



Universidad de Deusto
Deustuko Unibertsitatea
University of Deusto

DOCTORADO EN ECONOMÍA Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

DEUSTO BUSINESS SCHOOL

UNIVERSIDAD DE DEUSTO

TESIS DOCTORAL

Tesis presentada para la obtención del título de
Doctor en Economía y Dirección de Empresas

**VALORACIÓN DE PROYECTOS QUE ASOCIAN RIESGO
PRIVADO Y DE MERCADO**

**LA BÚSQUEDA DE UN VALOR RAZONABLE MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE MODELOS DE OPCIONES REALES**

Director de Tesis: Dr. Prosper Lamothe Fernández

Autor: Fernando Pombo Castro

fernando@fernandopombo.com

Donostia-San Sebastián, 16 de julio de 2013

VALORACIÓN DE PROYECTOS
QUE ASOCIAN RIESGO PRIVADO Y DE MERCADO
LA BÚSQUEDA DE UN VALOR RAZONABLE MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE MODELOS DE OPCIONES REALES



FERNANDO POMBO CASTRO



DR. PROSPER LAMOTHE FERNÁNDEZ

Estimado Doctor:

Nos es grato comunicarle que realizado el escrutinio de los votos emitidos por los miembros del Tribunal nombrado por Disposición del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de fecha 22 de octubre de 2013, para la defensa y evaluación de la Tesis Doctoral por Ud. presentada, con el título "VALORACIÓN DE PROYECTOS QUE ASOCIAN RIESGO PRIVADO Y DE MERCADO. LA BÚSQUEDA DE UN VALOR RAZONABLE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MODELOS DE OPCIONES REALES", y en presencia de la Secretaria del mismo, el resultado es **positivo por unanimidad**.

Por lo tanto, en cumplimiento de las disposiciones establecidas en el artículo 14.7 del Real Decreto 99/2011, modificado por el RD 534/2013, de 12 de julio, el tribunal ha otorgado a la tesis la mención de "**Cum Laude**".

Con nuestra más sincera felicitación, le saludamos atentamente,

Doktore agurgarria:

Atseginez jakinarazi nahi dizugu "VALORACIÓN DE PROYECTOS QUE ASOCIAN RIESGO PRIVADO Y DE MERCADO. LA BÚSQUEDA DE UN VALOR RAZONABLE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MODELOS DE OPCIONES REALES" zuk aurkeztutako Doktore Tesia aurkeztu eta ebaluatzeko 2013ko urriaren 17an Hezkuntza, Kultura eta Kiroletako Ministerioak izendatutako Epaimahaiko kideek emandako botoak zenbatu ondoren, eta Epaimahai horretako idazkaria aurrean egonik, zerbaketaren emaitza **positiboa dela, erabateko adostasunez**.

Horrenbestez, 99/2011 Errege Dekretuaren 14.7. artikuluan urtarrilaren 28koak xedatutakoaren arabera eta 534/2013 Errege Dekretuak, uztailaren 12koak eta aurrekoaren aldaketak jasotzen dituenak, tesiari "**Cum Laude**" aipamena eman zaio.

Gure zorionik beroena emanaz, adeitasunez agurtzen zaitugu,



Elena Barrena Osoro

Vicesecretaria / Idazkariordea

San Sebastián, 11 de febrero de 2014

Donostia, 2014ko otsailaren 11

Universidad de Deusto
Deustuko Unibertsitatea
Mundak, 50
Apartado 1.359
E-20080 Donostia-San Sebastián
Tel. 943 32 63 10
Fax 943 32 62 74
www.deusto.es

Agradecimientos

El proceso de desarrollo del doctorado y, en particular, la fase de realización de esta tesis, han marcado en mi vida un hito signado por la incorporación de importantes y nuevos conocimientos y el afianzamiento de experiencias ya incorporadas desde la academia y el mundo de los negocios en el cual me desempeño. Esto me ha permitido crecer tanto académica como profesionalmente en el área de análisis de proyectos y valoración de empresas.

Nada de lo mencionado, así como esta invaluable “opción de crecimiento” personal, hubiesen podido ser ejecutados sin el apoyo de la Universidad Católica de Uruguay, la Cátedra UNESCO y la propia Universidad de Deusto.

Sin dudas el Profesor Doctor Luis Sierra merece un agradecimiento y recuerdo especial, con sus primeros valiosos lineamientos y consejos ofrecidos al inicio del curso de doctorado.

Este logro no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional del entorno familiar más próximo. Yendo atrás en el tiempo, un agradecimiento a mis padres, María Carmen y Manuel, quienes inculcaron en mi desde siempre el valor del trabajo y de la lucha en pos de los objetivos que nos fijamos. Más adelante en mi vida, se incorporaron mi esposa Anabel y nuestro hijo Santiago, a quienes quiero agradecer especialmente por su comprensión y sostén incondicional, ya que siempre han apoyado mis esfuerzos en esta parte de mi vida académica que implicó muchas restricciones en la vida familiar por un largo período.

Quiero destacar especialmente el sentido de profundo agradecimiento al Profesor Doctor Prosper Lamothe Fernández, con quien entré en contacto hace años a través de sus obras, leyendo sus libros y publicaciones y a quien luego el destino quiso que conociera personalmente y dirigiera mi tesis de manera magistral, propio de un hombre de gran sabiduría, calidad humana, reconocida excelencia académica, talante sinigual y profunda humildad, todo lo cual ha facilitado enormemente este transitar por el camino de la investigación y de la realización de esta Tesis Doctoral.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todas aquellas personas que desde sus diferentes posiciones han, apoyado de una u otra forma a concretar este esfuerzo personal.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	6
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 La búsqueda de un justo valor a proyectos y empresas de valoración compleja.....	15
1.1. Proyectos con riesgo privado y de mercado	29
1.2. Riesgo privado y riesgo de mercado como fuentes de incertidumbre	32
1.3. Abordajes para la valoración de proyectos; desde el Método de Flujos Descontados hasta las Opciones Reales.	37
1.4. Uso de Árboles de Decisiones	39
1.5. Valor Actual Neto, flexibilidad y opciones.	40
1.6. El problema de cuantificar el riesgo.....	46
2. CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	50
2.1. La necesidad de medir el valor.....	50
2.1. El intento de determinar un valor justo (<i>fair value</i>) para los proyectos y empresas..	52
2.2. Desde el concepto estático representado por el Valor Presente Neto tradicional a un concepto dinámico contenido en el Valor Presente Neto Ampliado.....	56
2.3. Árboles de decisión y análisis de opciones reales.....	61
2.4. MAD (Marketed Asset Disclaimer). Una solución propuesta ante la imposibilidad de contar con activos gemelos.....	68
2.5. La Flexibilidad empresarial, la incertidumbre y la existencia de opciones.	70
2.6. Las Opciones. Concepto general.	74
2.6.1. Tipo Europea.	75
2.6.2. Tipo Americana.	75
2.6.3. Tipo Bermuda.....	76
2.7. Opciones Financieras y Opciones Reales.....	77
2.8. Tipos de Opciones Reales.....	86
2.8.1. Opción de diferir o de aprender.....	86
2.8.1.1. Opción de diferir	86
2.8.1.2. Opción de aprendizaje	89
2.8.2. Opción de inversión o de crecimiento	90
2.8.2.1. Opción de ampliar	90

2.8.2.2.	Opción de intercambio.....	92
2.8.2.3.	Opción de ampliación de alcance.....	92
2.8.2.4.	Opción de desinversión o reducción	92
2.8.2.4.1.	Opción de reducir	92
2.8.2.4.2.	Opción de intercambio.....	94
2.8.2.4.3.	Opción de reducción del alcance	94
2.8.2.4.4.	Opción de abandono	95
2.8.2.4.5.	Opción de cierre temporal	96
2.8.3.	Opción compuesta	98
2.9.	La Incertidumbre y la Volatilidad	100
2.9.1.	Incetidumbre, volatilidad y su incidencia en el valor.	100
a.	Volatilidad y desviación típica	108
b.	La incertidumbre y el incremento de valor	111
2.9.1.1.	La estimación de la volatilidad	117
2.9.1.1.1.	La volatilidad histórica.....	117
2.9.1.1.2.	La volatilidad implícita.....	118
2.9.1.1.3.	La volatilidad futura	121
2.9.1.2.	La volatilidad y las opciones reales	121
2.10.	Cuándo usar el enfoque de las opciones reales.....	123
2.10.1.	Opciones exclusivas y opciones compartidas	123
2.11.	Métodos de valoración de opciones. Desde los orígenes con Samuelson, Black-Scholes hasta nuestros días.	129
2.12.	El Modelo Binomial	132
2.12.1.	Modelo binomial para un solo período.....	132
2.12.2.	Modelo binomial multiperíodo	138
2.12.3.	Modelo de Black - Scholes.....	141
2.13.	Algunas limitaciones a la aplicación de opciones reales en general.	144
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA QUE ENMARCA LA PRESENTE TESIS	148
3.1.	Marco General. Seguimiento del Método Científico	148
3.2.	Enfoques de la investigación científica a considerar	148
3.3.	La elección de un enfoque metodológico a aplicar, ¿análisis estadístico o análisis de caso?	150
3.4.	La investigación empírica en la actualidad, las estadísticas y los casos.....	151
3.5.	La generalización en la investigación empresarial	152

3.6.	La generalización de los estudios de caso	154
3.6.1.	¿Es posible la generalización de los estudios de caso?	155
3.6.2.	Los problemas de generalización estadística	158
3.7.	La Muestra de la investigación y la población considerada	159
3.8.	El estudio de caso o de casos, Generalidades.....	163
3.9.	La elección del método de caso para la investigación en esta Tesis Doctoral	165
3.10.	Tipos de estudios de caso.....	166
3.11.	La metodología de estudio de casos múltiples y la estructura de la investigación aplicada. 168	
3.12.	La selección de los casos	170
3.13.	La validez interna, externa, fiabilidad y representatividad analítica	172
3.14.	La interrogante a analizar. El planteo de la pregunta de estudio.	174
3.15.	Los casos de estudio	176
4.	CAPITULO IV : EXPERIMENTOS Y RESULTADOS.....	178
4.1.	Caso de estudio I – Desarrollo de fármaco por el Institut Pasteur de Montevideo, Uruguay.	178
4.1.1.	Descripción del proyecto.....	178
4.1.2.	Un escenario prometedor para el desarrollo de valor. Un mercado en desarrollo que incorporará nuevas demandas que hoy no están presentes.....	180
4.1.3.	Desarrollo del fármaco por el Institut Pasteur y la decisión acerca de hasta dónde desarrollar y cuándo vender la patente.	180
4.1.4.	La barrera impuesta por las inversiones inherentes al desarrollo del fármaco y la oportunidad de venta de patente en etapas tempranas.....	181
4.1.5.	La alternativa de vender el proyecto en diferentes fases de avance del desarrollo del fármaco.	182
4.1.6.	El valor medio esperado del proyecto en su fase comercial.....	183
4.1.7.	Desarrollo del Árbol de Decisión para el desarrollo del fármaco.	184
4.1.8.	La valoración por fases, el riesgo privado y el comercial, la tasa libre de riesgo y la tasa ajustada al riesgo del proyecto.....	191
4.1.8.1.	Valoración de la fase comercial, la consideración del riesgo de mercado.....	191
4.1.8.2.	Valoración de cada fase del desarrollo técnico del fármaco y la consideración del riesgo privado y las probabilidades de éxito.....	192
4.1.9.	La necesidad de determinar la volatilidad adecuada correspondiente a cada etapa. 194	
4.1.10.	Desarrollo binomial por fase.	195
4.1.11.	CONCLUSIÓN	199

4.2.	Caso de estudio 2 – MEGAMINERIA A CIELO ABIERTO. ZAMIN FERROUS, MINERA ARATIRÍ URUGUAY -	201
4.3.	Validez de análisis por opciones reales ante situaciones de alta incertidumbre y posibilidades de alterar el curso de un proyecto	201
4.3.1.	Situación actual año 2013.	201
4.4.	El Proyecto Aratirí como una inversión secuencial con opciones de proseguir o abandonar en cada etapa.	210
4.5.	El problema de la obtención de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la determinación de su valor.....	216
4.6.	El desarrollo binomial.....	223
4.7.	Conclusión del caso	227
4.8.	Caso de Estudio 3- MINA DE ORO en Paranaita, Matto Grosso, Brasil. COUGAR BRASIL MINERAÇÃO S.A.	230
4.8.1.	Generalidades	230
4.8.2.	El proyecto minero COUGAR MINERAÇÃO BRASIL.	231
	Valoración del proyecto minero aplicando el Valor Actual Neto esperado.....	236
4.8.3.	Valoración por opciones reales, la búsqueda de un valor más ajustado a la realidad de un proyecto minero con posibilidad de acción de parte del <i>management</i>	238
4.9.	El precio del oro como principal fuente de incertidumbre de este proyecto. La aplicación del modelo de reversión a la media.....	239
4.9.1.	Estimación de la Volatilidad del proyecto	246
4.9.2.	La volatilidad del oro como fuente principal de incertidumbre.....	247
4.9.3.	Volatilidad de la Mina una vez modelado el proyecto	248
4.9.4.	Proyección del valor del oro como input básico del modelo	249
4.9.5.	Valoración del proyecto y sus opciones contenidas	252
4.9.6.	Conclusiones generales	253
5.	Caso de estudio 4- Inversión en infraestructura portuaria LOBRAUS PUERO LIBRE S.A. URUGUAY.	255
5.1.	CASO LOBRAUS PUERTO LIBRE S.A., URUGUAY.	255
5.2.	Situación de LOBRAUS actual en síntesis (año 2013).....	255
5.3.	El Proyecto TORRE LOBRAUS.....	256
5.4.	Un proyecto en terrenos públicos portuarios.....	256
5.5.	El financiamiento de un proyecto con VAN negativo, un problema a resolver.	260
5.6.	El Proyecto TORRE LOBRAUS visto como una inversión secuencial con opciones de proseguir o abandonar en cada etapa	262

5.7. El problema de la obtención de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la determinación de su valor.....	264
5.8. El desarrollo binomial.....	266
5.9. La necesidad de financiamiento de un proyecto con fuertes expectativas y opciones contenidas pero con VAN negativo.....	269
5.10. Las acciones de la empresa como opciones sobre el activo de la misma. Una solución para la búsqueda de financiamiento	272
5.11. Financiamiento de terceros como opción de compra de acciones ordinarias de la propia empresa	275
5.12. Opción de venta sobre los activos en poder de los propietarios.....	276
5.13. El valor actual de la empresa y el efecto de la deuda	276
5.14. Propuesta de financiamiento como opción de compra	277
5.15. Una oportunidad adicional para la promoción del proyecto. El financiamiento del proyecto a una tasa inferior a la correspondiente al nivel de riesgo del proyecto.	279
5.16. Conclusiones generales	280
6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	283
6.1. Verificación de las hipótesis planteadas inicialmente	283
6.2. Conclusiones finales	290
BIBLIOGRAFÍA	301
ANEXOS	316
ANEXO: CASO MINA ORO BRASIL : CUADROS Y SIMULACION	316
ANEXO CASO ARATIRI.....	328
ANEXO : CASO INSTITUT PASTEUR	334
ANEXO : CASO LOBRAUS PUERTO LIBRE URUGUAY S.A.....	360

