convencional del VPN para la fase 1.</b>					
<b>Fase 2</b>							
Las proyecciones han sido reacomodadas para separar las fases 1 y 2 y aislar S y X.							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Fase 2</b>							
Flujo efectivo				0.0	23.1	25.3	28.0
+ valor terminal							419.3
- inversión				-382			
*Fact dcto(12%)				0.712	0.636	0.567	0.507
= VP (cada año)				-271.9	14.7	14.4	226.6
<b>VPN (<math>\Sigma</math> años)</b>	<b>16.2</b>	<b>Éste es el valor convencional del VPN para la fase 2.</b>					
<b>Fases 1 y 2</b>							
Flujo efectivo	0.0	9.0	10.0	11.0	34.7	37.5	40.7
+ valor terminal							610.3
- inversión	-125			-382			
*Fact dcto(12%)1.000		0.893	0.797	0.712	0.636	0.567	0.507
= VP (cada año) -125		8.0	8.0	-264.1	22.0	21.3	329.8
<b>VPN (<math>\Sigma</math> años)</b>	<b>0.1</b>	<b>Éste es el mismo valor convencional del VPN que obtuvimos previamente.</b>					
<b>Todos los datos se encuentran en [millones] y han sido redondeados.</b>							

Éste parece serlo especialmente cuando se comparan los \$64.9 millones con la inversión requerida inicial de \$125 millones; el valor asociado con la opción de expansión de la planta en tres años está completamente pagada a la mitad del plazo y con la mitad de la inversión inicial, muy pocos proyectos se ven tan bien, cómo el que íbamos a rechazar **Luerhman, T., (1998)**.

<b>DERIVANDO LAS MÉTRICAS DE VALUACIÓN DE OPCIONES PARA EL PROYECTO DE METAL RAT CHEMICALS. De Luerhman, T., (1998).</b>				
<b>Variable</b>	<b>Característica del Proyecto</b>	<b>Fuente en hoja cálculo de DFE</b>	<b>Valor</b>	<b>Métrica</b>
<b>S</b>	El VP de los activos del proyecto asociados con la fase 2	Se separan los flujos de efectivo de las fases 1 y 2. Se calcula el DFE de la fase 2 sola.	<b>\$ 255.7</b>	$VPN_c = \frac{255.7}{(1.055)^3} = 0.786$
<b>X</b>	El gasto requerido en el año 3 para obtener los activos de la fase 2	Se identifican los gastos discretionales grandes y solamente los gastos de Capital Neto de Trabajo asociados con la fase 2 del tercer año	<b>\$ 382</b>	
<b>t</b>	Lapso de tiempo de la fase 2 en que se puede diferir la inversión/gasto.	Aparenta ser de 3 años a partir de los datos de la hoja de cálculo; verificar con los gerentes	<b>3 años</b>	
<b>r<sub>f</sub></b>	Valor en el tiempo del dinero en el mismo horizonte que la opción	Obtener la tasa de interés del mercado a 3 años de los CETES o bono del tesoro equivalente, supuesto en 5.5%	<b>5.5%</b>	
<b>σ</b>	Desviación estándar por año sobre los activos de la fase 2	No en la hoja de cálculo, se obtiene de activos similares operados, de volatilidades de opciones operadas, o se prueba un rango, se puede empezar con un 40% (= 0.4).	<b>40% anual (=0.4)</b> Ver nota anterior	$\sigma/\sqrt{t} = 0.4/\sqrt{3} = 0.693$

Recordando que el valor de la propuesta entera está dada por:  $VPN(\text{propuesta completa}) = VPN(\text{activos de la fase 1}) + \text{valor del call}(\text{activos de la fase 2})$ . Llenando los valores respectivos obtenemos  $VPN(\text{de toda la propuesta}) = \$16.3 \text{ millones} + \$48.6 \text{ millones} = \$64.9 \text{ millones}$ .

Nuestro estimado final de \$64.9 millones está mucho muy lejos de nuestro estimado inicial de 0.1 millones y mucho más lejos de -\$53.4 millones. Y aún el análisis de valuación de opciones usa los mismos datos de entrada para la misma hoja de cálculo convencional del **VPN**.

Y lo que parece un proyecto entre marginal y terrible a través del lente del VPN de hecho es un proyecto muy atractivo.

## CONCLUSIONES

**La capacidad de generar y acumular nuevo conocimiento tanto en la apariencia cómo en la tecnología que a veces no vemos; pero percibimos claramente por la utilidad intrínseca de los objetos que utilizamos constituye la fuerza que motiva el desarrollo y el crecimiento de cualquier empresa dentro de la actual era del conocimiento.** Dentro de esa realidad pudiese parecer obvia la apropiación de los derechos resultantes de nuestros esfuerzos intelectuales dirigidos a hacer la vida de nuestra especie más fácil, cómoda, etc.

**Pero el camino hacia la apropiación adecuada y continua de dichos derechos depende en alto grado del cómo hemos de llevarlo a cabo.** Ello impacta de manera muy importante en el acceso a las ganancias que se vuelven el fundamento para el desarrollo de toda tecnología desde las básicas que son las consideradas de aplicaciones diferenciadas y especialmente hasta aquellas consideradas de punta debido a las interrelaciones establecidas para llegar a ellas tanto desde el punto de vista de avance tecnológico cómo de capacidad de negociación para establecer relaciones tanto de intercambio tecnológico de datos relevantes para generarla hasta de posibilidad de colocación de productos dentro de los mercados actuales.

**En las estrategias existentes de investigación tecnológica se opera dentro de tres contradicciones mayores las cuales a veces no tienen fronteras muy claras: ya sea el explorar o el explotar, el seguir o liderar e igualmente el ir solo o acompañado, argumentamos que lo que aparentemente parece como inconsistente es de hecho bastante coherente cuando se especifican de manera apropiada las condiciones de frontera. Se desarrolla de manera parsimoniosa la teoría con los resultados empíricos dentro de un modelo incluyente para cuando las inversiones para el posicionamiento de tecnología tienden a incrementar el valor de la firma.**

Dichos antecedentes sólo podrán ser aprovechados si se da la existencia de condiciones apropiadas para aprovechar los beneficios económicos que permitirán tanto el crecimiento de dichas empresas sí y sólo si uno tiene el control y los beneficios económicos que otorgan los derechos de propiedad intelectual, o sea, primordialmente las *patentes*, si aunamos a la circunstancia anterior el hecho de que **las tecnologías emergentes en muchos mercados no se pueden concebir como hechos aislados y si a lo anterior añadimos el que para acceder a mayores niveles de vida se requiere tanto de mayores inversiones para mejorar el contenido tecnológico e igualmente el diseño adecuado y para hacerlo aún más difícil ello a su vez también ha de coincidir con el momento adecuado para ser aplicado, nos parece evidente que hay que hacer todo lo que esté a nuestro alcance para evitar cualquier obstáculo posible para la innovación así cómo para la colocación última y venta de nuestros productos. Señalando la idea obvia pero aún no reconocida de pasar de I+R (investigación y desarrollo) a I+D+I e I (investigación, desarrollo, innovación e implementación) dentro de nuestro propio entorno económico, para así podernos hacer de los derechos propios de nuestros esfuerzos dentro del terreno de la propiedad intelectual.**