Ilustración 1 Proceso general de investigación y desarrollo de un fármaco.....	22
Ilustración 2 Proceso de desarrollo de fármaco desde el Pre-descubrimiento hasta la llegada al mercado	23
Ilustración 3 : Opción Compuesta con incertidumbre tecnológica (Riesgo Privado).....	34
Ilustración 4 Opción Compuesta Arcoiris con dos fuentes de incertidumbre incorrelacionadas (Riesgo de Mercado y Riesgo Privado)	35
Ilustración 5 Fases de desarrollo de fármaco, inversiones y probabilidades de éxito...	39
Ilustración 6 Proyecto a evaluar y búsqueda de MAD	64
Ilustración 7 Búsqueda de Activo Gemelo y tasa de descuento resultante a aplicar	65
Ilustración 8 Actualización del valor ponderado del proyecto a la tasa del activo gemelo.	65
Ilustración 9 Destrucción de valor ante la aplicación de VPN	65
Ilustración 10 Portafolio de réplica y Ley de un solo precio	66
Ilustración 11 Árbol de decisión y comparación con el VPN tradicional.....	67
Ilustración 12 aplicación de opciones reales.....	67
Ilustración 13 coincidencia de resultados al aplicar al árbol de decisión la tasa ajustada al riesgo.....	68
Ilustración 14 Riesgo de un proyecto	79
Ilustración 15 ejercicio de una opción, su coste y pérdidas y ganancias limitadas.	80
Ilustración 16 Correspondencia entre opciones financieras y reales	81
Ilustración 17 - Valor Actual Penalizado (Gómez-Bezares)	103
Ilustración 18 Distribución estadística de precios en mercado eficiente (Natembreg)	106
Ilustración 19 Distribución normal de precios en mercado eficiente	107
Ilustración 20 Volatilidad y riesgo	107
Ilustración 21 Evolución IBEX35 1989-2008	109
Ilustración 22 Histograma IBEX 35 1989-2008	110
Ilustración 23 Evolución IBEX 35 en período de baja 2011-2012.....	110
Ilustración 24 Histograma IBEX 35 2011-2012	111
Ilustración 25 la incertidumbre y el aumento de valor	113
Ilustración 26 Cono de incertidumbre.....	114
Ilustración 27 La resolución de la incertidumbre desde una visión del cono de la incertidumbre y el rango de distribución de resultados.	115
Ilustración 28 La presencia de opciones reales modifica la exposición a la incertidumbre externa.....	116
Ilustración 29 Flexibilidad e incertidumbre	117
Ilustración 30 Determinación de la Volatilidad Implícita	120
Ilustración 31 las opciones de crecimiento y el tiempo	124

Ilustración 32 asimetría entre pérdidas y ganancias en la tenencia de una opción. ...	126
Ilustración 33 Proceso de difusión binomial de un solo período.	132
Ilustración 34 Evolución de la opción en un solo período.	133
Ilustración 35 Ratio de cobertura de la posición en opciones	134
Ilustración 36 difusión binomial multiperíodo multiplicativa	138
Ilustración 37 Valoración de la prima de la opción de compra según un modelo binomial.	139
Ilustración 38 Reticulado binomial y recursivo para determinación del valor de la opción.	140
Ilustración 39 VAN Medio del desarrollo de fármaco IPM.....	184
Ilustración 40 Comparativo de tasas de aprobación por fase 1996-1999 y 2000-2003	188
Ilustración 41 Árbol de decisión del desarrollo del fármaco.....	189
Ilustración 42 Desarrollo binomial del fármaco en fase INADA.	198
Ilustración 43 Diferencias en medición de Valor. VPN ajustado por probabilidades y Valor del proyecto con opciones.	200
Ilustración 44 Estudio Definitivo de Factibilidad de la Minera Aratirí.	201
Ilustración 45 Minera Aratirí Próximas etapas de inversión.	202
Ilustración 46 Minera Aratirí. Proyecto Ejecutivo, Construcción de Plante y Operación.	202
Ilustración 47 Proceso de autorizaciones ambientales en Uruguay.	203
Ilustración 48 Trabajos de exploración	204
Ilustración 49 Remediación de los trabajos de exploración.....	205
Ilustración 50 Flexibilidad e Incertidumbre.....	208
Ilustración 51 Proceso de difusión de valor.	213
Ilustración 52 Actualización a la tasa libre de riesgo.....	214
Ilustración 53 Cálculo del valor de la opción	215
Ilustración 54 Cálculo de valor con riesgo privado.....	215
Ilustración 55 información de partida para cálculo de valor de la explotación minera	219
Ilustración 56 Análisis del VAN simple	220
Ilustración 57 Cálculo de VAN ajustado por la probabilidad.....	221
Ilustración 58 visualización de la estimación anual de la volatilidad del proyecto.....	223
Ilustración 59 Comparación entre VPN tradicional y la opción de invertir	226
Ilustración 60 Cotización histórica Oro 2000-2012	242
Ilustración 61 Cotización Oro 2010-2012	244
Ilustración 62 cotización oro histórica 2000-2012 y proyección 2012-2020	244
Ilustración 63 grado de ajuste de proyección del precio de oro	245
Ilustración 64 Ajuste de proyección por reversión a la media y últimas cotizaciones históricas.....	245
Ilustración 65 Gráfico de la volatilidad anual y la promedio de la mina de oro	249

Ilustración 66 Histograma para el año 2012 de los retornos esperados luego de 1000 simulaciones probabilísticas.....	249
Ilustración 67Proyección precio del oro a largo plazo	251
Ilustración 68 Comparativo entre VPN ajustado por probabilidades y el Valor del proyecto con opcionalidades a nivel de Ingeniería de Perfil.	252
Ilustración 69 Estimación de la volatilidad del proyecto mediante simulación.....	265
Ilustración 70 Lobraus: VAN ajustado por probabilidad y valor de la opción de invertir en el proyecto.....	269
Ilustración 71 Lobraus: histograma de rendimientos simulados	278
Ilustración 72 Explotación minera Aratirí, Uruguay. Comparativo de VPN ajustado por probabilidad y Opción de invertir.....	285
Ilustración 73 Cougar Brasil Mina de Oro. VPN ajustado por probabilidades y Valor del proyecto con opciones	286
Ilustración 74 Institut Pasteur de Montevideo. Valor del proyecto con opciones al inicio de sus fases.....	286
Ilustración 75 Lobraus Valor presente ajustado por la probabilidad y valor de la opción de invertir.	287
 Tabla 1 Valor ante Asimetría de la tenencia de un derecho y Flexibilidad de acción visto como una opción.	45
Tabla 2 Efectos en las opciones de compra y venta ante cambio de variables de una opción	82
Tabla 3 Opción de espera	88
Tabla 4 Opción de aprendizaje	89
Tabla 5 Opción de ampliar.....	91
Tabla 6 Opción de reducir	93
Tabla 7 Opción de abandono.....	95
Tabla 8 Opción de cierre temporal.....	97
Tabla 9 Opción compuesta	99
Tabla 10 Valor Actual Penalizado (VAP)	103
Tabla 11 Determinación de valor teórico de una opción	131
Tabla 12 Probabilidades de éxito de cada fase del desarrollo de un fármaco.....	186
Tabla 13 Probabilidades de éxito por fases clasificadas por enfermedades a tratar y su probabilidad compuesta de éxito.....	187
Tabla 14Cálculo del VAN del proyecto siguiendo el Árbol de Decisión.	190
Tabla 15 Determinación de la volatilidad de cada fase del desarrollo del fármaco	195
Tabla 16 Parámetros para la aplicación del desarrollo binomial	197
Tabla 17Estimación de las volatilidades anuales del proyecto ARATIRI	222
Tabla 18 Parámetros para el desarrollo binomial.	224
Tabla 19 Desarrollo binomial.....	225

Tabla 20 Fases técnicas y comercial de la Mina, probabilidades e inversiones involucradas.....	233
Tabla 21 Probabilidad por fase y probabilidad condicionada	236
Tabla 22 Valor Actual de los flujos de caja esperados e inversiones necesarias ajustados a las probabilidades de cada fase.....	237
Tabla 23 comparación de la estimación por reversión a la media efectuada en base a serie 2000-2012 a cotizaciones más recientes en el tiempo.	246
Tabla 24 volatilidad histórica del oro	247
Tabla 25 Aplicación de MAD (Copeland y Antikarov), Volatilidad anual resultante y volatilidad promedio	248
Tabla 26 cotizaciones y rendimientos del oro promedio, desvíos, máximas y mínimos	250
Tabla 27 Proyección de precio de oro por reversión a la media.....	250
Tabla 28 Comparativo de Valores considerando las opciones contenidas y el VAN Esperado de la Mina	252
Tabla 29 Lobraus: etapas de las inversiones, probabilidades y desembolsos correspondientes.....	258
Tabla 30 Lobraus: Probabilidad condicionada.....	258
Tabla 31 Lobraus VAN y probabilidad acumulada.....	260
Tabla 32 Lobraus: Parámetros y desarrollo binomial.....	266
Tabla 33 Lobraus desarrollo binomial para la aplicación de opciones sobre acciones de la compañía.	279
Tabla 34 Lobraus diferencial de rendimiento del financiamiento y las opciones sobre acciones	280
Tabla 35 Resumen de valores obtenidos en los proyectos analizados	283

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 La búsqueda de un justo valor a proyectos y empresas de valoración compleja

En el mundo empresarial existen numerosas anécdotas y hasta casos debidamente documentados de emprendedores que habiendo encontrado opiniones contrarias a sus sueños, emprenden una aventura desarrollando exitosos proyectos de inversión que se consolidan como empresas sólidas y pujantes años después. Estos emprendimientos tienen en común que no son de generación espontánea, sino todo lo contrario, a través del tiempo pasan diversas etapas las que cada una constituye un verdadero examen a esa idea inicial, donde una fase condiciona a la otra hasta llegar al éxito, en síntesis hasta llegar al mercado.

Cada etapa involucra diversas inversiones además de ciertos riesgos propios de cada una de ellas, riesgos técnicos en un caso y yendo hacia el lanzamiento propiamente dicho, riesgos de mercado.

El empresario, por su filosofía emprendedora, no tiene una actitud estática observando su emprendimiento como un espectador, sino todo lo contrario. Manifiestan frecuentemente que puede operar de diversas formas sobre sus proyectos, a veces más y otras menos, pero siempre tienen la certeza que puede incidir en la vida de los mismos. En definitiva lo relatado es una de las bases del emprendedurismo.

Pero en realidad, ¿pueden siempre actuar en sus proyectos?. Si. En mayor o menor medida, se puede ejercer algún control. Incluso en aquellos de aparente baja flexibilidad operativa el empresario puede generalmente generar diversos cambios durante su ejecución e incluso retirarse del negocio si las circunstancias así lo determinan.

¿Genera valor este tipo de accionar?

Claramente si. De hecho, eludir mayores pérdidas que son evitables y medir esta acertada decisión genera un valor superior que es de difícil medición por cualquier método tradicional.

Otros casos donde la posibilidad de crecimiento existe, es un ejemplo más que claro de la posibilidad de accionar y el valor que genera debe ser medido en una adecuada valoración.

Los proyectos son diferentes uno de otro, por lo que una metodología rígida que contempla a todos de similar forma parece no adecuado para su valoración. La visión de esta Tesis es que cada valoración debe ser como “un traje a la medida” ajustándose a las características del proyecto.

La recurrencia entonces a algunos métodos estáticos de uso corriente, como ser los basados en múltiples o menos usados pero aun presente los métodos patrimoniales, parecen estar fuera de cualquier discusión de valor en este marco de análisis empresarial dinámico, pero otros como los basados en descuento de flujos de fondos (DCF en inglés: *Discounted Cash Flow*) muy aceptados desde hace décadas y sólidos en sus bases conceptuales y otros más recientes como los basados en Opciones Reales parecen ser los más ajustados a esta realidad empresarial.

Entonces, ¿cuál es el método más adecuado para valorar proyectos con estas características?

Este tipo de proyectos, tienen sin dudas un abordaje más complejo para su análisis que otros emprendimientos, también reales en el mundo empresarial, pero más concretos y sencillos en su planteamiento y hasta con implantaciones de menor extensión temporal que involucran inversiones irreversibles generalmente en una única fase, casi sin riesgo privado, con pocas opciones para actuar sobre ellos.

Se impone la necesidad de valorar dichos proyectos complejos contemplando las opciones contenidas ya que de otra forma se minusvaloran esos emprendimientos llegando incluso a la posibilidad de obtener situaciones de decisión contradictorias por un método u otro, resultado éste que no condice

con la actitud empresarial, demostrando que la dinámica de las opciones reales está más próxima a la filosofía empresarial que otras alternativas.

La presente tesis, tratará de demostrar la supremacía de las opciones reales frente a otras formas de valoración a la hora de valorar proyectos con diversas fases en su desarrollo sujetas a probabilidades de éxito o fracaso, donde se involucra riesgo privado y de mercado, con diversas inversiones condicionadas unas a otras.

Proyectos de inversión desarrollados en industrias como la farmacéutica, la minera, tecnológica de diversas áreas e industriales, entre otras tantas, que impliquen diversos desembolsos de fondos con destino a la inversión correspondiente a cada uno de ellos, son generalmente realizados de forma gradual a través del tiempo. Su objetivo es generar por medio de esas erogaciones, además de ciertos activos tangibles generalmente de fácil determinación, otros intangibles también muy valiosos como el conocimiento y diversos derechos propios de las empresas que acometen dichos proyectos. Estos emprendimientos generalmente revisten ciertas complejidades y necesitan ser adecuadamente valorados.

Al mencionar la necesidad que los proyectos deben ser “adecuadamente valorados”, probablemente el término “adecuado” esté asociado al valor buscado dentro de ciertas características, implica incorporar en su concepto el ajuste a ciertas condiciones o circunstancias propias de cada proyecto o empresa. La incorporación de estos ajustes al valor básico ofrecido por abordajes tradicionales será en cierta forma el punto de partida para la búsqueda del justo valor o *fair value* para proyectos de inversión o empresas que tienen distintas características y posibilidades de operar por sí mismos. En muchos casos quienes tienen a cargo su gestión pueden ejercer cambios en el curso de ellos, alterando significativamente su valor. Esta característica de flexibilidad operativa que algunos emprendimientos tienen es la que otorga ese rasgo de complejidad añadida a la hora de valorarlos pero que a su vez, implica la existencia de valores adicionales a determinar y valorar a modo de un valor ampliado.

Un sector que describe claramente esta necesidad de búsqueda del justo valor de esa cadena de derechos contenidos y activos tanto tangibles como intangibles es el biotecnológico. Justamente, no es casual que muchos autores hayan efectuado diversas investigaciones que sirven para extrapolar esos conocimientos hacia otros sectores de la economía.

Ello se hace a los efectos ayudar a comprender este cambio de paradigma en el concepto de valor e ilustrar estos fenómenos de valoración de derechos y bienes tangibles e intangibles contenidos en el desarrollo a largo plazo de un proyecto o de firmas que tienen bajo ella el desarrollo y comercialización de varios proyectos. Se cita a continuación una breve descripción del sector biotecnológico, sector de la economía que reúne estas características y ha sido vastamente estudiado.

En 1976 Herbert Boyer y Robert Swanson fundaron Genetech Inc., considerada como la primera compañía biotecnológica dedicada al desarrollo y comercialización de productos en el ADN recombinante, produciendo poco después de su fundación la primera proteína humana fabricada a partir de una bacteria, la somatostatina.

Luego de este fuerte comienzo, en 1978 Genetech anuncia su entrada a la bolsa de valores de Nueva York, siendo considerada como la primera empresa biotecnológica en ingresar al mercado de valores.

En la década de 1980 se introduce la técnica de caracterización de ADN para identificación humana¹. La compañía belga Plan Genetic Systems introdujo modificaciones genéticas en plantas para elevar su resistencia al ataque de insectos, entre otros avances biotecnológicos de diversas aplicaciones.

Varios años antes de la finalización del siglo XX la era de las compañías biotecnológicas había comenzado, y con ella una transformación en el concepto del valor.

¹ Alec Jeffreys, 1984 genetista británico que desarrolló técnicas de la huella genética y del perfil del ADN.

Ya en el año 2000 las empresas de biotecnología eran las que presentaban los valores con más potencial en los mercados². Desde que la empresa Celera Genomics descubrió el mapa genético humano, su cotización experimentó una importante alza desde los 15,31 dólares por acción en 1999, hasta 135 dólares en abril de 2000. La misma compañía que tenía en 1999 pérdidas de 19 millones de dólares, un año después en 2000, obtuvo ganancias de 15 millones de dólares.

Otro ejemplo es la islandesa De Code Genetics, que debutó en el NASDAQ con 18 dólares por acción y al cierre de la primera jornada llegó a 31, y Transgenomic de Nebraska USA, es otro de los ejemplos de alta cotización, ya que emitió sus títulos a 15 dólares y llegó a 30.

Una pregunta que surge de inmediato ante estos fenómenos es acerca de cómo es posible adelantarse a la determinación de valor de este tipo de emprendimientos que refleje esta realidad observada y qué metodología es la apropiada.

Es generalmente aceptado en ámbitos académicos y empresariales, así como ampliamente demostrado el concepto que el valor que subyace en todo emprendimiento, proyecto de inversión o firma, se basa en la capacidad de generación de ingresos netos futuros. Generalmente en cada emprendimiento existen desembolsos iniciales importantes para dar lugar a las futuras generaciones de fondos, y al medir dichos ingresos en relación con las erogaciones necesarias y ser estas superadas, es allí cuando los emprendimientos se tornan interesantes para los inversores, manifestando la creación de valor del emprendimiento.

El precio de las acciones examinadas de 606 empresas biotecnológicas negociadas en el período 1989-2000 evidencia que los inductores de valor (en inglés: “*value drivers*”) no fueron contrariamente como se hubiese pensado el capital humano, patentes, alianzas estratégicas y *joint ventures*, sino que en el

² RUBIO Gracia, Valoración del sector biotecnológico europeo, la búsqueda de su valor razonable a través de modelos con opciones reales, tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid 2005.

70% de los casos dicho valor fue explicado por los ingresos y cash flows esperados. (Hand, 2001)³

En relación con proyectos biotecnológicos, señala Mascareñas (2005)⁴ que, ante el análisis de la valoración de un proyecto de inversión consistente en el diseño, elaboración y comercialización de una nueva entidad molecular (NEM) que pueda, eventualmente, convertirse en un fármaco que solucione o palie una determinada patología, difiere de la mayoría de los proyectos de inversión debido a una serie de razones que el analista debe considerar, tales como:

- a. Este tipo de proyectos es multietapa, con varias fases, cada una de ellas de larga duración, las que consumen fondos sin generar ingreso alguno hasta su llegada al mercado. La llegada a éste se concreta, eventualmente, luego de una o dos décadas de iniciado el proyecto.
- b. La probabilidad que el proyecto llegue a su término es baja. Bratic, Tilton y Balahrishnan (1997)⁵ cuantifican que uno en 25.000 compuestos que comenzaron las pruebas pre-clínicas alcanzan la fase comercial, o bien según PhRMA (2005) en promedio uno de cada 10.000 posibles NEM llegaría al mercado. En cualquier caso, la probabilidad de llegar al mercado luego de pasar las fases técnicas hasta llegar a la fase comercial, es muy baja.

La Federación Internacional de la Industria del Medicamento (2007)⁶ sostiene que “El proceso de investigación y desarrollo farmacéutico es complejo, largo y arriesgado; por cada medicamento autorizado hay innumerables productos que no llegan a los pacientes, pues la tasa de

³ HAND, John, (2001) The market valuation of biotechnology firm and biotechnology R&D, electronic paper, Kenan-Flagler Business School.

⁴ MASCAREÑAS, JUAN: (2005) "Valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta, Documento de Trabajo 0505 Doctorado de Finanzas, Universidad Autónoma de Madrid, ISSN 1698-8183"

⁵ BRATIC, Walter TILTON, Patricia, BALAKRISHNAN, Mira (1997): "Navigating through a Biotech Valuation" Journal of Biotechnology Research and Regulation vol 4 No.3 pp.:207-216.

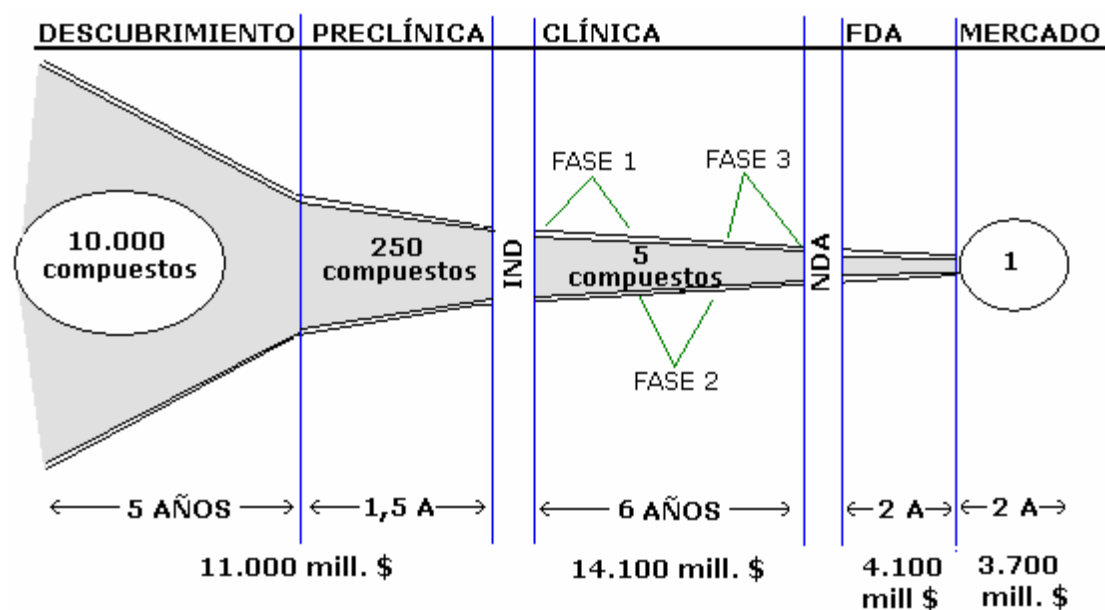
⁶ Plataforma para la Innovación farmacéutica (2007). Cómo atender las necesidades sanitarias esenciales del mundo. Federación Internacional de la Industria del Medicamento. Ginebra.

eliminación en este campo es elevadísima. La industria farmacéutica basada en la investigación soporta el riesgo del desarrollo de medicamentos y vacunas y sigue invirtiendo en investigación para producir medicinas nuevas, para ofrecer tratamientos para enfermedades que antes no se podían tratar y para mejorar tratamientos antiguos.

Las empresas farmacéuticas innovadoras han descubierto y desarrollado la inmensa mayoría de los medicamentos importantes que se utilizan en la actualidad, y siguen lanzando alrededor de 35 productos nuevos e innovadores cada año. Aunque ahora nos parecen normales, algunos de estos medicamentos se consideraron milagrosos en el momento de su lanzamiento. Es importante señalar que el compromiso con la innovación médica está aumentando; en todo el mundo se está trabajando con más de 7.000 productos que constituyen tratamientos o curas potenciales, y de los que sólo unos pocos superarán el proceso de registro y llegarán al paciente”.

Gráficamente se observa claramente lo señalado en un efecto de decantación por fases hasta que un solo compuesto llega al mercado. Luego éste comienza recién su vida comercial en los mercados a los que se dirige con mayor o menor suceso.

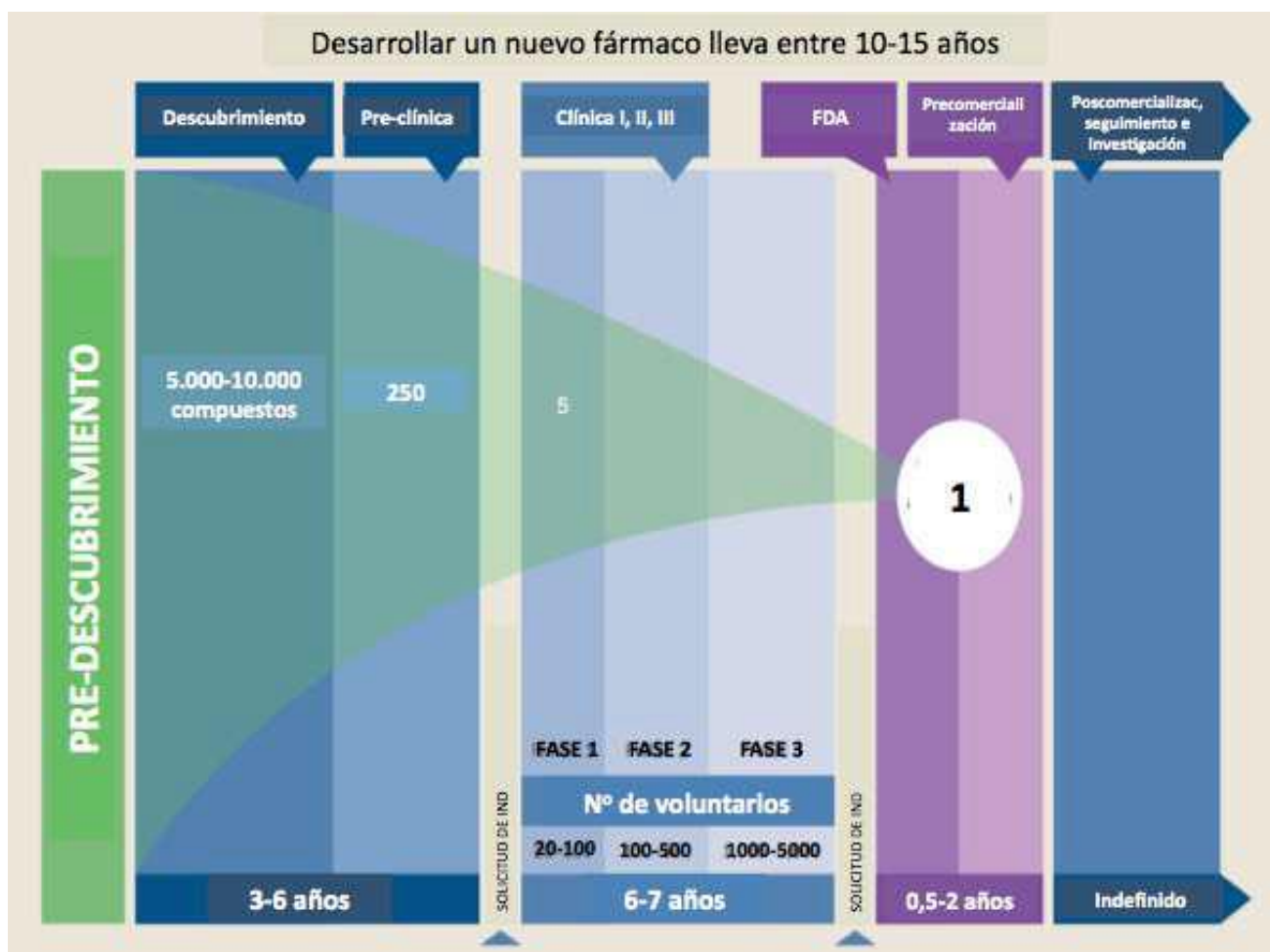
Ilustración 1 Proceso general de investigación y desarrollo de un fármaco



Fuente: PhRMA

Una versión más detallada pero con conclusiones generales similares a la ofrecida en el cuadro precedente, es la presentada por la siguiente ilustración ofrecida por Mascareñas (2012) en base a recientes investigaciones de PhRMA, que añade cierta actualización en la información y mayor detalle pero que reafirma la complejidad y lo azaroso del proceso.

Ilustración 2 Proceso de desarrollo de fármaco desde el Pre-descubrimiento hasta la llegada al mercado



Fuente: Mascareñas 2012

En cuanto a las fases técnicas que necesariamente deben transitarse para que un fármaco llegue al mercado, Kellog, Charnes y Demirer (1999)⁷ plantean varias etapas consideradas como típicas.

⁷ KELLOG, David, CHARNES John, DEMIRER, Riza (1999) : "Valuation of a Biotechnology Firm: An application of real options methodology" 3rd Annual Real Options Conference. Leiden.

Las mismas son seis, más una de post aprobación que puede prolongar la vida del fármaco mediante algunos desarrollos o modificaciones, más allá de su puesta en el mercado en el marco de una protección para el capital intangible.

1. *Descubrimiento*. En esta fase inicial existe un fuerte esfuerzo intelectual en el cual los científicos invierten mucho esfuerzo, tiempo, y capital intelectual para desarrollar una NEM, la que será sintetizada para el desarrollo del fármaco. PhRMA⁸, por su parte refuerza este trabajo intelectual resaltado por los autores señalando que en esta fase inicial donde se produce el descubrimiento de la droga, equipos de investigadores, ingenieros, químicos y físicos pasan horas proyectando cómo obtener resultados masivos de hallazgos individualmente logrados por científicos en su laboratorio.

Las probabilidades de superar este estadio son bajas y muchos intentos por desarrollar este NEM serán fracasos, por ende, la probabilidad técnica de superar esta etapa es bajísima.

2. *Pre-clínica*. Sintéticamente es en esta etapa cuando se analiza si la NEM candidata al desarrollo del futuro fármaco genera algún tipo de toxicidad farmacológica o efectos adversos.

Es en esta fase dónde se realiza el *screening*, que es un análisis preliminar de un gran número de moléculas con el fin de seleccionar aquellas que pueden ser de utilidad.

El estudio se realiza en dos fases, primeramente “in vitro” para posteriormente realizar pruebas en animales. Recién cuando las pruebas se superan y la NEM es prometedora, la compañía solicitará a la FDA (*Food and Drug Administration USA*) o la EMEA (*European Medicine Control Agency, UE*) una INDA (*Investigational New Drug Application*).

⁸ www.phrma.org/research-development

Una INDA, una vez aprobada, le permite pasar a las fases clínicas, que son tres, esenciales para el desarrollo final del fármaco, y se prueban en seres humanos.

Esta fase puede extenderse por aproximadamente 1 año, excluyendo la fase burocrática de solicitud a la FDA o a la EMEA de la correspondiente INDA, que puede insumir entre 6 y 12 meses.

3. *Fase clínica I.* En esta fase se practican una serie de pruebas sobre un número pequeño de personas sanas voluntarias, usualmente entre 20 y 80. Dichas pruebas ofrecerán valiosa información acerca de la toxicidad y límites de tolerancia de las diferentes dosis en las personas, así como el grado de absorción y distribución del fármaco en el cuerpo humano, sus efectos metabólicos, y la forma y velocidad con que el cuerpo es capaz de eliminarlo.

4. *Fase clínica II.* En esta etapa el fármaco se administra a un mayor número de individuos seleccionados –entre 100 y 300-. Es una etapa de medición del potencial Beneficio en función del Riesgo asociado a consumirlo.

En esta fase se trata, por lo tanto, de personas con la patología-objetivo a tratar.

Esta etapa debe proporcionar una evidencia significativa sobre la eficacia del fármaco y aumentar el grado de conocimiento sobre su seguridad de aplicación.

5. *Fase clínica III.* En esta etapa se realizan pruebas masivas sobre un gran número de pacientes⁹.

El objetivo perseguido es la obtención de claras evidencias de la eficacia del fármaco.

⁹ Según PhRMA en esta fase las pruebas alcanzan a unos 1000 a 5000 pacientes voluntarios y se realizan en clínicas y hospitales.

Es una fase que busca que los resultados sean estadísticamente significativos y que las reacciones adversas no existan o sean muy poco frecuentes.

En esta etapa se trata de reflejar al mercado del fármaco en cantidades estadísticamente representativas. Su duración es de 28 a 32 meses.

6. *Archivo y revisión en la FDA*. Si la empresa ha terminado todas las pruebas clínicas y considera que reúne la información necesaria para su aprobación, enviará un NDA (*New Drug Application*) a la FDA para su revisión. La duración de esta fase es de 1 a 2 años.

Este requisito es previo a la fase de comercialización del fármaco.

7. *Post-aprobación*. Una vez el fármaco en el mercado, es usual que se continúen realizando investigaciones adicionales que apoyen la comercialización del producto, también para buscar desarrollos adicionales del mismo (por ejemplo, fórmulas alternativas y dosificaciones para niños u otro tipo de pacientes especiales) u obtener información sobre daños colaterales del fármaco.

La probabilidad -una vez llegado a su fase comercial- que el proyecto genere liquidez suficiente para que el emprendimiento sea rentable, es baja también.

En relación a este último punto y considerando el estudio de Myers and Howe (1997) se destaca que al alcanzar la droga el estadio comercial, puede observarse alguna de las siguientes categorías:

- *dog*
- *below average*
- *average*
- *above average*
- *breakthrough*

Los autores destacan diferentes máximos de ingresos para cada escenario así como aspectos de duración de etapas y costos asociados.