**Con la idea anterior en mente, hemos de concluir que si se puede facilitar cualquiera de dichas fases incluyendo el maximizar el valor de nuestras inversiones al contar con algún mecanismo que nos dote de la flexibilidad para enfrentar un medio tan cambiante**

seguramente nos sería de extrema utilidad de manera específica en el tan difícil enlace entre los flujos disponibles de dinero y la posibilidad de hacer el mejor uso posible de los mismos, es por ello que de manera natural se propone el uso de una metodología relativamente simple la cual no requiere de grandes inversiones, ni de tiempo o inclusive de asesorías externas, apoyándose en una tecnología existente al día de hoy en la gran mayoría de las industrias y en casi la totalidad de las industrias de pequeñas a grandes.

Ello permite de alguna forma el implementar y absorber dicha tecnología de decisión financiera en casi todas las industrias, siendo un paso fundamental para dar mayor certidumbre a tanto las decisiones del rumbo a seguir como las decisiones subsecuentes de la colocación de nuestros flujos tanto en cuales *patentes* o proyectos, cómo en que momento se ha de decidir introducir un producto dado al mercado y una manera relativamente sencilla de implementarla es posible por medio del ajuste propuesto en este trabajo a través de la *variación de Luerhman* a la *ecuación de Black-Scholes*. Aunque no es una solución a todos los problemas; si es un indicador que nos pudiera señalar para acceder a trayectorias tanto más seguras cómo de valores agregados cada vez mayores para nuestros productos y para el hacer que nuestras decisiones tanto dentro de la lógica de la acción como aquellas de fines financieros sean más cercanas a un valor óptimo.

Hasta éste punto se ha utilizado como una técnica estándar la valuación de proyectos de manera estática por medio del valor presente neto, *VPN*, u otra técnica normal de *descuento de flujo de efectivo*, *DFE*, para obtener la valuación de un proyecto o como en nuestro caso una *patente*. Y trataremos de revisar dentro de nuestras conclusiones la forma más sencilla de operar los datos.

En los pasados quince años los avances tanto teóricos como computacionales han permitido a los practicantes de las áreas financieras el utilizar las técnicas de valuación de opciones financieras a la valuación de decisiones de inversión. A éstas técnicas se les denomina eventualmente valuación de *opciones reales*.

Los métodos de valuación de opciones pueden generalmente ser superiores a las aproximaciones valor presente neto, *VPN*, o *valor actual neto*, *VAN* y de descuento de flujos de efectivo, *DFE*, para la valuación de proyectos por que capturan el valor de la flexibilidad de manera explícita con una serie mínima de datos.

Revisando los conceptos de manera mínima, la aproximación del valor presente neto asume que el proyecto tiene un lapso de vida esperada, por así decirlo  $t$  años y que los flujos libres de efectivo, han de ser descontados a una tasa ajustada de riesgo a la cual definimos como costo de capital.

Sí restamos el desembolso de la inversión inicial del resultado del valor presente de los flujos de efectivo. El resultado en un valor presente neto que debe de ser positivo para aceptar un proyecto que calificamos como proyectos de inversión viables. Sin embargo ésta aproximación estándar falla en tomar en cuenta la flexibilidad que la gerencia administrativa puede tener en las inversiones.

Si el proyecto va mal puede ser que su lapso de vida sea menor que los  $t$  años supuestos, por que puede que tengamos que disminuir el tamaño original del proyecto o de plano abandonarlo, por otro lado si el proyecto es exitoso se puede expandir o extender en alcance. Eventualmente, puede ser que sea posible el que se retrasen las inversiones o de plano puede ser que inclusive lo retrasemos un año o aún más. El marco de *opciones reales* que mostramos toma toda ésta flexibilidad administrativa en cuenta, mientras que los demás análisis mencionados carecen de reflejar dicha flexibilidad.

Una opción da a su propietario el derecho pero no la obligación de comprar (o vender) un activo a un precio predeterminado, denominado *precio de ejercicio* o "*strike*", durante un periodo predeterminado de tiempo, denominada la duración o tiempo a la expiración de la opción, desde éste punto de vista el derecho a llevar a cabo la acción es lo que permite la flexibilidad, consecuentemente la necesidad de llevar a cabo la acción es la inflexibilidad.

---

De acuerdo con las definiciones mínimas una opción *call* nos da el derecho a comprar, una opción put nos otorga el derecho a vender, ambas a un precio prefijado dado<sup>1</sup>. Las opciones se pueden encontrar en ambos lados del balance, o sea en el lado de los activos o de las obligaciones. En el lado de los activos del balance encontramos de manera primordial las opciones de flexibilidad; por que la firma o el emprendimiento tiene el control para detener, retrasar la inversión, aumentarla, o disminuirla, contratar o abandonar lo cual es obviamente más flexible y eventualmente que una firma sin dichas opciones y dicho sea de paso delimita la vida de la propia firma o del emprendimiento. Las opciones son importantes para el valor pero igualmente por que nos proveen de criterios explícitos para decidir cuando se han de llevar a cabo, el ser abiertas, cerradas o abandonadas.

Las opciones en el lado de obligaciones del balance son relativamente fáciles de reconocer, deuda convertible y acciones preferentes las cuales le dan al tenedor de las mismas el derecho de intercambiarlas por acciones a una tasa o a una razón relativa a la tasa de conversión, consecuentemente contienen opciones call. Las **garantías**, o **warrants**, permiten a sus tenedores el comprar acciones a un precio fijo, nuevamente una opción *call*. Las opciones sobre acciones ejecutivas pueden ser consideradas como warrants en posesión de la administración.

La aproximación estándar, que es el *valor presente neto*, *VPN*, requiere de que restemos el valor de mercado de dichas obligaciones del valor total de la inversión aplicada a la firma o al emprendimiento para estimar el valor de la participación. Las opciones de la participación afectan el **costo promedio ponderado de capital**, **WACC** por sus siglas en inglés. De acuerdo a los ejemplos mostrados el resultado de nuestros análisis nos entregan las parametrizaciones las cuales nos permiten decidir cual es la acción a llevar a cabo.