Este máximo de cada categoría se espera que ocurra antes de que expire la patente que las protege, ya que comenzarán luego de este evento a aparecer competidores y genéricos que harán caer las ventas rápidamente. Myers y Howe¹⁰ no incluyen en sus estudios los ingresos provenientes de la comercialización del fármaco luego de la expiración de la patente, seguramente porque no eran relevantes para su análisis, como lo observan Kellogg y Charnes (2000)¹¹

Bratic, Tilton y Balakrishnan (2000)¹² se plantean cuál es la fuente de valor de una compañía biotecnológica, y aseguran que esta pregunta es recurrente entre las propias corporaciones, inversores y banqueros como cualquiera que invierta su capital en una compañía biotecnológica. Señalan que, desafortunadamente, no hay una respuesta definitiva a esta pregunta inicial, indicando que no es aplicable una metodología de valoración estándar para determinar su valor. Cada aproximación involucra variables que están, a su vez, compuestas por otras variables adicionales.

Por ende, sostienen que no hay un método para aislar un escenario específico y afirmar con un grado razonable de certeza, que el escenario específico o evento ocurra, o quizás por ejemplo preguntarse; ¿cómo puede preverse la futura cuota de mercado para el proyecto, cuando ni el producto ni el mercado existen hoy?

Frente a semejante incertidumbre, la valoración de una empresa de biotecnología –y extensiva a otras empresas pertenecientes a áreas con proyectos de similar perfil- parece ser un esfuerzo desafiante muy diferente a los necesarios para la valoración de otros emprendimientos con menores niveles de incertidumbre.

¹⁰ MYERS, S.C., and C.D. Howe (1997): “A Life-cycle Financial Model of Pharmaceutical R&D”, Program on the Pharmaceutical Industry, MIT

¹¹ KELLOGG J CHARNES, M. (2000) : “Real options valuation for a biotechnology company” Financial Analyst Journal, Mayo-Junio 2000, pp 76-84.

¹² BRATIC V.W., TILTON P. BALAKRISHNAN M. (2000): “Navigating through a Biotech Valuation”, Journal of Biotechnology in Healthcare Research and Regulation, Vol.4, No.3, 2000: PricewaterhouseCoopers

Son emprendimientos donde aspectos como la negociación de alianzas estratégicas y acuerdos empresariales, concesión de licencias entre otros, serán parte importante de su valor, aunque no los únicos.

Concluyen los autores que el justo valor de la firma o del proyecto deriva del valor de la propiedad intelectual de la empresa.

Para la mayoría de compañías de alta tecnología, la proporción de activos tangibles e intangibles es mínima.

Gómez Bezares (1998)¹³ –al igual que la mayoría de la academia, empresarios y directivos - sostiene que el objetivo fundamental de las empresas es la creación de valor, y unida a esta está la medición de este valor creado (por ej. mediante el cálculo del VAN) lo que implica la existencia de identificación de inversiones materiales en ciertos activos. Pero no es la única inversión en la firma. El profesor Gómez – Bezares sostiene que no son pocas las empresas de mayor éxito cuya característica distintiva es un intangible, ya sea su organización, capacidad de planificación, su visión estratégica, tácticas diferentes, etc., en definitiva “el valor de las ideas” como le llama el académico.

En estos intangibles suele invertirse también para crear valor.

Cierra su ponencia concluyendo que el concepto de la tecnología de gestión puede entenderse como el proceso de generación, desarrollo y puesta en práctica de ideas que tratan de crear valor.

El desafío para las compañías biotecnológicas es la conversión de la propiedad intelectual en flujos de ingresos, por cierto con la esperanza de altos ingresos donde existe estricta regulación gubernamental y largos procesos de aprobaciones.

El caso específico de la valoración de un fármaco en proceso de desarrollo plantea desafíos para el establecimiento de su valor a lo largo de este proceso. Algo fundamental para largos proyectos en los que existe la posibilidad de venta intermedia de patente o bien de eventuales asociaciones con otras firmas para completar su desarrollo.

¹³ GÓMEZ BEZARES, F. (1998) Las finanzas y la creación de valor, ed. Columna Comunicació Barcelona.

1.1. Proyectos con riesgo privado y de mercado

Cualquiera sea la etapa en que se encuentre el fármaco en desarrollo, es observable que cada fase se caracteriza por una importante inversión en desarrollo del fármaco asociado a una nula captación de ingresos, ya que seguramente está muy lejos de su fase comercial. Además, cada fase está asociada a un riesgo técnico o privado de lograr cada suceso, con una baja probabilidad de éxito de superar la fase y así pasar a la siguiente hasta llegar a la fase comercial donde el riesgo ya tiene otro carácter, el riesgo de mercado.

Lamothe y Méndez (2013) señalan que es en esta fase donde existe una estrecha correlación con la cartera de mercado y puede ser medida mediante el modelo *CAPM* (en inglés *Capital Asset Pricing Model*) específicamente por su coeficiente Beta. A diferencia del riesgo privado, el riesgo de mercado no puede ser eliminado mediante la diversificación, ya que proviene del mercado en su conjunto.

En suma; estamos ante dos tipos de riesgo. Uno de origen técnico o privado de cada emprendimiento durante todo el desarrollo del producto (fármaco, tecnología, explotación de recursos, etc.) cuya correlación con el mercado es nula ya que no depende de éste y sí del propio proyecto, y otro, de origen comercial o de mercado que acompañará al producto (fármaco, mineral, producto tecnológico etc.) una vez llegado a la fase comercial por toda su vida útil.

Luego de describir (con un eje en el sector biotecnológico) aspectos propios de proyectos multietapas, con desembolsos graduales e involucramiento de distintos tipos de riesgos, se podrá observar que algo similar sucede en otros sectores que comparten características comunes.

En el sector minero, donde el desarrollo de una mina debe pasar por una serie de fases hasta su producción mineral y llegada al mercado, se puede efectuar también una descripción de estas fases que presentan cierto paralelismo con las descritas para el sector biotecnológico.

A los efectos de observar ciertas similitudes entre proyectos de diversas áreas que tienen características similares, se expone a continuación una descripción de la estructura de proyectos en minería utilizada por CODELCO (Chile).

Es así que la Compañía define las fases de una explotación minera en:¹⁴

Ingeniería de Perfil: Es la etapa de identificación de las oportunidades para el desarrollo de los proyectos. En Codelco, de acuerdo con el Sistema de Inversión de Capital (SIC), esta etapa la realiza el Cliente, vale decir la División que operará el futuro activo cuando el proyecto esté terminado.

Ingeniería Conceptual (Prefactibilidad): Es la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos. En Codelco, esta etapa la realiza el Gestor – Ejecutor, vale decir la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP).

Ingeniería Básica (Factibilidad): Es la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada. En Codelco, esta etapa la realiza la VCP.

Ejecución de la Inversión: Es la etapa que completa el diseño detallado del activo que se va a construir y en la que se realiza la construcción, montaje y puesta en marcha del mismo, donde se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad. En Codelco, esta etapa la realiza la VCP.

Operación: Es la etapa en que el nuevo activo entra en producción, siendo operado de acuerdo con el diseño del proyecto. En Codelco, esta etapa la realiza el Cliente.

Entre una y otra fase se generan las inter-etapas, para los procesos de revisiones y aprobaciones

Lo interesante y como similitud con desarrollos de otros sectores como el biotecnológico citado previamente, es que cada fase tiene probabilidades de

¹⁴ www.codelco.com Proyecto Chuquicamata, Codelco, Chile.

éxito que deben ser superadas para pasar a la siguiente (riesgo privado) hasta llegar a la fase de explotación comercial de la mina. Es cuando comienza la extracción del mineral y se concretan previamente al inicio de esta fase, las mayores inversiones del proyecto. Por lo que, de existir posibilidades de operar sobre la ejecución del emprendimiento y evitar importantes inversiones o gastos de lanzamiento en caso que las condiciones no sean las deseadas, el proyecto evitará innecesarios desembolsos. He aquí la importancia de detectar estas posibilidades de operar sobre el proyecto y medir el valor de estos derechos de ejecutar cambios en él.

No todos los sectores son tan estudiados, analizados y organizados como el biotecnológico y el minero citado a modo introductorio, en los que existe variada información disponible y conocimiento acumulado que facilita el análisis de valor. Sin embargo, no son los únicos sectores que contienen proyectos de inversión con características similares. Hay proyectos que quizás sean más difíciles de agrupar por sectores y por ende sin información sistematizada (por ejemplo: probabilidades de ocurrencia de fases de desarrollo, volatilidades, etc.) pero que contienen las características generales citadas (por ejemplo: inversión por fases, ingresos a largo plazo, riesgo privado y de mercado, flexibilidad empresarial en ellos). Serán objeto de análisis de la presente tesis, ya que se trata de proyectos que tienen una valoración más compleja y que atesoran mayores valores que mecanismos tradicionales de valoración no logran captar y medir, como los que implican construcciones y habilitaciones por etapas, así como lo son emprendimientos logísticos, construcciones especiales, desarrollos inmobiliarios, entre otros, que pueden tener este tipo de perfil de inversión gradual, con etapas condicionadas al éxito de la etapa inmediata anterior para su concreción y desembolso de inversión correspondiente, que podrá ser llevada a cabo o no dependiendo de la voluntad y conveniencia de sus promotores. Esta potestad o conjunto de derechos (opciones) debería ser medida en lo posible para valorar estos proyectos adecuadamente.

1.2. Riesgo privado y riesgo de mercado como fuentes de incertidumbre

Una de las formas de estimar la volatilidad es modelando los diferentes parámetros que constituyen fuentes de incertidumbre. En base a ellos estimar la volatilidad del proyecto a partir del efecto que tiene su volatilidad en el valor del proyecto, siguiendo el mismo un proceso de desarrollo geométrico Browniano.

El desarrollo de un árbol de eventos binomiales con períodos pequeños de medición es un recurso valioso en aras de lograr mayor precisión en la determinación de los valores resultantes. Este proceso es al que se ha recurrido en la presente tesis, a los efectos de valorar los diferentes proyectos expuestos en los casos analizados.

Copeland y Antikarov sostienen que el supuesto detrás de esta metodología es que la incertidumbre integrada con respecto al proyecto se resuelve continuamente a lo largo del tiempo.

Sin embargo, para muchos autores, la principal fuente de incertidumbre de los proyectos está relacionada con la tecnología propia de los mismos, los cambios en la regulación que los rige, los diversos movimientos que efectúe la competencia, entre otros.

La mayoría de esas incertidumbres no se resuelven sin problemas con el paso del tiempo en un proceso de movimiento Browniano, sino recién cuando la información está disponible.

En este sentido, la asimetría en los cambios de valor que demuestran algunos proyectos que combinan incertidumbre técnica y de mercado se debe a que gran parte de los cambios ocurren en determinados puntos en el tiempo. Por ejemplo, en los casos donde se desarrolla un fármaco y el hito de aprobación o no del mismo por la autoridad sanitaria genera de inmediato una corriente estimada de fondos importante si es afirmativa la aprobación, y cero si es denegada.

Ante esta problemática, Copeland y Antikarov plantean que es necesaria la construcción de un árbol de decisiones que permita la óptima ejecución conforme a la información disponible y para ello plantean separar las incertidumbres y modelar su interacción con el valor del proyecto.

Tratar de separar las fuentes de incertidumbre genera mayor conocimiento acerca del propio proyecto e, indirectamente, acerca del emprendimiento y la interacción de diversas fuentes de incertidumbre.

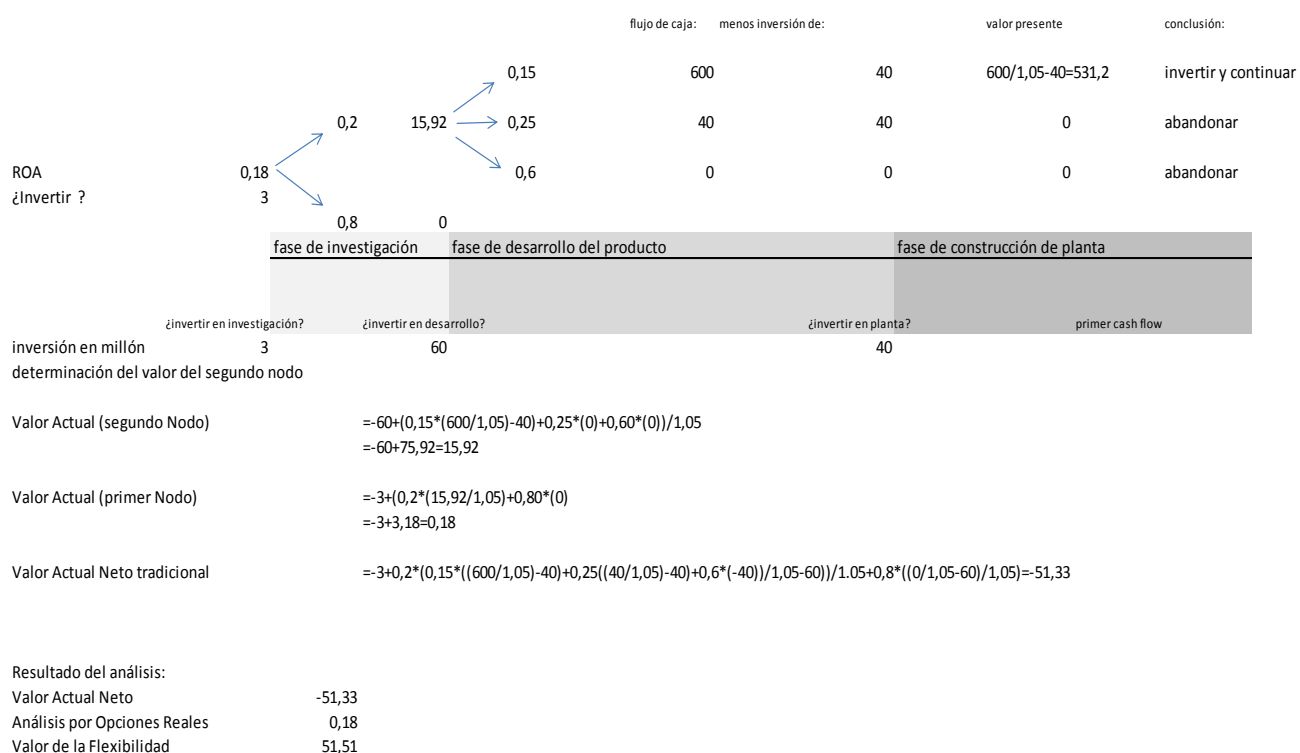
Las opciones reales en proyectos multietapa tienen frecuentemente dos fuentes de incertidumbre, una de producto/mercado (como la llaman Copeland y Antikarov) y otra de origen tecnológico o privado.

En la primera de las fuentes, producto/mercado, los autores destacan que la misma tiene fuerte influencia en los precios, los que en el presente son conocidos y difusos en el tiempo, siguiendo un proceso Gauss-Wiener independiente de la variable temporal. Mientras que la segunda de las fuentes, la tecnológica, es independiente de las condiciones de mercado, con aspectos de poca claridad presentes pero que se diluyen en el tiempo al desarrollarse la propia investigación.

La resolución de este tipo de opciones contenidas tienen la característica de una opción compuesta tipo arcoiris (en inglés : *compound rainbow option*).

En suma, se entiende que la incertidumbre de producto/ mercado está correlacionada con el mercado y aumenta con el tiempo y mientras que la tecnológica tiene un solo foco de incertidumbre no correlacionado con el mercado que decrece con el tiempo. Gráficamente se observa a continuación la interacción de ambas fuentes de incertidumbre en un determinado proyecto y su efecto en el valor del mismo de una forma gradual, primero con una fuente y luego con ambas.

Ilustración 3 : Opción Compuesta con incertidumbre tecnológica (Riesgo Privado)



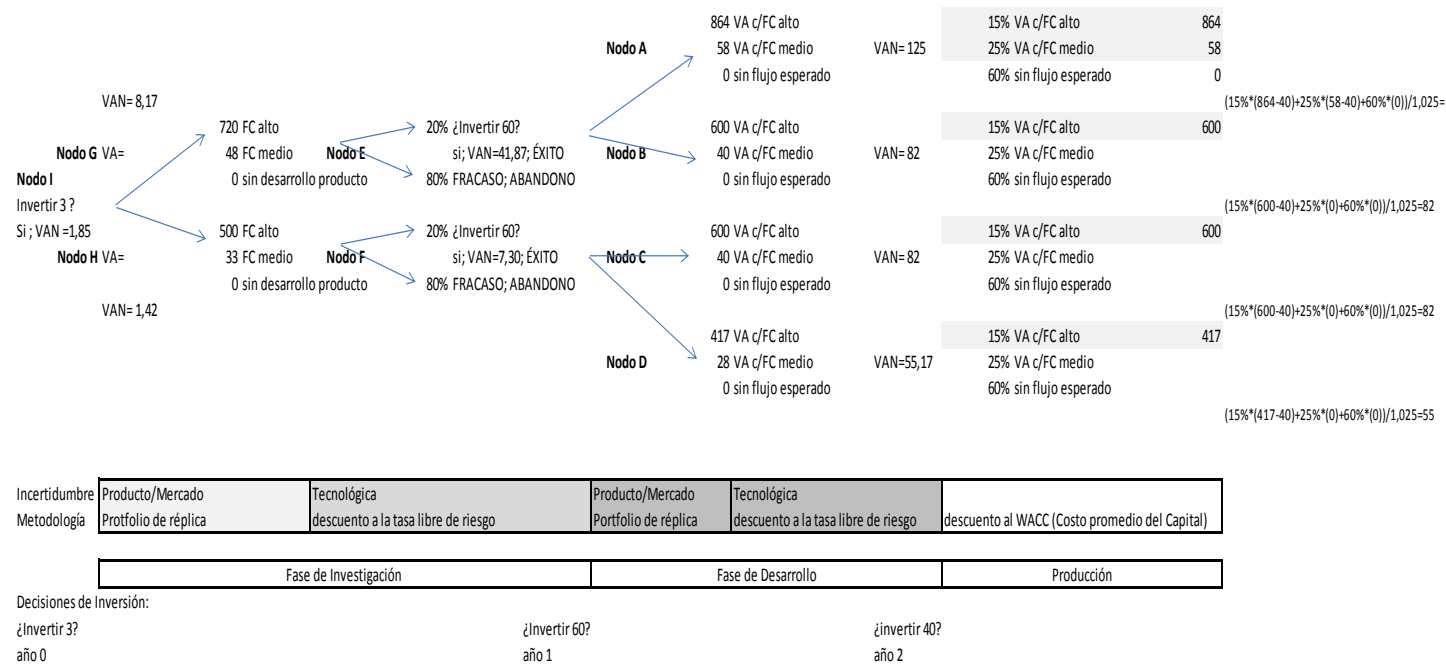
Fuente: elaboración propia adaptado de Copeland y Antikarov

A continuación se presentará el análisis de la incertidumbre desde un ángulo diferente, introduciendo dos fuentes. Una correlacionada con el mercado, que implica que el flujo de caja resultante está afectado por una tasa de descuento que considera el riesgo del negocio. Otra cuando el riesgo tecnológico es ajeno al que la compañía asume en su fase comercial, por lo que la tasa de descuento es la que excluye el riesgo del negocio, o sea la tasa libre de riesgo.

El ejemplo adaptado de Copeland y Antikarov exhibe claramente el tratamiento de ambas fuentes de incertidumbre. Se desarrolla en dos etapas, una de desarrollo técnico y otra netamente comercial. Es un emprendimiento que investigará, desarrollará y comercializará un fármaco, con una inversión inicial en el año 0 de 3 millones que, basada en experiencia en el sector, tiene 20% de probabilidades de éxito en la fase de investigación. Si ocurre este

suceso, sigue una fase de desarrollo del producto con una inversión de \$60 millones a fin de año 1 y una probabilidad de éxito que se divide en gran producto con un 15% de probabilidades, un producto medio con 25% de probabilidades y un fracaso comercial de producto con un 60% de probabilidades. Los flujos de caja esperados para los casos exitosos de gran producto y producto medio son \$600 millones y \$40 millones respectivamente. además existe otra inversión necesaria para lanzar al mercado al producto de \$40 millones en la última fase (fin de año 2).

Ilustración 4 Opción Compuesta Arcoiris con dos fuentes de incertidumbre incorrelacionadas (Riesgo de Mercado y Riesgo Privado)



Nodos A, B, C y D

$$\text{VAN} = (\text{nodo D}) \quad (15\% \cdot (417-40) + 25\% \cdot (0) + 60\% \cdot (0)) / 1,025 = 55,17$$

de forma análoga se determina el VAN para los nodos A, B, y C

$$\begin{aligned} \text{VAN nodo B y C} &= (15\% \cdot (600-40) + 25\% \cdot (0) + 60\% \cdot (0)) / 1,025 = 82 \\ \text{VAN nodo A} &= (15\% \cdot (864-40) + 25\% \cdot (58-40) + 60\% \cdot (0)) / 1,025 = 125 \end{aligned}$$

Nodos E y F

yendo hacia atrás en el árbol, se determinan los nodos E y F
se aplica el portfolio de réplica usando la tasa libre de riesgo

$$\begin{aligned} uV &= 15\% \cdot (600) + 25\% \cdot (40) + 60\% \cdot (0) = 100 \\ dV &= 15\% \cdot (417) + 25\% \cdot (28) + 60\% \cdot (0) = 69,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{muV} + (1+rf)B &= 82 & \text{valor al inicio de la fase} \\ \text{mdV} + (1+rf)B &= 55 & V = 15\% \cdot 500 + 25\% \cdot 33 = 83,25 \\ m &= 0,887 \\ B &= 6,54 \\ \text{Valor} = mV - B &= 0,887 \cdot (83,25) - 6,54 = 67,30 \end{aligned}$$

siendo el valor del proyecto en el nodo F 67,30, se puede invertir 60 y proseguir, siendo el VAN en este caso 7,30.
de forma análoga se aplica el procedimiento para determinar el valor en el nodo inicial I, con un VAN de 1,85 luego de desembolsar 3 millones.

$$\begin{aligned} uV &= 15\% \cdot (864) + 25\% \cdot (58) + 60\% \cdot (0) = 144 \\ dV &= 15\% \cdot (600) + 25\% \cdot (40) + 60\% \cdot (0) = 100 \\ \text{muV} + (1+rf)B &= 125 & \text{valor al inicio de la fase} & 120 \\ \text{mdV} + (1+rf)B &= 82 & V = 15\% \cdot 720 + 25\% \cdot 48 = 120 \\ m &= 0,97 \\ B &= -14,97 \\ \text{Valor} = mV - B &= 0,97 \cdot (120) - 14,9 = 101,87 \end{aligned}$$

Nodos G y H

$$\begin{aligned} \text{Nodo G} &= 20\% \cdot 41,87 + 80\% \cdot 0 / 1,025 = 8,17 \\ \text{Nodo H} &= 20\% \cdot 7,3 + 80\% \cdot 0 / 1,025 = 1,42 \end{aligned}$$

Nodo I

$$\begin{aligned} uV &= 15\% \cdot (720) + 25\% \cdot (48) + 60\% \cdot (0) = 120 \\ dV &= 15\% \cdot (500) + 25\% \cdot (33) + 60\% \cdot (0) = 83,25 \\ \text{muV} + (1+rf)B &= 8,17 & \text{valor al inicio de la fase} & 100 \\ \text{mdV} + (1+rf)B &= 1,42 \\ m &= 0,18 \\ B &= -13,2 & 100 \\ \text{Valor} = mV - B &= 0,18 \cdot (100) - 13,2 = 4,8 & 4,85 \end{aligned}$$

Fuente: elaboración propia adaptado de Copeland y Antikarov

1.3.Abordajes para la valoración de proyectos; desde el Método de Flujos Descontados hasta las Opciones Reales.

Una vez comprendida la necesidad de valorar proyectos y firmas con este tipo de características, donde la flexibilidad operativa permite tomar decisiones empresariales que modifiquen total o parcialmente el proyecto, se impone la necesidad de la búsqueda de la forma idónea de valoración.

Lamothe y Méndez (2013) señalan al respecto que “siempre que exista flexibilidad a la hora de elegir distintas vías, existirán opciones reales, algunas con más valor que otras. En el caso de inversiones o proyectos donde no existe esta flexibilidad operativa, no existirán opciones reales y no aportarán valor”.

En suma, existe una íntima relación entre flexibilidad operativa y parte del valor de los proyectos que permiten ejercerla.

Entonces, se impone la siguiente interrogante;

¿Cómo proceder a valorar adecuadamente un proyecto con estas características?

En principio y como punto de partida, quizás deba considerarse al método de flujos descontados (DCF)¹⁵ y comprender su alcance y limitaciones a la hora de valorar un determinado emprendimiento.

Este método es de amplia aplicación y aceptación en la academia y en el mundo de los negocios desde hace décadas, pues se basa en la actualización a determinada tasa de costo de capital invertido de flujos de fondos del proyecto o firma. El DCF tiene a su favor la claridad de sus fundamentos y aplicación. Pero se enfrenta al inicio con el primer escollo, los flujos de ingresos se producirán seguramente mucho tiempo después del inicio del emprendimiento con sus primeros desembolsos en uno de los casos escogidos que se ejemplifica en detalle esta problemática -los proyectos biotecnológicos- tardarán en generarse más de una década desde el momento

¹⁵ Flujos de caja descontados; *Discounted Cash Flows* en inglés.

de la valoración y existen múltiples fuentes de incertidumbre en su horizonte de análisis.

Puede algún analista tratar de abordar estas incertidumbres, por ejemplo tomando los escenarios de ingresos observados por Myers & Howe¹⁶ (1997) así como estimaciones relacionadas con estos de costes diversos, como ser de comercialización y administración, entre otros, y practicar un análisis de escenarios asignando probabilidades subjetivas a cada uno de ellos y así estimar un Valor Actual Neto Esperado para todos los casos.

Podría incluso tratar de modelar los flujos de fondos conforme a comportamientos esperados ajustados a probabilidades y, con ayuda de un software de simulación como ser @Risk o Crystal Ball tratar de obtener valores en términos de probabilidad de ocurrencia que refinan los resultados obtenidos. Sin embargo, no cubren todas las incertidumbres que inciden en el proyecto.

Está claro que estos métodos aplicados a este tipo de proyectos dejan muchos espacios librados a hipótesis y suposiciones. Ello resta capacidad predictiva ante situaciones donde el proyecto puede recobrar vida en diversas circunstancias e incluso si da lugar a abortarse a tiempo, evitando pérdidas innecesarias.

Sin embargo, esta metodología es necesaria para establecer el valor de los flujos medios de la fase comercial, la que no debería enfrentar grandes problemas de estimación (flujos de ingreso y egreso comerciales, eventuales inversiones de la fase comercial y la tasa de descuento dada por el Costo Ponderado de Capital).

Una vez obtenidos éstos, es posible mejorarse la estimación si se consideran diversas posibilidades que puedan ocurrir durante el desarrollo del producto (claramente se observa en el desarrollo de un fármaco, como se ha señalado).

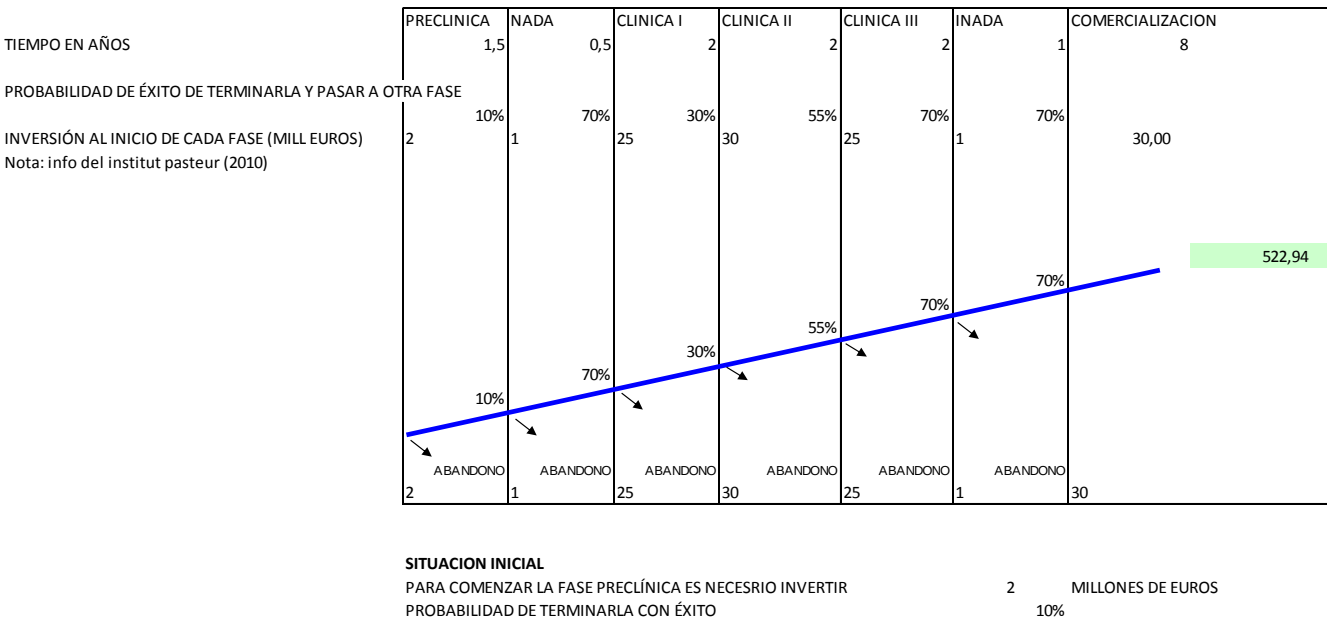
¹⁶ MYERS, S. HOWE, C. (1997) : "A Life Cycle Financial Model of Pharmaceutical R&D, Program on the Pharmaceutical Industry". Massachusetts Institute of Technology, Boston.

1.4.Uso de Árboles de Decisiones

Una alternativa interesante es el uso de árboles de decisiones a los efectos de contemplar probabilidades técnicas asociadas a cada fase que transita el desarrollo del proyecto. En el caso de análisis, claramente se ve en la entidad molecular hasta transformarse en un fármaco que llegará al mercado.

Cada una de estas fases tiene probabilidades de éxito y fracaso asociadas, así como las inversiones necesarias para su desarrollo.

Ilustración 5 Fases de desarrollo de fármaco, inversiones y probabilidades de éxito.



Fuente : elaboración propia

De esta forma, conforme se exhibe en el gráfico precedente, para comenzar cada fase es necesaria cierta inversión con un plazo determinado y una tasa de éxito del evento analizado para cada fase, de modo de reflejar el riesgo privado existente.

Como ejemplo, una vez descubierta la nueva entidad molecular (NEM) es necesario invertir en el proyecto varios millones de euros en un horizonte de muchos años, con una tasa de éxito condicionada muy baja, la que se conforma a partir de las tasas de éxito de cada fase de desarrollo. Queda

reflejada una promesa de valor que es grande, aunque las probabilidades de alcanzarla son mínimas.

Este tipo de características en proyectos de inversiones modulares que constan de diferentes fases con probabilidades de éxito propias en cada una de ellas y condicionan a la realización de la siguiente, son campo fértil para la aplicación de desarrollo de árboles de decisión. En este se sale de un ámbito de cálculos a veces difícil de captar fácilmente para la determinación del valor, a un diseño mucho más amigable, que permite observar la totalidad del desarrollo de un proyecto a lo largo de su horizonte de análisis con diversas situaciones posibles.

1.5. Valor Actual Neto, flexibilidad y opciones.

Conforme se ha planteado, es ampliamente aceptada la aplicación en proyectos de inversión y en empresas en marcha el criterio de DCF^{17} para la actualización de flujos de fondos futuros y así lograr una aproximación al valor de los mismos en un momento dado.

Esta forma de determinación de valor no permite capturar y medir de forma apropiada la flexibilidad operativa aplicada por el gerenciamiento de proyectos y firmas que podrían adoptar los empresarios y gerentes del proyecto ante eventuales cambios en las condiciones de producción y del mercado, entre otras posibles.

El DCF adopta una actitud pasiva ante eventuales cambios operacionales, como podrían ser cambios en el ritmo de producción, ya sea incrementándolo o reduciéndolo conforme la conveniencia empresarial de la firma. O bien ceñirse a un escenario determinado, o en el mejor de los casos a varios, pero desconociendo posibles cambios dinámicos en el desempeño de la empresa o del proyecto que se piensa ejecutar.