Partiendo de la pregunta planteada e inferida directamente del inicio del presente trabajo y de hecho a partir de ella puede tomarse la hipótesis: ¿Son de utilidad las *opciones reales* para el análisis de la viabilidad y conveniencia económica y temporal de las *patentes*?

Debido a la naturaleza múltiple de la pregunta planteada, habrá que para responder a ella y al menos separarla en sus partes constituyentes:

¿Son de utilidad las *opciones reales* para el análisis de la viabilidad económica de la obtención de las patentes?

**La viabilidad puede estar dada por el alinear la oportunidad de colocar un producto dentro del mercado con la posibilidad de tener en nuestras manos la capacidad de llenar esa demanda del mercado, por medio del prever el que el mercado ha de requerir de cierto producto y en éste caso en particular se puede plantear que al menos las opciones reales nos permiten saber con algo más de precisión que lo que nos pueden informar los métodos tradicionales de valuación referidos anteriormente (VPN o VAN y TIR) primordialmente desde el punto de vista de que al poder modificar los montos de inversión nos puede dar al menos la información mínima para enfrentar el tamaño del proyecto, o al menos dimensionarlo de manera adecuada y eventualmente darnos un espacio monetario para poder colocar la capacidad en exceso de endeudamiento y evitar someter nuevamente el proyecto a decisiones que de alguna manera ya se habían tomado, en función del análisis de flujos, dándoles a los tenedores del recurso, que en éste caso pudiesen ser los mismos que generaran la idea, un control del mismo junto con las capacidades de decisión de colocación de fondos provenientes del efectivo no colocado, provenientes de las economías aplicadas al mismo.**

Aquí de alguna manera pudiera surgir la pregunta ¿Cómo saber que va a existir algún tipo de demanda de algún producto en el futuro?, bueno normalmente existen algunas respuestas al menos parciales a esa pregunta, por ejemplo: Si vendiésemos gel antibacterial para las manos.

¿Cómo sabríamos de manera anticipada que pudiese existir una demanda en exceso de dicho producto a futuro?

Al menos existía cierta información disponible dentro de la comunidad científica en general y médica de manera específica de que al existir las variedades de cepas de Influenza tipo ah1n1 (AH1N1), éstas pudiesen mezclarse con las de las aves, cerdos o caballos y así obtenerse alguna variedad de características de mayor agresividad que las cepas de AH1N1, tales como las cepas AH2N5, que era la que se suponía era mucho más letal. Por lo tanto cabe en la totalidad de los escenarios posibles, cualquiera que sea el origen del cual provengan.

De la literatura científica y médica sabemos que al menos existen los tipos de influenza A, B y C y que eventualmente se subdividen en: aviar, equina, porcina, pandémica y estacional. Y que las posibilidades ya de antemano estaban dadas.

Entonces al menos sabíamos que existía dicha posibilidad dentro del escenario de todas las posibilidades. **Además de que en éste caso específico los procedimientos recomendados dentro del texto nos plantean cómo dar los estimados acerca de la información que desconocemos, tanto partiendo de información conocida, cierta o inferida.**

II) ¿Son de utilidad las *opciones reales* para el análisis de la viabilidad temporal de las patentes?

**Somos de la opinión y hemos demostrado por medio de nuestra investigación que es posible el aplicar el análisis de opciones reales a los proyectos sobre emprendimientos o patentes y ello nos suministra el si son efectuados de manera más o menos acorde con los tiempos de duración de los lapsos indicados por cada proyecto primordialmente a partir de submúltiplos de dichos lapsos; se puede inclusive saber el momento cercano al óptimo para aplicar la inversión de acuerdo a los criterios señalados en el presente trabajo.**

**Dentro del planteamiento de la solución aproximada dada por el *ajuste de Luerhman* en el mismo se plantea que cuando *VPN* y el *VPNc* son iguales nos da la indicación de que hemos de llevar a cabo la inversión de manera forzosa y aunado a que se da para las condiciones actuales, de alguna forma señala el llevar a cabo en ese momento la inversión y partiendo de la base de que no existe la posibilidad de tener ahorros por parte del evitar invertir dentro del proyecto que se puedan inyectar a otras áreas o inversiones en otras áreas quizás con mayores retornos, al menos hasta ese momento.**

**De manera básica nos permite ese ajuste el mantener consecuentemente una capacidad en exceso de sobreendeudamiento a partir de fondos reales y eventualmente esa capacidad de endeudamiento en exceso o de sobreendeudamiento pueda salir de los ahorros dados en la proyección inicial del monto total planteado para la inversión, de manera tal que “tenemos una cantidad guardada y accesible”, la cual en costo es la más barata posible debido a que los fondos provienen de nuestros propios recursos.**

**Y además de que originalmente fue presupuestada, pudiera ser utilizada para tratar de sacar adelante gastos inesperados con valores de retorno potencialmente mayores a los esperados dentro del planteamiento inicial del proyecto o plantear la disyuntiva de aplicarlos al proyecto mismo pero ya dentro de una decisión de expansión a partir del cálculo de tamaño mínimo dado por las suposiciones iniciales en escala mínima del proyecto seccionado.**

I) ¿Son de utilidad las opciones reales para el análisis de la viabilidad de la obtención de las *patentes*?

**Para la cuestión anterior cómo hemos visto existen toda una variedad de situaciones donde podemos aplicar las opciones reales para solucionar dichos problemas, siendo algunas de ellas más que adecuadas para la valuación de tanto proyectos como patentes.**



Y tomando la pregunta e hipótesis completa de: ¿Son de utilidad las opciones reales para el **análisis de la viabilidad y conveniencia económica y temporal de las patentes?**

**La respuesta es: Sí** y debido a las respuestas anteriores somos de la idea de que se ha respondido a la gran mayoría de las expectativas primordialmente por contrastación con lo argumentado por los diferentes autores citados. Y dentro de los **frentes que consideramos más importantes** y también los que se presentan más frecuentemente en el área de patentes, incluyendo aquellos que consideramos estratégicos, tales como; **Análisis de opciones reales tomando como el peso proporcional de cada posibilidad de manera flexible junto con las relaciones de las cuales dependen las patentes ajustadas a opciones reales. Se parametrizaron los escenarios con las mayores posibilidades de ocurrencia dentro de una negociación de patentes y se ajustó a las correspondientes opciones reales.**

Incluyendo el **riesgo idiosincrásico** y aunque solamente de manera básica se refirió a las soluciones de las *opciones reales* primordialmente por el método de distribución basado en el modelo binomial basado en el *modelo* de **Cox-Ross-Rubinstein** ajustado por continuidad que desemboca en los valores extremos dados por la *ecuación* y el subsecuente *modelo* de **Black-Scholes**.