¹⁷ DCF, *Discounted Cash Flow*, Flujo de caja descontado en inglés.

Aspectos tales como valor real, valor esperado, las expectativas y medidas oportunas que puedan adoptarse ante el cambio de diversas situaciones se alejan del concepto de valoración estático para acercarse más hacia un enfoque dinámico en el que podrían perfectamente encajar las opciones reales de cada emprendimiento. López Lubián (2001)¹⁸ señala que todo proceso de valoración se basa en estimaciones sobre el futuro. Lo que realmente ocurrirá en el futuro es impredecible, por lo que, cuando se toman decisiones sobre valor económico con base en estimaciones sobre el futuro, estas estimaciones no se refieren al valor real, sino al valor esperado. En otras palabras, lo que es previsible es el valor esperado, no el que realmente ocurrirá, y sólo por casualidad ambos serán iguales. Por lo tanto, es imprescindible llevar a cabo un seguimiento de la realidad económica que hemos valorado con base en un valor esperado, para asegurarse que el valor real que proporciona está en consonancia con las expectativas, y tomar las medidas oportunas en su caso.

Trigeorgis (1998)¹⁹, al respecto claramente señala que los tradicionales descuentos de flujos de fondos (*DCF*) tienen supuestos implícitos respecto a escenarios esperados por la firma o el proyecto acerca de sus flujos de caja, y asumen un compromiso pasivo del gerenciamiento relativo a una determinada y estática estrategia operativa.

El autor añade que, en el mundo actual, caracterizado por el cambio continuo, la incertidumbre y las interacciones competitivas, la realización de los flujos de caja probablemente diferirá de los que el gerenciamiento de la firma previó en un inicio. Cuando la nueva información esté disponible, y la incertidumbre sobre las condiciones de mercado y futuros flujos de caja gradualmente desaparezcan, la dirección tendrá valorable capacidad de flexibilizar y alterar la operación inicialmente planteada para capitalizarla a favor de futuras oportunidades o para reaccionar y mitigar probables pérdidas.

¹⁸ LÓPEZ LUBIÁN, Francisco, (2001) Trampas en la Valoración de Empresas. Deusto Business Review Marzo Abril 2001.

¹⁹ TRIGEORGIS, Lenos, (1998) Real Options Managerial Flexibility and strategy in resource allocation . The MIT Press Massachussets.

Ejemplos de ello son la capacidad de la dirección que tiene para diferir – expandir- contraer- abandonar u otra forma de alterar el proyecto en varias etapas de desarrollo si ello es útil para su vida operativa.

Trigeorgis hace un paralelismo entre la flexibilidad operativa que tiene el gerenciamiento y las opciones financieras. Una *call option* en un activo (con un valor actual de V) otorga el derecho sin la obligación de adquirir el activo subyacente pagando un precio específico (el precio de ejercicio I). Similar es el caso de la *put option* que otorga el derecho sin obligación de vender (o cambiar) el activo subyacente y recibir el precio de ejercicio.

La asimetría derivada de tener un derecho pero no la obligación de ejercer una opción es el centro del valor de la opción propiamente dicha.

Cierra su exposición señalando que el valor que proviene de la interacción del activo gerenciamiento y de las interacciones estratégicas se manifiestan en una elección de opciones (*real options*) incluidas en las oportunidades de inversión de capital.

En similar sentido, Lamothe y Méndez. (2013)²⁰ destacan como punto de partida para el análisis de la existencia de opciones que podrán ser trasladables al mundo empresarial, las opciones existentes en los mercados financieros en su forma básica, opciones de compra (call) y opciones de venta (put) cuya posesión otorga el derecho a su tenedor a comprar o vender cierto activo en determinado plazo a un valor preestablecido.

De ese modo, las opciones de compra seguirán la siguiente regla de maximización:

$$\text{Máx}(S-K;0)$$

Donde S es el valor del subyacente, K el del precio de ejercicio de esa opción.

²⁰ LAMOTHE, Prosper y MÉNDEZ, Mariano (2013) Opciones reales. Métodos de Simulación y Valoración, Ed. Ecobook, Madrid.

Análogamente, las opciones de venta se regirán por la siguiente regla de optimización:

$$\text{Máx}(K-S;0)$$

Los autores concluyen que este tipo de opciones financieras pueden ser asimilables en el ámbito empresarial y en los activos reales, dónde el precio del subyacente es asimilable al de los flujos de caja actualizados del emprendimiento o proyecto (S) y la inversión necesaria para la ejecución del proyecto es equiparable con el precio de ejercicio de una opción financiera (K), distinguiendo tipos generales de opciones que se ampliarán más adelante (opción a realizar, ampliar o abandonar una inversión).

Muchas de esas opciones reales provienen de la propia naturaleza de los proyectos y del desempeño de las empresas, como ser las de diferir, contraer, cierre temporal o abandono, mientras otras pueden ser producto de la planificación empresarial. Ejemplo de estas últimas son las opciones de expansión de capacidad, opciones de crecimiento planteadas en distintas fases secuenciales del proyecto, opciones de intercambio entre alternativas relativas a los ingresos o a los egresos.

En presencia de opciones, el DCF tiene dificultades para el correcto tratamiento del riesgo del proyecto. Por ejemplo en industrias como la farmacéutica, donde se manifiestan con claridad la existencia de opciones, puede observarse claramente esta dificultad de la metodología DCF.

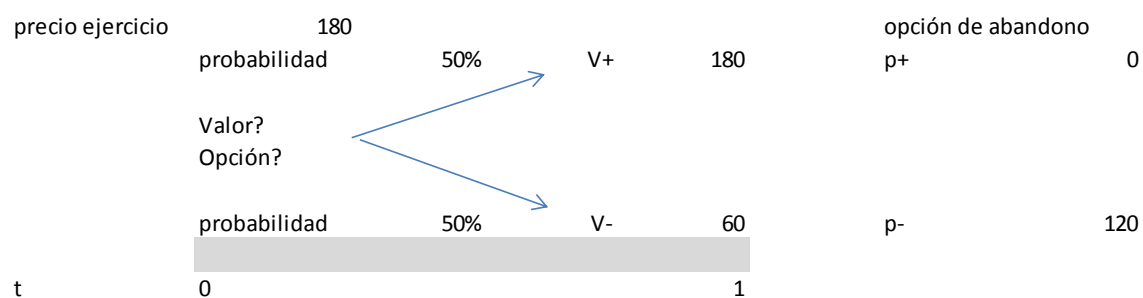
Suponiendo la existencia de una oportunidad de inversión en el desarrollo de un fármaco en una de las fases primarias (por ejemplo la fase de descubrimiento similar al caso que se tratará en la presente tesis doctoral) las expectativas se plantean en dos escenarios: uno, el optimista, con buenas condiciones de negociación de este descubrimiento el fármaco se podrá comercializar en USD10.000.000, mientras que en el otro, las condiciones son menos favorables y este proyecto se realizaría en USD3.000.000.

Sin embargo, los desarrolladores cuentan con apoyo estatal (como es el caso que nos referiremos en esta Tesis) y ante un escenario no favorable el Gobierno solventará el valor esperado.

El apoyo gubernamental puede ser visto como una *put option* que le da al desarrollador el derecho a vender el proyecto a su valor pactado y recibir el monto garantizado o el monto del apoyo gubernamental, que es el precio de ejercicio de la opción.

En buenas condiciones de mercado la garantía no tiene valor, mientras que en escenarios de menor desarrollo, la garantía adquiere valor, y también la opción de abandono del proyecto.

Tabla 1 Valor ante Asimetría de la tenencia de un derecho y Flexibilidad de acción visto como una opción.



tasa de descuento

con riesgo 20% k
sin riesgo 8% rf

cálculo utilizando DCF tradicional

en ausencia del financiamiento Gubernamental

$$V = \frac{E(C1)}{(1+k)} = \frac{qV^+ + (1-q)V^-}{(1+k)} = \frac{120}{1,20} = 100$$

en presencia del financiamiento Gubernamental

$$V^* = \frac{qV^+ + (1-q)(V^- + \text{cobertura})}{(1+k)} = \frac{180}{1,20} = 150$$

valor de la opción de abandono o de la garantía ofrecida por el apoyo gubernamental

	valor con apoyo gubernamental	150
menos:	valor sin apoyo gubernamental	100
	valor de la opción de abandono	50

fuentes: adaptado de L. Trigeorgis (1998)

El valor de este apoyo gubernamental se puede traducir en la opción de abandono, que proviene de la siguiente diferencia:

Valor del proyecto con apoyo gubernamental - Valor del proyecto sin ese apoyo.

1.6.El problema de cuantificar el riesgo

Si se observa el enfoque tradicional, éste asigna el mismo tratamiento ante el riesgo, al considerar las situaciones con y sin garantía ofrecida por el gobierno.

Valor del apoyo gubernamental (*put option*) =

$$\frac{50\% * (180-180) + 50\% * (180-60)}{1,20} = 50$$

1,20

Llegado a este nivel de análisis, cabe una pregunta respecto al riesgo;

¿Por qué el abordaje tradicional con la utilización del DCF descuenta los flujos a una tasa ajustada al riesgo del proyecto, aun cuando hay garantías que reducen y hasta eliminan el riesgo del proyecto?.

No parece estar muy acorde el procedimiento seguido por el DCF con un adecuado tratamiento del riesgo.

Adaptando la ejemplificación que Trigeorgis efectúa al respecto, puede verse claramente que, al eliminarse el riesgo del proyecto como en el ejemplo citado, el cálculo tradicional mediante DCF es erróneo. Penaliza los flujos por un eventual riesgo contenido, riesgo que no existe al estar garantizados los reembolsos por el gobierno, lo que se traduce en una suerte de precio de ejercicio de una *opción put*.

Al no existir riesgo, este proyecto debería ser descontado a una tasa libre de riesgo, sin premio de riesgo para el negocio, por lo que el valor de esa garantía o apoyo gubernamental, que es el valor de ese *put option* cambia, crece.

Valor del proyecto con apoyo gubernamental (proyecto con *put option*) =

$$\frac{50\% * (180+(180-180)) + 50\% * (60+(180-60))}{1,08} = 166,7$$

1,08

Valor del proyecto sin apoyo gubernamental =

$$\frac{0,5*180+0,5*60}{1,2} = 100$$

Valor de la garantía o apoyo gubernamental =

$$166,7 - 100 = 66,7$$

En síntesis, se observa que el valor de la *put option* calculado tradicionalmente (valuada en 50) subestima el valor recientemente determinado (el valor de *put option* sin recargar el riesgo del proyecto fue de 66,7).

Puede surgir una interrogante más; ¿qué sucede cuando la eliminación del riesgo es parcial?

Suponiendo un precio de ejercicio menor al valor a recibirse, en el caso de un escenario óptimo donde se financia sin cargo parte del desarrollo.

valor de ejercicio 100

Conforme señala Trigeorgis con este nivel de cobertura ya no existe una situación de cero riesgo total, por lo que la tasa libre de riesgo será inconsistente para su uso en este caso. Las probabilidades, por su parte, podrían compensar esta parcial cobertura ajustándose al libre riesgo del proyecto.

Siguiendo con este caso, con probabilidades neutrales al riesgo, el valor del *put option* de este proyecto es del siguiente:

valor del proyecto sin apoyo gubernamental =

$$\frac{0,4*180+0,6*60}{1,08} = 100$$

valor del apoyo gubernamental =

$$\frac{0,4*0+0,6*120}{1,08} = 66,7$$

o bien, visto desde el valor total, el proyecto con cobertura gubernamental tiene un valor de $100 + 66,7 = 167,7$

Esto es así porque, de todas formas, el proyecto recibirá dentro de la cobertura inicial 180, lo que implica una cobertura total frente al riesgo,

$$\frac{0,4 \cdot 180 + 0,6 \cdot 180}{1,08} = 166,67$$

1,08

Volviendo a la cobertura parcial otorgada por un valor de 100, el riesgo no se elimina completamente y se compensa con las probabilidades neutrales al riesgo o bien con una tasa que contemple parcialmente ese riesgo.

Valor del apoyo parcial gubernamental =

$$\frac{0,4 \cdot 0 + 0,6 \cdot 40}{1,08} = 22,2$$

1,08

Visto también desde el valor del proyecto con cobertura parcial gubernamental de 100, será $100 + 22,2 = 122,2$

Es así porque el proyecto recibirá de cualquier forma una cobertura parcial de 100;

$$\frac{0,4 \cdot 180 + 0,6 \cdot 100}{1,08} = 122,22$$

1,08

Como conclusión inmediata puede señalarse que, al aplicarse un abordaje tradicional mediante DCF, se presentan dificultades para un adecuado tratamiento del riesgo y la aplicación consiguiente de una adecuada tasa de descuento ante la existencia de opciones de gerenciamiento como el ejemplificado en la opción de abandono.

Proyectos con características como los señalados, con inversiones graduales por etapas que están condicionadas a la realización exitosa de la precedente, con diversas probabilidades de éxito que vinculan riesgos de tipo

privado y de mercado, (incluso con presencia de flexibilidad de acción por parte de sus gestores), presentan dificultades de valoración que son de difícil medición e individualización mediante el uso de metodologías tradicionales.

La búsqueda de una mejor valoración y un adecuado tratamiento de este tipo de problemáticas propias de algunos proyectos, ha dado lugar a múltiples investigaciones en busca de respuestas satisfactorias y dado nacimiento a la metodología de las opciones reales.

2. CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. La necesidad de medir el valor

Quizás uno de los puntos de partida para la revisión bibliográfica está en la relación existente entre el capital invertido en proyectos de inversión y la generación de valor a partir de dichas inversiones. Es la búsqueda de su aplicación en aquellos casos que la rentabilidad prometida supere los costes de llevar a cabo el citado emprendimiento y evitar inversiones donde no se cumpla este principio de eficiencia en la inversión. O sea, visto desde otra óptica, la búsqueda de creación de valor para el emprendimiento, de valores netos positivos provenientes del proyecto de modo que éstos se trasladen a la empresa como aportación de valor.

Desde los orígenes de los estudios de finanzas corporativas se presenta el desafío de la medición de la conveniencia de la inversión de fondos en emprendimientos y se plantean diversas formas para la evaluación de la misma.

Autores como Alfred Rappaport²¹ (1986) dedican parte de sus investigaciones para determinar las fuentes y medición de la creación de valor para la firma y los aportantes del capital que la sustenta. Afirman, entre otros conceptos el vínculo entre la finalidad de la firma y el valor para el accionista, su cálculo, las limitaciones de la información contable y algunas técnicas estáticas utilizadas, así como el planteo de vínculos entre la estrategia y las finanzas y la creación de valor, aspectos éstos desarrollados en los últimos años por la teoría de las opciones reales.

²¹ 1986 RAPPAPORT, Alfred Creating Shareholders Value: a guide for managers and investors, The Free Press, New York

También Trigeorgis (1998) por su parte, por citar solo algunos académicos en el campo de las finanzas corporativas, se suma a esta concentración en la preocupación sobre la inversión de recursos en proyectos a largo plazo, destacando el sacrificio presente que implica el consumo de recursos que ya no estarán disponibles para su propietario, a cambio de la obtención o el logro de los objetivos de la firma o del inversor. Estos objetivos se centran en el principio de maximización de utilidad o de satisfacción en el tiempo de sus accionistas, los que tienen individualmente diferentes niveles de riqueza, diversas actitudes respecto a consumo presente de recursos o directamente distintas actitudes respecto al riesgo.

Desde el punto de vista del inversor individual, es claro que el objetivo que subyace es la maximización del valor invertido en la firma. Considerando que el valor de las acciones de los accionistas de una firma derivan de las expectativas de los dividendos que recibirán en el futuro por la tenencia de las mismas, y en consecuencia la riqueza de los mismos deriva de la tenencia de estas participaciones, los inversores maximizarán su función de utilidad individual conforme sea la proporción de acciones que posean de una firma generadora de valor.

Por su parte, Rojo (2007) ²² ofrece una visión más cualitativa pero que descansa en los mismos principios afirmando que “el valor es algo subjetivo, aunque no tanto que no podamos generalizarlo, de acuerdo a la teoría económica, el valor es el grado de utilidad o aptitud de las cosas para brindar bienestar. En este sentido, el valor de una empresa es el grado de utilidad que ésta proporciona a sus usuarios o propietarios, y también de su coste de obtención, y el grado de escasez”.

²² ROJO, Alfonso (2007) : Valoración de empresas y gestión basada en Valor, Thomson, Madrid, p84.

2.1.El intento de determinar un valor justo (*fair value*) para los proyectos y empresas

Todo conduce a intentar determinar el valor justo de los activos pese a las dificultades que presenten estos proyectos que combinan las características mencionadas.

Surge entonces la interrogante; ¿qué es el valor justo o *fair value*?

Como punto de partida, considerando la definición desde una perspectiva financiera y contable ofrecida para el *Fair Value* o Valor Razonable dado por las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF)²³, señalan que es un concepto clave de medición bajo IFRS²⁴, el cual está presente en prácticamente todos los estándares de normatividad emitida por IASB²⁵, y citado recurrentemente en USGAAP²⁶; y es un pilar fundamental en el entendimiento de medición de las normas internacionales.

El concepto de Valor Razonable, según la definición que actualmente está siendo discutida entre IASB y FASB²⁷ es: “El precio que podría ser recibido al vender un activo o pagado para transferir un pasivo en una transacción ordenada entre participantes del mercado a una fecha de medición determinada.”

Importante es destacar la enunciación de “Ordenada”, ya que se refiere a una transacción sin presiones, en condiciones normales e independientes. Una venta durante una liquidación, o bajo condiciones que no indiquen total libertad del comprador y del vendedor, no estaría enmarcada dentro de la definición de valor razonable.

²³ NIIF: Normas Internacionales de Información Financiera; www.niif.co

²⁴ IFRS International Financial Reporting Standards. En castellano Normas Internacionales de Información Financiera.

²⁵ IASB International Accounting Standards Board. En castellano Junta de Normas Internacionales de Contabilidad.

²⁶ USGAAP Generally Accepted Accounting Principles. En castellano principios generalmente aceptados de contabilidad.

²⁷ FASB Financial Accounting Standards Board. En castellano comité para la normalización de la contabilidad financiera.

Es posible que esa transacción tenga como escenario un mercado activo.

Las características de un Mercado activo son las siguientes:

- a) Los bienes o servicios intercambiados en el mercado son homogéneos.
- b) Pueden encontrarse en todo momento compradores o vendedores para un determinado bien o servicio.
- c) Los precios son conocidos y fácilmente accesibles para el público.

Estos precios, además, reflejan transacciones de mercado reales, actuales y producidas con regularidad.

La determinación del valor razonable de un bien varía dependiendo de los métodos utilizados para hallarlo. Claramente, si un bien tiene un mercado activo, será mucho más sencillo determinar su valor razonable.

El valor razonable cuando no existe un mercado activo (como sucede en la mayoría de los proyectos desarrollados en ámbitos de escaso desarrollo de mercado de capitales) tiene dificultades de aplicación.

Entonces, ¿cómo se hallaría el valor razonable ante la ausencia de mercados activos que sirvan de referencia?

Para la medición del valor razonable se deben tener en cuenta 3 niveles de fuentes, según señalan las NIIF:

1. Inputs directamente observables del mercado. En caso de que exista para determinado bien en la fecha de medición un Mercado activo, se usa ese referente. Por ejemplo, una acción cotizada en bolsa que es negociada con regularidad el valor razonable será el precio promedio en un día específico.

2. Si no existe un mercado activo se haría uso de Inputs indirectamente observables. Se aplica una técnica reconocida como si existiera un mercado activo, por ejemplo: transacciones con bienes sustancialmente parecidos en condiciones similares, si lo anterior no es posible.

3. Inputs no observables. Valor Razonable hallado mediante datos internos de la compañía. Hay que destacar que esos datos deben estar debidamente soportados, con una fundamentación lógica y comprobable, no por ser internos de la compañía pueden ser determinados al azar.

En las revelaciones se debe indicar cuáles fueron los inputs utilizados debidamente explicados.

El coste histórico, coste corriente, valor realizable o valor presente a los cuales hace referencia el marco conceptual de IFRS como bases o métodos de medición pueden ser en determinado momento valor razonable. Entendido el valor razonable como las características que debe tener dicha medición, que se den entre partes informadas, mutuamente interesadas e independientes.

“Debido a las consistencias entre SFAS157 (USGAAP) con gran parte de la guía de medición a Valor Razonable de IASB, para la convergencia se ha tomado como punto de partida del análisis de valor razonable SFAS 157”.

Sin embargo, las NIIF destacan la complejidad existente en arribar a una medición y añaden;

“Dada la complejidad de esta medición, IASB busca en su proyecto de Valor razonable:

1. Establecer una Guía fuente aplicable a todas las mediciones al valor razonable.
2. Aclarar la definición de Valor Razonable
3. Mejorar las revelaciones de las mediciones a valor razonable
4. Aumentar la convergencia entre IFRS y USGAAP.

En suma las NIIF, si bien logran consenso en varios aspectos, reconocen problemas para la determinación de un valor razonable.

Al respecto, por su parte, Higgins R. (2004)²⁸ define el valor justo de mercado como el precio de un activo al que este se negociaría entre dos individuos racionales, ambos en pleno conocimiento de la información

²⁸ HIGGINS, Robert (2004) Analysis for Financial Management, McGraw-Hill 7ª. Edición, Madrid.

necesaria para valorar el activo y ninguno de ellos presionado para realizar la operación.

Entre el valor de liquidación y el de la empresa en marcha, es generalmente el mayor de ambos, sostiene el autor.

Incluso señala una excepción a la supremacía del valor entre el de liquidación y el de la empresa en marcha, que es aquel mantenido por los accionistas minoritarios en situaciones en que los accionistas mayoritarios deciden, por diversos motivos, mantener el emprendimiento pese a flujos de caja deficitarios. En ese caso existe destrucción de valor por debajo del de liquidación para estos accionistas.

Conforme a lo expuesto, se observa que el concepto de valor justo es abstracto y de difícil determinación, y que incluso depende de para quién sea este valor.

En este sentido, Fernández (1999)²⁹ agrega que el valor es diferente al precio. El valor puede ser distinto tanto para compradores como vendedores y depende del valor máximo que otorga el comprador por el que estaría dispuesto a pagar y el vendedor el valor mínimo por el que estaría dispuesto a vender. El precio es la expresión de valor acordado entre las partes.

Es claro que cada parte tiene expectativas diferentes que dan base al valor otorgado por cada una de ellas.

Las expectativas en parte están basadas en una cadena de oportunidades, conjunto de derechos, sobre los activos que cada parte tiene.

Por ello no es extraño que la visión de valor y riesgo de un proyecto empresarial sea tan diferente para un banco como para la propia empresa demandante de financiamiento para llevarla a cabo. La institución financiera

²⁹ FERNÁNDEZ Pablo, 1999 Valoración de Empresas, Gestión 2000, Barcelona.

tiene una tendencia a analizar el valor asociado al proyecto desde una óptica del valor de liquidación, hecho que se evidencia a la hora de respaldar las operaciones de financiamiento con activos reales aportados por sus clientes, los que generalmente se valorizan al precio de liquidación. Esta posición se contrapone a la visión que tienen los promotores acerca de su propio proyecto, que contiene expectativas diferentes y la certeza de que podrán, en mayor o menor medida, operar sobre la marcha de dichos proyectos.

2.2.Desde el concepto estático representado por el Valor Presente Neto tradicional a un concepto dinámico contenido en el Valor Presente Neto Ampliado.

Claro está que en ausencia de flexibilidad gerencial, la medición de los resultados de maximización del valor de los tenedores de acciones, valor que proviene de los futuros dividendos a obtener por dicha participación empresarial, perfectamente puede realizarse mediante la metodología ofrecida por el Valor Presente Neto.

Está generalmente aceptado en las finanzas tradicionales y en el mundo empresarial que este método es superior a otras alternativas de evaluación como la aplicación de tasa interna de retorno, período de repago de la inversión u otras que generalmente se aplican.

Incluso a la hora de determinar el valor de un proyecto, el *DCF* goza de mayor aceptación frente a otras alternativas tradicionales como el uso de múltiplos (muy aceptados por su sencillez de aplicación y facilidad de interpretación), o bien métodos basados en el patrimonio de las firmas que cada vez son menos utilizados, quizás en parte por el reconocimiento de que importante parte del valor de las firmas no se refleja en ellos.

Uno de los objetivos empresariales al proceder a evaluar una inversión a realizarse, es la comparación del valor que adquirirá ese activo sujeto de

inversión en relación con los desembolsos necesarios para su puesta en marcha.

Aquí surge otro problema propio de esta metodología, la tasa de descuento a aplicar a dichos fondos de modo de poder comparar en un momento dado los costos y beneficios de dicho proyecto.

Al respecto James y Koller (2000)³⁰ manifiestan que la determinación del premio por el riesgo presenta una dificultad a la hora de evaluar. En valoraciones basadas en *DCF* dos opciones son posibles para incorporar el riesgo adicional en mercados emergentes. Estos riesgos pueden estar contemplados en las proyecciones de flujos de caja o bien un riesgo extra contenido en la tasa de descuento. Los autores sostienen que la tasa de descuento debe reflejar sólo el riesgo no diversificable³¹, el diversificable es mejor manejarlo en los *cash flows*. En situaciones de necesidad de valorar riesgo adicional, los directivos añaden generalmente ajustes a esos riesgos. El resultado luego de estos ajustes son valoraciones poco confiables.

Trigeorgis (1998) señala que, para determinar el Valor Presente Neto, es necesario estimar el costo de oportunidad relativo al capital invertido en éste. Este costo de capital no necesariamente es el mismo que el de la compañía, por lo que usualmente debe determinarse. Sugiere el uso de una estimación valiéndose de un activo gemelo cotizado en el mercado cuyos retornos estén perfectamente o al menos altamente correlacionados con los del propio proyecto en cuestión.

Cabe destacar que esta propuesta teórica en la práctica es de difícil aplicación, ya que no resulta sencillo obtener ese activo gemelo en economías con mercado de capitales desarrollados, e impracticable en general en economías

³⁰ JAMES, Mimi KOLLER, Timothy, (2000) "Valuation in Emerging Markets". The McKinsey Quartely, Nº4, pp78-85

³¹ James y Koller sostienen que el riesgo relevante en el CAPM es el no diversificable. El riesgo diversificable es propio del proyecto y puede ser eliminado mediante la diversificación de cartera de proyectos.

donde el mercado de capitales no existe, es incipiente o directamente no alcanza un desarrollo importante.

Retomando el criterio de maximización de valor para el accionista, este método, el del Valor Actual Neto, se ajusta a ese objetivo general empresarial y es comúnmente aceptado por la academia y por los directivos de las empresas.

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FC_j}{(1+k)^j}$$

Esta ecuación representa a la inversión inicial en un momento (A), los flujos de fondos netos esperados a lo largo del horizonte de planeamiento (n) del proyecto (FCj), los que son descontados a una tasa determinada ajustada al riesgo de cada proyecto (k).

Conforme se desprende del propio planteo, el criterio de aceptación coincide con la creación de valor para el accionista, o sea cuando los flujos de fondos descontados a una tasa ajustada al riesgo superan el desembolso inicial asociado a dicha inversión.

En síntesis, cuando el VAN es positivo, se configura el criterio de aceptación del proyecto analizado, sugiriendo creación de valor en la magnitud de los flujos de fondos actualizados a esa tasa ajustada al riesgo.

Por su parte, en los casos que el VAN es negativo, se sugiere una destrucción de valor y obviamente el criterio aplicado es el de rechazo del proyecto.

En esencia, este método es claro en su planteo, alineado con la intuición empresarial y criterio de maximización, y ampliamente aceptado. Sin embargo, por otra parte, conforme señala Mascareñas (2007)³² existe una serie de

³² MASCAREÑAS Juan, Opciones Reales en la valoración de proyectos de inversión; Universidad Complutense de Madrid, ISSN:1988-1878, 2007

supuestos que aplica generalmente el analista que afectan el resultado obtenido³³ :

- a. Los flujos de fondos futuros que promete generar cada proyecto en su vida útil se tratan como valores conocidos desde el inicio de los análisis. El principal problema que se observa es que la dirección de la firma puede ajustarlos a su gestión, alterándolos conforme sean las condiciones que imperan en cada momento. Esta capacidad de alterar los flujos de fondos futuros se refiere a la flexibilidad operativa que aporta valor al proyecto. Esta flexibilidad no es reflejada por el VAN.
- b. Los flujos se descuentan a una tasa de descuento ajustada al riesgo que es conocida y constante. Considerando que el riesgo de cada proyecto cambia a lo largo de la vida del mismo conforme al resto de vida remanente y a su apalancamiento operativo, su consideración determinística es errónea.
- c. La necesidad de proyectar los precios esperados a lo largo de todo el horizonte de planeamiento es algo imposible de realizar dada su diversidad y variabilidad. En particular en algunos sectores de la economía, a los efectos de aplicar el VAN se escogen algunos pocos de los múltiples caminos posibles.
- d. La suposición de que todos los VAN de los proyectos son aditivos no es del todo cierta, ya que porque no pueden valorar la serie de activos intangibles la flexibilidad operativa y las interacciones entre proyectos que llevan incorporados aquéllos. Para este punto Mascareñas ejemplifica con el valor actual de una fusión de empresas, donde el VAN de la misma no será la suma de ambos VAN ya que existirán efectos sinérgicos que no serán considerados mediante una suma de VAN.

Seguramente estas limitaciones se remontan al origen del desarrollo del método, cuya aplicación estaba signada por ausencia de riesgo al aplicarse a bonos sin riesgo y cupones con ingresos conocidos.

³³ Estos supuestos que afectan el resultado son generalmente aplicados por los analistas a los efectos prácticos de los trabajos de evaluación y no son limitaciones del método del VAN en sí mismo. Sin embargo, cabe destacar que uno a uno pueden abordarse y trabajar con mayor grado de exactitud.

El problema radica en la aplicación de esta metodología de valoración de proyectos cuando existen situaciones que se apartan de las condiciones generales de aplicación para las que el método fue concebido, por lo que, si existe algún grado de flexibilidad operativa donde los directivos puedan aplazar inversiones, o bien oportunidades de sobredimensionar el proyecto dadas las condiciones para ello (como es el caso de oportunidades de crecimiento), existirá como resultado una infravaloración del proyecto al aplicarse el VAN dado que no contempla esta flexibilidad operativa.

Conforme lo expuesto y como lo define Lamothe P. y Aragón R. (2003),³⁴ normalmente cuando se proyectan flujos de caja futuros quien analiza no contempla implicaciones estratégicas a medio y largo plazo, siendo éstas más determinantes que la maximización del VAN de los flujos de caja. Los autores remarcan, al igual que otros destacados académicos, la pasividad del inversor al aplicar el VAN como método de valoración de proyectos y que para valorar éste en forma flexible, (es decir, incorporando las situaciones que se presenten), se debe utilizar el método de las opciones reales o de flexibilidad.

Incorporar flexibilidad al proyecto de inversión proveniente de cambios en la estrategia de inversión y capacidad de adaptación ante los diferentes estados del mercado, proporcionaría al proyecto un mayor valor, un VAN mayor, otorgando incluso en algunos casos la conveniencia de acometerlos aun cuando mediante el método tradicional del VAN hubiesen sido rechazados.

En consecuencia, se está hablando de un nuevo concepto del VAN, uno que incorpora el valor que otorga a los proyectos la flexibilidad operativa.

$$\text{VAN (ampliado)} = \text{VAN (tradicional)} + \text{Flexibilidad operativa}$$

$$\text{VAN (ampliado)} = \text{VAN (tradicional)} + \text{Op. Reales}_1 + \dots + \text{Op. Reales}_n$$

³⁴ LAMOTHE Prosper y ARAGÓN Rubén, Valoración de empresas asociadas a la Nueva economía, Ed. Pirámide 2003, Madrid.

Cabe señalar que para la determinación del VAN tradicional, desde su inversión inicial hasta cada uno de sus flujos de caja esperados, se actualizarán a una determinada tasa de descuento ajustada al riesgo (r). Asimismo en el segundo miembro de la ecuación se encuentra la colección de opciones reales existentes en el proyecto, y su valor es el de la prima que cada una tiene.