Se dieron las consideraciones a ejemplos reales y de ajuste para cada uno de los mismos junto con los eventos que normalmente aparecen dentro del proceso de patentado, desde la investigación previa e inicial, la aplicación de recursos que ahora sabemos que deberán de ser evaluados en cada paso para saber de la conveniencia de su aplicación definir los montos a ser aplicados.

**El reconocer que las variaciones extraordinarias en los gastos pueden deberse a gastos discrecionales aplicados al proyecto, lo cual es un punto de vista basado en la experiencia, y ello nos sugiere el que dichos costos pueden dimensionarse hacia abajo o modificarse, aunque esto habrá de contrastarse con aquellos que hayan generado inicialmente el proyecto, y la idea de nuestra intervención es el ver a través de los ojos del generador de la idea y comprometerlo a entregar sus expectativas respecto a la situación, las cifras fidedignas que pudiesen llevar ese proyecto a la realidad y en éste punto hay que reconocer que no es nuestra finalidad, ni derecho el inhibir la innovación, sino solamente ser el filtro para llevar ideas con potencial hacia la dirección y eventualmente a la realidad.**

**El definir los saltos y eventualmente si existen escalas a aplicar al proyecto, consecuentemente las decisiones tanto de expansión o reducción del alcance del proyecto denominado patente, ya sea tanto en los montos a aplicar cómo el alcance geográfico de las áreas a patentar y en el caso extremo de requerirse tomar la opción de abandonar de acuerdo al resultado obtenido a partir de las métricas aplicadas. El cómo evitar los obstáculos representados por las barreras idiosincrásicas, cuando en lugar de tratar de quitarlas es mejor tomar la opción de ampliar las fronteras de decisión por medio de las preinversiones aplicadas en favor de la aceptación de las propuestas incluidas dentro de nuestros proyectos o patentes por medio del **cabildeo (lobbying actions)**.**

Igualmente se analizó tanto las decisiones secuenciales como las decisiones en paralelo y se planteó la manera de asignar tanto las probabilidades cómo las soluciones aplicables en dichos casos, **cómo evitar las zonas oscuras o sin información por medio de por ejemplo el acceso a la información existente para negocios o emprendimientos equivalentes a los que nos hace falta poseer**, además de el resto de las recomendaciones presentadas para aplicar en dichos casos.

**Se propuso de igual forma el cómo analizar por medio de las opciones reales en el caso del análisis de patentado para proyectos de base tecnológica, y se concluyó que eventualmente pudiese ser que el valor mayor a tener en cuenta no es el valor tecnológico probablemente debido a razones externas al proyecto patente tales cómo la percepción de la tecnología y/o la complejidad o posibilidad de aplicación de la tecnología. Y finalmente se planteó y se**

dio la solución a la valuación de opciones reales sobre patentes para decidir en el ámbito del tiempo tanto la viabilidad y la economía de llevarlas a cabo.

Se mostraron la mayoría de los escenarios y las soluciones, y de acuerdo a ellas concluimos que las opciones reales valuadas por medio de la *ecuación* y el consecuente *modelo de Black-Scholes* apoyándose en el modelo de Ross-Cox-Rubinstein junto con las suposiciones de valores extremos que permiten el aplicar dicho modelo a la opciones europeas y ajustarlas a las opciones americanas nos permite aplicar el mapeo bidimensional ajustado o corto que desarrolló Luerhman para resolver los problemas inherentes a la decisión de la modelación de opciones reales, debido primordialmente a su flexibilidad para enfrentar los escenarios variables que son a los que normalmente nos enfrentamos en la vida de cualquier negocio o emprendimiento o *patente*.

Por lo tanto concluimos que las *opciones reales* son capaces de mejorar al menos las decisiones tomadas por medio de los modelos de la *tasa interna de retorno, TIR*, o de *valor actual neto, VAN*, o de *valor presente neto, VPN*.

Y ello también puede mejorar en mucho las decisiones tomadas dentro de todas las compañías, obviamente si el modelo comentado no alcanza a llenar las expectativas siempre podemos recurrir a los expertos en valuación de opciones tanto financieras cómo reales, los cuales pueden entre otras cosas evaluar las posibilidades reales inclusive de éxito de productos y eventualmente de patentes, de hecho muchas de las firmas y compañías más adelantadas del mundo aplican calificaciones de riesgo a las investigaciones inclusive de sus competidores llevando un “registro y control” de dónde se están llevando a cabo tanto inversiones de investigación cómo de solicitudes de patentes.

A pesar de todo ello el método sugerido es un método adecuado para develar algunas de las características más importantes de cada proyecto cómo una primera aproximación al analizar las patentes desde el punto de vista de las *opciones reales*.

Cómo áreas futuras de investigación o mejora de las ideas y del modelo empleado en esta tesis se puede plantear un ajuste basado en la probabilidad, y ello nos llevaría normalmente a la aplicación de los modelos basados en el método de Monte Carlo. Los cuales junto con otras herramientas, tales cómo el método de Taguchi se pueden aplicar para mejorar en mucho las capacidades de una sociedad para mejorar sus condiciones de vida.

Obviamente de igual forma se requiere de una serie de acciones coordinadas para poder hacer llegar de manera eficiente los beneficios tanto de una política de mejoras a la calidad de vida de los habitantes de nuestro país por ejemplo, para sostener dicha aseveración solamente piénsese en la posibilidad de tener asegurado el acceder solamente a productos de calidad, con esa sola premisa cada uno de nosotros habría de tener artículos que de forma alguna tuviesen asegurada una vida correspondiente de manera mínima al capital invertido y relativamente poco desperdicio del capital; al menos desde el punto de vista de la adquisición del producto, y ello seguramente habría de llevarnos a mayores niveles de vida eficiente y de demandar cada vez productos más avanzados desde el punto de vista tecnológico.

Lo cual a su vez nos llevaría a una nueva definición, propia, de subdesarrollo la cual pudiese ser la siguiente: “el subdesarrollo es el retraso en el tiempo al acceso a bienes de alto valor agregado o de tecnología avanzada (o eventualmente de frontera)”, con lo cual podríamos plantear como antítesis del desarrollo, como una nueva óptica evitable y de manera básica desde éste original punto de vista tomarlo y hacerlo importante y vigente para nuestro país. Señalando la idea obvia pero aún no reconocida de pasar de I+D (investigación y desarrollo) a I+I+D e I (investigación, innovación, desarrollo e implementación) dentro de nuestro propio entorno económico, para así podernos hacer de los derechos propios de nuestros esfuerzos de manera asertiva dentro del terreno de la propiedad intelectual.

---

**BIBLIOGRAFÍA:****Referencias Bibliográficas:**

- Abel, A. B., Dixit, A., Eberly, J. C., Pindyck, R., 1996. **Options, the value of capital and investment**. The Quarterly Journal of Economics, 753-777.
- Alchian (1991), "**Development of Economic Theory and antitrust: A view from the Theory of the Firm – Some concluding Remarks**", Tour. of Inst. Theoretical Econ., Mar.
- Amit, R. y Schoemaker, P. J. H., 1993: "**Strategic assets and organizational rent**", Strategic Management Journal, Vol. 14, pp. 33-46.
- Anderson, Philip, Tushman M. L., 1990. "**Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change**," Administrative Science Quarterly, 35, 4 (December), 604-633.
- Arthur, W. B., 1994. **Increasing returns and path dependence in the economy**. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Baecker, P., N., 2007. **Real Options and Intellectual Property. Capital Budgeting Under Imperfect Patent Protection**. Series: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems , Vol. 587
- Baker, Dean. "**The Reform of Intellectual Property**". Post-autistic Economics Review, Issue no. 32, 5 July 2005, article 1, está en el doi: Paecon.net
- Baldursson, F., 1997. **Irreversible investment under uncertainty in oligopoly**. Journal of Economic Dynamics & Control 22, 627-644.
- Barney, J.B., 1986. **Strategic Factor Markets: Expectations, Luck and Business Strategy**. Management Science; 32, (10), pp. 1231–1241.
- Barney, J.B., 1986, **Organizational Culture: Can It be a Source of Sustained Competitive Advantage?**, Academy of Management Review; 11, (3), pp. 656–665.
- Barney, J.B., 1991. **Firm Resources and Sustained Competitive Advantage**. Journal of Management; 17, (1), pp.99–120.
- Barone-Adesi, G., Whaley, R. E., 1987. **Efficient analytic approximation of American option values**. Journal of Finance 42 (2), 301-320.
- Barraquand, J. and Martineau, D. **Numerical Valuation of High Dimensional Multi-Variate American Securities**. The Journal of Financial and Quantitative Analysis, 30,3 September 1995.
- Baudry, M., Dumont, B., 2006. **Patent renewals as options: Improving the mechanism for weeding out lousy patents**. Review of Industrial Organization 28 (1), 41-62. Option approach. Review of Financial Economics, 14, 225-239.
- Becker, Gary, S., 2007. (1964, 1993, 3rd ed.). **Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education**. Chicago, University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-04120-9Becker (2007)
- Bettis, R. A.; Hitt, M. A., 1995: "**The New Competitive Landscape**", Strategic Management Journal, vol. 16, pp. 7-20.
- Black, Fischer, Scholes, Myron, Jensen, Micheal, 1972. "**The Capital-Asset Pricing Model: Some empirical tests**", in Jensen, editor, Studies in the Theory of Capital Markets. 1972.
- Black, Fischer, Scholes, Myron, 1973. "**The Pricing of Options and Corporate Liabilities**", Journal of Political Economy, 1973. Block y McMillan (1993)-
- Block, Z., McMillan, T.C., (1993). **Corporate Venturing: Creating New Business within the Firm**. Cambridge, Mass., Harvard Business School Press.
- Bowman, E. H., & Hurry, D. 1993. **Strategy through the options lens: An integrated view of resource investments and the incremental-choice process**. Academy of Management Review, 18 (4): 160-182.
- Boyarchenko S., I., 2004. **Irreversible decisions and record-setting news principles**. American Economic Review 94 (3), 557-568.
- Boyarchenko S., I., Levendorskii, S., Z., 2002. **Perpetual American options under Lévy processes**. SIAM Journal on Control and Optimization 40 (6): 1663-1696.
- Boyle, Phelim P. 1977, **Options: A Monte Carlo Approach**. Journal of Financial Economics 4, 1977, 323–338, North Holland Publishing Company.
- Brennan, M., Schwartz, E., 1977. **The valuation of American put options**. Journal of Finance 32, 449-462.

- Brennan, M., Schwartz, E., 1978. **Finite difference methods and jump processes arising in the pricing of contingent claims: A synthesis**. Journal of Financial and Quantitative Analysis 13(3), 461-474.
- Brennan, M., Schwartz, E., 1985. **Evaluating natural resource investments**. Journal of Business 58, 135-157.
- Brennan, M.J. and Schwartz, E.S., 1995. **"Time Invariant Portfolio Insurance Strategies"** The Journal of Finance, 43:2, 283-300 (June) 1988.
- Brennan, M.J, Schwartz, E.S., and Lagnado R., 1997. **"Strategic Asset Allocation"**, Journal of Economic Dynamics and Control, 21, 1377-1403.
- Broaide y Glasserman, 1995, **"A continuity correction for discrete barrier options"**, Mathematical Finance, Vol. 7, No. 4 (October) 1997, 325.
- Caves, R., 1971. **International corporations: The industrial economics of foreign investment**. Economica, 38(February), 1-28.
- Chan, K., M., Kwok, Y., K., 2007. **Assymetric preemptive patenting races and sleeping patents**. SSRN.
- Chen, Ming-Jer, S., Ventakaraman, Ian C. McMillan and Sylvia S. Black, 1991. **The role of irreversibilities in competitive Exchange: Behavioral Considerations from Organizational Theory and Game Theory**, Snider Entrepreneurial Center, The Wharton School of Business, University of Pennsylvania.
- Cheng, Yu-Ting, Van de Ven, Andrew H., **"Learning the Innovation Journey: Order out of Chaos?"**, 1996. Organization Science, 7, 6 (November-December): 593-614.
- Christensen, C.M. and Rosenbloom, R., 1995, **Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics and the value network**. Research Policy 24, 233-257.
- Cohen, W., Levinthal, D., 1990. **Absorptive Capacity: A new perspective on learning and innovation**. Administrative Science Quarterly, 35: 128-152.
- Cooper, A., C., Smith, C. G. 1992. **How established firms respond to threatening Technologies**. Academy of Management Executive, 6: 55-70.
- Copeland, T., Antikarov, V., **Real Options. A Practitioner's guide**. Texere. New York, NY, 2001
- Cox, J. C., Ross, S., Rubinstein, M., E., 1979. **Option pricing: a simplified approach**. Journal of Financial Economics 7, 229-263.
- Cusumano, M. A. and A. Takeishi, 1991. **„Supplier relations and management: A survey of Japanese, Japanese-transplant, and U.S. auto plants“**, Strategic Management Journal, 12(8), pp. 563 – 589
- D'Aveny, R. 1994. **Hypercompetition: The dynamics of strategic maneuvering**. New York: Free Press.
- Dalkey, N., C., Helmer, O. 1963. **An experimental application of the Delphi methods to the use of experts**. Management Science, 9: 458-475.
- Damodaran, A., 2005. **The Promise and Peril of Real Options**, Stern School of Business, New York, NY., 2005.
- David, P., Bunn, J. 1988. **The economics of Gateway Technologies and network evolution**. Information Economics and Policy, 3: 165-202.
- Dewar, R. D., Dutton, J. E. 1986. **The adoption of radical and incremental innovations: An empirical análisis**. Management Science, 32: 1422-1433.
- Dierickx, I., Cool, K. 1989. **Asset stock acumulation and sustainability of competitive advantage**. Management Science, 35: 1504-1513.
- Dixit, A., Pindyck, R. 1994. **Investment under uncertainty**. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Drahos, P., Brathwaite, J., 2003, **Information feudalism: Who owns the knowledge economy?**, New York: New Press, 2003. (Ver también Bibliografía electrónica)
- Drahos, P., 2010, **The Global Governance of Knowledge: Patent Offices and their Clients**, Cambridge, Cambridge University Press, 2010, xv + 351 pp., UK£25.99, ISBN 978-0-521-14436-0 pbk), 2010. (Ver también Bibliografía electrónica).
- Eisenhardt, K., Tabrizi, B., 1995. **Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry**. Administrative Science Quarterly, 40: 84-110.
- Fombrun, C., Shanley, M. 1990. **What's a name? Reputation building and corporate strategy**. Academy of Management Journal, 33: 233-258.

- Fudenberg, D., Tirole, J. 1985. **Preemption and rent equalization in the adoption of new technology**. Review of Economic Studies. 70: 383-401.
- Geske, R., 1979. **The valuation of compound options**. Journal of Financial Economics, North-Holland Publishing Company, 7: 63-81
- Ghafele, R., (August) 2008. **"Perceptions of Intellectual Property: A Review"**. London: Intellectual Property Institute. Retrieved 2009-11-05.
- Ghemawat, P., 1984. **Capacity expansion in the titanium dioxide industry**. Journal of Industrial Economics. 33: 145-163.
- Gilbert, R. J., Newberry, D. M. G. 1982. **Preemptive patenting and the persistence of monopoly**. American Economic Review. 72:514-526.
- Goldman, R. A., Lawless, M. W. 1994. **Technology and strategy**. New York: Oxford University Press.
- Dwight Grant, Gautam Vora and David Weeks, 1997. **Path-Dependent Options: Extending the Monte Carlo Simulation Approach**, Management Science November 1997 vol. 43 no. 11 **1589-1602, Disponible en: doi: 10.1287/mnsc.43.11.1589**
- Grenadier, S. R., 1996. **The strategic exercise of options: Development cascades and overbuilding in real estate markets**. Journal of Finance 51 (5), 1653-1680.
- Grenadier, S. R., 2002. **Option exercise game: An application to the equilibrium investment strategies of firms**. The Review of Financial Studies 15, 691-721.
- Grinblatt, M., Tittman, S., **Financial Markets & Corporate Strategy**. McGraw-Hill-Irwin, 2nd Edition, 2001.
- Gunther McGrath, Rita, McMillan, Ian C., (1996). **A Real Options Framework for Technology Strategy: When to move, When to wait, and when to try something completely different**, The Wharton School of Business, Philadelphia, PA, E.U. de N. (1996).
- Hagedoorn, J., 1993. **Understanding the rationale of strategic technology partnering: Interorganizational modes of cooperation and sectoral differences**. Strategic Management Journal, 14: 371-385.
- Hsu, Y., Lambrecht, B. M., 2007. **Preemptive patenting under uncertainty and asymmetric information**. Annals of Operations Research 151: 5-28.
- Hull, J.C., 1997. **Options, Futures, & Other Derivatives**, Third Edition, Prentice Hall.
- Itamy, H., 1987. **Mobilizing invisible assets**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Itamy, 1987: idem Ibidem: 118.
- Kalligeros, K., de Neufville, R., 2006. **Real options in system design: A methodological compromise and its implications**, MIT, Cambridge MA, 10th Annual International Conference On Real Options: Theory Meets Practice, New York City, USA,
- Kamien, M., Schwartz, N. 1975. **Market structure and innovation: A survey**. Journal of Economic Literature, 13: 1-37.
- Katz, Michael and Carl Shapiro, 1985, **"Network Externalities, Competition and Compatibility"**, American Economic Review, vol. 75 (3), pp. 424-440.
- Kester, W. C., 1981. **Growth options and investment: A dynamic perspective on the firm's allocation of resources.**, Unpublished doctoral dissertation, Harvard University, Cambridge, MA
- Kobrin, S. 1982. **Managing political risk assessment: Strategic response to environmental change**. Los Angeles: University of California Press.
- Koh, J., & Venkataraman, N., 1991. **Joint venture formations and stock market reactions: An assessment in the information technology sector**. Academy of Management Journal, 34: 869-892.
- Kou, S.G., (2002). **A jump-diffusion model for option pricing**. Management Science 48, 1086-1101. Columbia University, New York, New York 10027, kou@ieor.columbia.edu
- Lambrecht, B. M., 2000. **Strategic sequential investments and sleeping patents, in Project Flexibility, Agency and Product Market Competition: New Developments in the Theory and Application of Real Options Analysis**, (eds.) Brennan M J, Trigeorgis L, Oxford University Press, Oxford.
- Lambrecht, B. M., Perraudin W. R. M., 2003. **Real options and preemption under incomplete information**. Journal of Economic Dynamics & Control 27(4), 619-643.
- Lanjouw, J. O., Schankerman, M., 2001. **Characteristics of patent litigation: A window on competition**, RAND Journal of Economics 32: 129-151.

- Lemley, M. A., Shapiro, C., 2005. **Probabilistic Patents**. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 19, p. 75-98
- Lemley, Mark A., (2001). **Rational Ignorance at the Patent Office**, (February) 2001. *Northwestern University Law Review*, Vol. 95, No. 4, 2001. Disponible en (doi: domain-on-the-internet) doi:10.2139/ssrn.261400 SSRN.com
- Levinthal, D., March, J., 1993: 106. **"The Myopia of Learning"**. *Strategic Management Journal*, 14: 95-112. (Reprinted in N. Lazaric, F. Lorenz, and E. Lorenz Eds., *Knowledge, Learning and Routines*. Edward Elger, 2002.
- Levitt, B., March, J. G., Levitt, (March) 1988. **Organizational Learning**. *Annual Review of Sociology*, Vol. 14. (1988), pp. 319-340. Se puede obtener en el: Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0360-0572%281988%2914%3C319%3AOL%3E2.0.CO%3B2-%23>
- Lieberman, M.B. and Montgomery, D.B. (1988). **First-mover (dis) advantages**. *Strategic Management Journal*, Vol.9, Special Issue: Strategy Content Research (Summer, 1988), pp. 41-58.
- Livinstone, J.L., 1992. **The portable MBA in Finance and Accounting**, John Wiley and Sons, New York, NY.
- Longstaff, F.A. and E.S. Schwartz, 2001. **"Valuing American Options by Simulation: A Simple Least Square Approach"**, *Review of Financial Studies*, 14:1, pp. 113-147 (Spring 2001)
- López-Herrera, F., 2009. **Memoria larga de la volatilidad de los rendimientos del mercado mexicano de capitales**, *Análisis Económico Núm. 56*, Vol. XXIV, Segundo cuatrimestre de 2009.
- Luerhman, T., 1998. **Investment Opportunities as Real Options: Getting started on the numbers**, E.U. de N.: *Harvard Business Review*, march-april, pp. 1-10.
- McDonald, R. and Siegel, D., 1986. **The value of waiting to invest**, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 101, Issue 4 (Nov., 1986), 707-728.
- MacMillan, I. C. 1978. **Strategy formulation: Political concepts**. St. Paul, MN: West.
- MacMillan, I. C. 1988. **Controlling competitive dynamics by taking strategic initiative**. *Academy of Management Executive*, 2: 111-118.
- MacMillan, I., & Jones, P. 1986. **Strategy formulation: Power and politics**. St. Paul, MN: West.
- MacMillan, I. C., McCaffery, M. L., Van Wijk, G. 1985. **Competitors responses to easily imitated new products: Exploring commercial banking products introductions**. *Strategic Management Journal*, 6: pp. 75-86.
- Mansfield, E., 1968, **The Economics of Technological Change**, New York, Norton.
- Mansfield, E. 1988. **The speed and the cost of industrial innovation in Japan and the United States: External vs internal technology**. *Management Science*, 34: 1157-1168.
- March, J. G. 1991. **Exploration and exploitation in organizational learning**. *Organization Science*, 2: 71-87.- Marco, A. C., 2005. **The option value of patent litigation: theory and evidence**. *Review of Financial Economics* 14, 323-351.
- Marco, Alan C., 2005. **"The option value of patent litigation: Theory and evidence"**, *Review of Financial Economics*, Elsevier, vol. 14(3-4), pages 323-351.
- Martzoukos, S.H., Trigeorgis, L. 2002. **Real Options with Random Controls, Rare Events, and Risk-to-Ruin**.
- Martzoukos, S. H., Trigeorgis, L., 2002. **Real (investment) options with multiple sources of rare events**. *European Journal of Operational Research* 136(3): 696-706 (2002)
- McDonald, R. L., Siegel D. R., 1986. **The value of waiting to invest**. *The Quarterly Journal of Economics* 101 (4) 707-727.
- McGrath, et al., 1992; McGrath, R. G., MacMillan, I. C., & Tushman, M. L. 1992. **The role of executive team actions in shaping dominant designs: Towards the strategic shaping of technological progress**. *Strategic Management Journal*, 13: 137-161.
- Meng, R., 2008. **A patent race in a real options setting: Investment strategy, valuation, CAPM beta and return volatility**. *Journal of Economic Dynamics & Control*
- Merton, R. C., 1973. **Theory of rational option pricing**. *Bell Journal of Economics* 4, 141-183.
- Merton, R. C., 1976. **Option pricing when underlying stock returns are discontinuous**. *Journal of Financial Economics* 3, 124-144.

- Mitchell, G. R., & Hamilton, W. F. 1988. **Managing R&D as a strategic option**. *Research Technology Management*, 27: 15-22.
- Mordecki, E., 2002. **Optimal stopping and perpetual options for Lévy processes**. *Finance and Stochastics* 6, 473-493.
- Mowery, D. C. & Rosenberg, N. 1982. **The influence of market demand upon innovation: A critical review of some recent empirical studies**. In N. Rosenberg (Ed.), *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Mowery, D. C., & Teece, D. J. 1993. **Japan's growing capabilities in industrial technology: Implications for U.S. managers and policymakers**. *California Management Review*. 35: 9-33.
- Myers, S., C. 1977. **Determinants of Corporate Borrowing**. *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-176.
- Myers, S., Marquis, D. G. 1969. **Successful industrial innovations: A study of factors underlying innovation in selected firms**. NSF 69-17. Washington, DC: National Science Foundation.
- Neftci, Salih, 2008. **Ingeniería Financiera**, McGraw-Hill Interamericana, México, D.F., 2008.
- Nelson, R. R., & Winter, S. J. 1982. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge, MA: Belknap and Harvard University Press.
- Pakes, A., 1986. **Patents as options: Some estimates of the value of holding european patent stocks**. *Econometrica* 54 (4), 755-784.
- Peteraf, M. A. 1993. **The cornerstones of competitive advantage: A resource-based view**. *Strategic Management Journal*, 14: 179-192.
- Porter (1980), Porter, M.E., 1979, "How Competitive Forces Shape Strategy", *Harvard Business Review*, March/April 1979.
- Pindyck, R. S., 1991. **Irreversibility, uncertainty, and investment**. *Journal of Economic Literature*, 29 (3), 1110-1148.
- Pindyck, R. S., 1993. **Investment of uncertain cost**. *Journal of Financial Economics* 34, 53-76.
- Reiss, A., 1998. **Investment in innovations and competition: An option pricing approach**. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38, 635-650.
- Rogers, E. M. 1995. **The diffusion of innovations**, (4th ed.). New York: Free Press.
- Roll, R., 1977. **An analytical formula for unprotected American call options on stock with known dividends**. *Journal of Financial Economics* 5, 251-258.
- Rosenkopf y Tushman, 1994: 410, "Organizaciones tecnológicas comunitarias", Rosenkopf, L. and M.L. Tushman. "The Coevolution of Technology and Organization." 1994. In Baum, J. and J. Singh (eds.), *Evolutionary Dynamics of Organizations*, Oxford.
- Rumelt, R.P. 1987. **The competitive challenge: Strategies for industrial innovation and renewal**, 7: 137-158. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.
- Scherer, F. M. 1979. **Industrial market structure and economic performance**. Chicago: Rand McNally.
- Schmookler, J. 1966. **Invention and economic growth**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Shrader, C. B., Lincoln, J. R., & Hoffman, A. (1989). **The network structures of organizations: Effects of task contingencies and distributional form**. *Human Relations*, 42, 43-66. Simmel, G. (1950).
- Schwartz, E.S., (1977). "The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach," *Journal of Financial Economics*, 4, 79-93, reprinted in *Options: Classical Approaches to Pricing and Modeling*, edited by Lane Hughston, RISK Books, 1999.
- Schwartz, E.S., 1999. "The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach," *Journal of Financial Economics*, 4, 79-93 (1977); reprinted in *Options: Classical Approaches to Pricing and Modeling*, edited by Lane Hughston, RISK Books, 1999.
- Schwartz (2003), Tokat, Y. and E.S. Schwartz, "The impact of fat tailed returns on asset allocation", *Mathematical Methods of Operations Research*, Special Issue on "Mathematical Models in Market and Credit Risk," Editor, S. Rachev , 55:2 (2002), pp. 165-185.
- Sereno, Luigi, 2010. **Real Options and Economic Valuation of Patents**, Department of Management, University of Bologna, Via Capo di Lucca, 34, 40126, Bologna, Italy. 2010.
- Shrader, C. B., Lincoln, J. R., & Hoffman, A. N., 1989. **The network structures of organizations: Effects of task contingencies and distributional form**. *Human Relations*, 42: 43-66.

- Takalo, T., Kannianen, V., 2000., **Do patents slow down technological progress?: Real options in research, patenting, and market introduction.** International Journal of Industrial Organization 18 (7), 1105-1127.
- Teece, D. J. 1986., **Capturing value from technological innovation: Integration, strategic partnering and licensing decisions.** Research Policy, 15: 285-305.
- Trigeorgis, L., 1991. **A log-transformed binomial numerical analysis method for valuing complex multi-option investments.** Journal of Financial and Quantitative Analysis 26 (3), 309-326.
- Trigeorgis, L., 1993. **The nature of options interaction and the valuation of investments with multiple real options.** Journal of Financial and Quantitative Analysis 28(1), 1-20.
- Trigeorgis, L., 1996. **Real options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation.** MIT Press, Cambridge Mass.
- Tushman, Michael and Philip Anderson (1986), **"Technological Discontinuities and Organizational Environments,"** Administrative Science Quarterly, 31, 439-65.
- Tushman, M. L. and L. Rosenkopf. **"Organizational Determinants of Technological Change: Towards a Sociology of Technological Evolution."**, 1992. Research in Organizational Behavior, 14: 311-347.
- Venegas-Martinez, F., 2006. **Riesgos financieros y economicos, Financial and Economic Risks: Productos Derivados y Decisiones Economicas Bajo Incertidumbre,** Cengage Learning, México, D.F.
- Venkataraman, S. 1990. **Transaction sets, architecture of complexity and new venture growth and stagnation.** Working paper, Sol C. Snider Entrepreneurial Center, The Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA
- von Hippel, E., 1987. **Cooperation between rivals: Informal know-how trading.** Research Policy, 16: 291-302.
- von Hippel, E. 1988. **The sources of innovation.** New York: Oxford University Press.
- Weeds, H., 1999. **Sleeping Patents and Compulsory Licensing: An Options Analysis.** Warwick Economics Research Paper no. 577.
- Weeds, H., 2002. **Real options and game theory: When should real options valuation be applied?,** 6th Real options annual conference.
- Weeds, H., 2002a. **Strategic delay in a real options model of R&D competition,** Review of Economic Studies 69 (3), 729-747.
- Wernerfelt, B. 1984. **A resource-based view of the firm.** Strategic Management Journal, 5: 171-180.
- Wernerfelt, B. 1985. **Brand loyalty and user skills.** Journal of Economic Behavior and Organization, 6: 381-385.

#### Referencias electrónicas:

- **ADPIC (TRIPS):** [http://www.wto.org/english/tratop\\_e/trips\\_e/trips\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm)
- **AGTC(GATT):** [http://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Agreement\\_on\\_Tariffs\\_and\\_Trade](http://en.wikipedia.org/wiki/General_Agreement_on_Tariffs_and_Trade)
- **ARIPO (African Regional Intellectual Property Organization):** [http://en.wikipedia.org/wiki/African\\_Regional\\_Intellectual\\_Property\\_Organization](http://en.wikipedia.org/wiki/African_Regional_Intellectual_Property_Organization)
- **BANAPA:** <http://www.impi.gob.mx/banapanet/>
- **Convención de París:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Convención\\_de\\_Par%C3%ADs](http://es.wikipedia.org/wiki/Convención_de_Par%C3%ADs)
- **Doctorow, Cory:** <http://es.scribd.com/doc/67442791/Cory-Doctorow-Context-Further-Selected-Essays-on-Productivity-Creativity-Parenting-And-Politics-in-the-21st-Century>.
- **Drahos, Peter,** 2010. link: [www.tandf.co.uk/journals/cpro](http://www.tandf.co.uk/journals/cpro), (Ver también en Bibliografía)
- **"History of Copyright".** UK Intellectual Property Office. 2006. Obtenido el 08-Dic-2010.
- **DFE (Descuento de flujos de efectivo):** [http://en.wikipedia.org/wiki/Discounted\\_cash\\_flow](http://en.wikipedia.org/wiki/Discounted_cash_flow)
- **EPO:** [http://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Patent\\_Organisation](http://en.wikipedia.org/wiki/European_Patent_Organisation)
- **FDA:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Food\\_and\\_Drug\\_Administration](http://en.wikipedia.org/wiki/Food_and_Drug_Administration)
- **IMPI:** <http://www.impi.gob.mx/>
- **INDAUTOR:** <http://www.indautor.gob.mx/?navegador2='1'&valor=>
- M.Sc. Katia M.C. Rocha, **C2010, Numerical Techniques for Real Options,** <http://www.puc-rio.br/marco.ind/katia-num.html>
- **OAPI:** <http://www.oapi.int/>
- **Olesiafx:** <http://olesiafx.com/economics/day-200709-21.html>



- **OMPI:** (WIPO) <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>
  - **OMC:** (WTO) <http://www.wto.org/>
  - **OMS:** (WHO) <http://www.who.int/en/>
  - **OPCIONES REALES:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Real\\_options\\_valuation](http://en.wikipedia.org/wiki/Real_options_valuation)
  - **PATENTES:** <http://en.wikipedia.org/wiki/Patent>
  - **PEPFAR (PEPRS):** <http://www.pepfar.gov/>
  - **Piper, R, Gray, C., 2005:** <http://www.dlapiper.com/>
  - **Praveen, Raj, R.S.;** [http://en.wikipedia.org/wiki/R\\_S\\_Praveen\\_Raj](http://en.wikipedia.org/wiki/R_S_Praveen_Raj)
  - **TLCAN:**[http://es.wikipedia.org/wiki/Tratado\\_de\\_Libre\\_Comercio\\_de\\_América\\_del\\_Norte](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratado_de_Libre_Comercio_de_América_del_Norte)
  - **VPN = VAN:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_netto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto)
  - **TIR:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_interna\\_de\\_retorno](http://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno)
  - **WACC (PPCC, Peso ponderado del costo de capital):** <http://es.wikipedia.org/wiki/WACC>
  - **WIKIPEDIA:** <http://es.wikipedia.org/> o [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)
-