En cuanto al valor que cada Prima de cada Opción adquiere, Cox, Ross y Rubinstein (1979)³⁵ ofrecen una solución a ello asimilándolas a las opciones que tienen los activos financieros, mediante la aplicación del método Binomial.

Este método plantea saltos del activo subyacente y considera la probabilidad de su ocurrencia.

De esta forma los saltos ascendentes en el tiempo t con n períodos expuestos en un árbol de decisión, serían

$$u = e^{\sigma \sqrt{t/n}}$$

Análogamente el salto descendente sería

$$d = e^{-\sigma \sqrt{t/n}}$$

las probabilidades de ascenso y descenso son:

$$p_u = \frac{e^{(r-q)\Delta t} - d}{u - d} \quad \text{y} \quad p_d = 1 - p_u$$

2.3. Árboles de decisión y análisis de opciones reales

Al considerar una inversión típica por etapas con posibilidad de un desembolso cierto a cambio de ingresos de fondos inciertos al cabo de determinado tiempo, se presenta la disyuntiva entre la realización de una

³⁵ COX, J.C.; ROSS, S.A. y RUBINSTEIN, M (1979) "Option Pricing: A Simplified Approach" Journal of Financial Economics, 7, 229-263.

inversión en el momento inicial correspondiente y atenerse a lo que el destino provea en términos de fondos futuros, y la inversión diferida en el tiempo en el caso que las circunstancias sean favorables, claro que con un cierto costo por esta facilidad de elección.

Copeland y Antikarov (2001) analizan comparativamente el análisis de dicho tipo de inversiones mediante una aproximación tradicional por DCF determinando el Valor Actual Neto, aplican Árboles de Decisión, y el enfoque de las Opciones Reales al mismo problema.

Los autores concluyen, entre otros puntos, que el Valor Actual Neto del proyecto no refleja adecuadamente el valor del mismo dado que, entre otros motivos, presenta la dificultad de encontrar una adecuada tasa de descuento e ignora la flexibilidad operativa que puede ser aplicada al proyecto por la dirección de la Firma.

Por otra parte, la aplicación de Árboles de Decisión permite aproximarse al valor de la flexibilidad gerencial, y como consecuencia añade valor al Valor Actual Neto estático. Ello se rescata detectando y valorando de cierta forma el valor de la flexibilidad el cual métodos basados en el DCF como el VAN no pueden capturar.

Sin embargo, los autores destacan que el método de desarrollo de Árboles de Decisión no es totalmente correcto ya que ignora la “Ley de un solo precio” debiendo ajustarse la tasa de retorno aplicada en función de los estados futuros de las opciones de cada brazo del árbol usando, por ejemplo, un portafolio de réplica para el caso.

Si no se ajusta esta tasa la respuesta del método será errónea ya que aplica una tasa de descuento constante en todo el período desconociendo los cambios expuestos a lo largo del árbol.

La posibilidad de usar un portafolio de réplica es una solución teórica pero en la práctica es imposible de encontrar.

Algunas propuestas alternativas demuestran como activos, los cuales dependen en un alto grado de la variable precio, pueden ser valuadas mediante la réplica de sus propios portafolios financieros, los que pueden ser formados por contratos de futuros sobre los recursos que explota la firma o el proyecto. Se observa claramente en los casos de los emprendimientos que dependen fuertemente del precio de algún *commodity* que explotan. (Brennan y Schwartz (1985)).³⁶

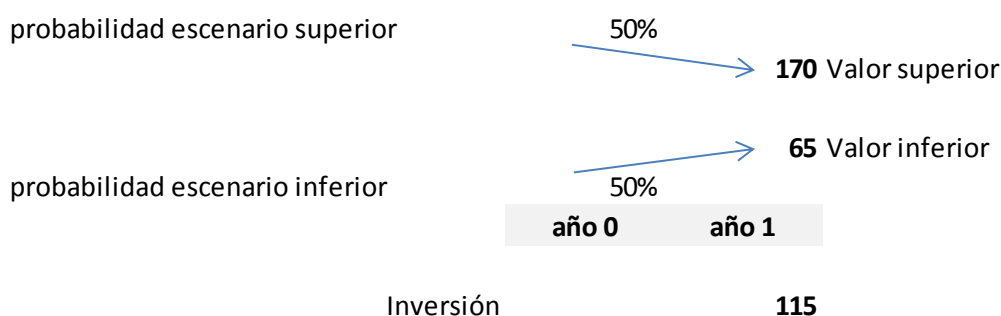
La solución propuesta por Copeland y Antikarov es el uso del MAD (en inglés Marketed Asset Disclaimer) el que se basa en la aplicación de un activo gemelo que deriva del propio proyecto o empresa, lo que sería un activo que se correlaciona perfectamente con el activo en cuestión.

Ejemplificando lo expuesto, supongamos que existe una inversión a realizarse en el año 1 del cronograma de determinado emprendimiento con dos posibilidades de flujos de fondos para dicho emprendimiento en ese momento, una correspondiente a flujos de fondos altos y otra a flujos más moderados.

Cada estado del emprendimiento tendrá su probabilidad de ocurrencia.

³⁶ BRENNAN, Michael y SCHWARTZ, Eduardo (1985) Evaluating Natural Resource Investments, Journal of Business, No.2, 135-157. Chicago.

Ilustración 6 Proyecto a evaluar y búsqueda de MAD



Frente a esta situación en el año 1, llegado ese momento, el inversor aplicará esa inversión al proyecto.

En el marco del método del Valor Presente Neto, una evaluación del emprendimiento no contempla la posibilidad de decisión de inversión.

Al efectuar esta evaluación del proyecto, generalmente al aplicar VPN se requiere una tasa de descuento, la que se trata de determinar mediante la aplicación del CAPM³⁷ buscando las betas correspondientes al sector asumiendo que el riesgo del proyecto y del sector son coincidentes.

Los autores proponen la búsqueda de un activo gemelo de réplica (en inglés: *"twin security"*) cuyos *cash flows* estén perfectamente correlacionados.

Continuando con esta propuesta ejemplificada en este sencillo caso, se propone el siguiente activo gemelo a los efectos de establecer la tasa de descuento a aplicarse³⁸:

³⁷ CAPM en inglés Capital Asset Pricing Model.

³⁸ $23,5 = 34 * 50\% + 13 * 50\%$

Ilustración 7 Búsqueda de Activo Gemelo y tasa de descuento resultante a aplicar

tasa de descuento

	Proyecto	activo gemelo		
Flujo en estado ascendente	170	34		
Flujo en estado descendente	65	13		
activo gemelo valor actual (V_0)=	20			
	$V_0 = \frac{qVu + (1-q)Vd}{(1+k)}$	$\frac{23,5}{(1+k)}$	=	17,5%

Una vez que se cuenta con la tasa de descuento ofrecida por el activo gemelo, se actualizan los flujos de fondos de cada escenario ponderados por sus probabilidades de ocurrencia³⁹.

Ilustración 8 Actualización del valor ponderado del proyecto a la tasa del activo gemelo.

Valor presente del proyecto (VP)=	$\frac{117,5}{1,175}$	=	100,0
(en el año 0)		(ponderado por las probabilidades de cada escenario)	

Considerando la inversión segura a realizarse en el año 1 de 115 unidades monetarias y con una tasa libre de riesgo de 8% anual en esa denominación monetaria, el valor presente neto del proyecto es el siguiente:

Ilustración 9 Destrucción de valor ante la aplicación de VPN

Valor Presente Neto del proyecto =	Inversión - VA_0 =	$\frac{-115}{1,08}$	+	100,00	=	-	6,48
(en el año 0)							
tasa libre de riesgo =	8%						

En síntesis, siguiendo este procedimiento el Valor Actual Neto resultante evidencia una pérdida de valor por lo que sería rechazado a la luz de los criterios de aceptación que establecen que el Valor Presente neto debe ser mayor que 0.

³⁹ $117,5 = 170 \cdot 50\% + 65 \cdot 50\%$

Ilustración 10 Portafolio de réplica y Ley de un solo precio

en la situación ascendente	m*	34	+	B*	(1+rf) =	170 >>>>>>>>>	m=	5	acciones
en la situación descendente	m*	13	+	B*	(1+rf) =	65	B=	0	bonos libres de riesgo
Valor presente del portfolio de réplica	m*	20	+	B*	=	100			
	5	20	+	0	=	100			

Ilustración 11 Árbol de decisión y comparación con el VPN tradicional.

Análisis del Árbol de Decisión

	Valor pyto.	Inversión	Valor Neto	valor diferido	probabilidades	
Flujo en estado ascendente	170	115	55	max(55;0)	55	50%
Flujo en estado descendente	65	115	-50	max(-50,0)	0	50%
VPN=	<u>27,5</u> 1,175	=	23,40			
VPN tradicional	=	-	6,48			
VPN del Árbol de Decisión	=		23,40			

Conforme se observa, desde una visión estática del valor del proyecto a la visión ofrecida por el análisis por árboles de decisión existe un crecimiento en este valor, que equivale a la opción gerencial de poder diferir la decisión de invertir o no según sea la conveniencia para el proyecto.

Un paso más adelante en este tipo de análisis lo ofrecen las Opciones Reales, por lo que, al aplicar el portfolio de réplica se obtiene un valor diferente al obtenido con el método del VAN tradicional así como del obtenido al aplicar el método de árboles de decisión.

Ilustración 12 aplicación de opciones reales

Opciones Reales

acudiendo a la "Ley de un solo precio"

Portfolio de réplica									
en la situación ascendente	m*	34	+	B*	(1+rf) =	55 >>>>>>>>>>	m=	2,62	acciones
en la situación descendente	m*	13	+	B*	(1+rf) =	0	B=	-31,53	bonos libres de riesgo
Valor presente del portfolio de réplica	m*	20	+	B	=	V			
	2.62	20	+	-31.53	=	20.87			

En consecuencia, el valor de diferir la decisión de inversión medido por el método de las opciones reales es de $20,87 - (-6,48) = 27,35$.

Ilustración 13 coincidencia de resultados al aplicar al árbol de decisión la tasa ajustada al riesgo.

aplicando al Análisis por Árbol de Decisión la tasa ajustada al riesgo adecuado el resultado sería el mismo:

$$\begin{aligned} PV &= 20,87 >>>>>>>>> \frac{50\%*55+50\%*0}{1+k} \\ k &= 31,99\% \end{aligned}$$

El Árbol de Decisión usualmente ofrece una respuesta errónea, afirman los autores, ya que asumen una posición de inflexibilidad, dado que durante el proceso la tasa de descuento no es constante a lo largo del árbol de decisión.

2.4.MAD (Marketed Asset Disclaimer). Una solución propuesta ante la imposibilidad de contar con activos gemelos.

Retomamos la idea de MAD propuesta por Copeland y Antikarov (2001⁴⁰), como un importante aporte que hicieron los autores en la valoración de opciones reales sobre un activo cuyo valor no puede ser observado directamente en el mercado.

La aplicación del MAD propone, ante la imposibilidad de obtener en la vida real un activo gemelo, cuyos flujos estén exactamente correlacionados con el del proyecto, incluso proyectos donde existe una fuerte relación del proyecto del mismo con la del bien principal (por ejemplo proyectos mineros, donde la volatilidad del oro no es la misma que la de la mina de oro), la búsqueda de un activo que esté representado por el propio proyecto sin flexibilidad (por ejemplo acudiendo al VAN tradicional).

Al usar MAD se asume que los flujos futuros son los mismos que los del proyecto sin flexibilidad.

En el ejemplo que se expone el flujo de fondos en situación ascendente es de 170 y en el descendente es de 65, y el valor presente del proyecto es 100.

⁴⁰ COPELAND Tom ANTIKAROV Vladimir Real Options a Practitioner's Guide, Texere New York 2001.

El portafolio de réplica para la situación de ascenso es:

$$m(170)+B(1+rf)=55$$

En el caso descendente es:

$$m(65)+B(1+rf)=0$$

el valor de **m=0,524** y **B=-31,54**

el Valor presente del proyecto con flexibilidad:

$$m(100)-B= 0,524(100)-31,54=52,4-31,54 = 20,86$$

se puede observar que este valor es el mismo que se obtuvo al aplicar el activo gemelo anteriormente.

La hipótesis del MAD no descansa en la existencia de un portafolio de réplica sino que se basa en:

- a. La reducción a una sola fuente de incerteza, el desvío estándar del retorno del propio proyecto representado por los autores como una tasa de rendimiento de un período a otro.
- b. El precio del activo subyacente sigue un movimiento browniano geométrico.
- c. Los precios correctamente anticipados fluctúan aleatoriamente al igual que las tasas de retorno y siguen un *random walk* con volatilidad constante aunque los flujos no sigan un patrón aleatorio, sino una reversión a la media.

Copeland y Antikarov (2001) sostienen que el uso del DCF o VAN para evaluar inversiones asume activos negociados de riesgo comparable (con mismo beta) y que la existencia de un “*twin security*” es implícitamente asumida en el DCF o VAN para estimar la tasa ajustada por el riesgo, ya que los mismos betas significan retornos perfectamente correlacionados.

El DCF de un proyecto es una estimación del valor que tendría si sus acciones fueran negociadas en el mercado.

Lómez Dumrauf (2005) concluye que los supuestos subyacentes en la valoración de opciones no son más fuertes que los supuestos del análisis DCF para valorar activos reales.

En suma, la aplicación del MAD en el contexto de valoración de opciones reales se resume en los siguientes pasos:

1. Proyectar el *cash flow* usando estimaciones subjetivas.
2. Calcular el DCF en base a una tasa de descuento dada por el CAPM o el WACC.
3. Estimar distribuciones de probabilidad para cada fuente de incertidumbre (por ej.: precios, cantidades vendidas, costos etc.)
4. Simular mediante método Monte Carlo obteniendo la volatilidad de los retornos a partir de la desviación estándar del $\ln(V_1/V_0)$.
5. Construir el árbol binomial
6. Valorar la opción real utilizando probabilidades neutrales o el portafolio de réplica.

2.5. La Flexibilidad empresarial, la incertidumbre y la existencia de opciones.

En el mundo de los negocios, una constante que siempre ha existido con creciente presencia es la incertidumbre.

El crecimiento empresarial requiere la toma de decisiones de inversión cargadas de incertidumbre.

Intuitivamente los directivos saben que deben afrontar y gestionar activamente sus inversiones cambiando los planes a medida que van cambiando las condiciones del mercado. Los directivos también saben que los instrumentos financieros de valoración estándar no sirven en este tipo de situaciones (Amram M. Kulatilaka, Nalin, 2000⁴¹)

Algunos aportes relativamente estáticos se efectúan desde la perspectiva de asignar probabilidades de ocurrencia a escenarios y ponderar sus resultados, siendo una visión incompleta de la complejidad de la dinámica que las empresas esperan.

La mayoría de las evaluaciones de los proyectos se realizan en escenarios de certidumbre respecto a las variables que componen el flujo de caja. Sin embargo, en la mayoría de los procesos decisorios, el inversionista busca determinar la probabilidad de que el resultado real no sea el estimado y la posibilidad de que la inversión pudiera incluso resultar con rentabilidad negativa, Sapag, N. (1998).⁴²

Knight⁴³ (1921) señalaba que “vivimos en un mundo de cambio, en un mundo incierto. Vivimos conociendo solo algo sobre el futuro, y por tanto, los problemas diarios surgen por el hecho que nosotros sabemos tan poco. Esto es tan cierto para los negocios como para otras esferas de la vida. La esencia de la situación es la acción en concordancia con la opinión, de mayor o menor fundamentación y valor, un conocimiento parcial, entre la mayor de las ignorancias y el conocimiento perfecto” una situación de riesgo es aquella en la

⁴¹ AMRAM M. KULATILAKA, Nalin; Opciones Reales, 2000, Gestion 2000, Barcelona, 2000

⁴² SAPAG CHAIN, Nassir, 1998, Evaluación de inversiones en la empresa, CIADE, Santiago de Chile

⁴³ KNIGHT, F.H. 1921. Risk, uncertainty and profit. The Riverside Press

que conocemos las probabilidades objetivas de los hechos futuros; mientras que cuando solo disponemos de probabilidades subjetivas, hablaríamos de incertidumbre.

En las últimas décadas fue notorio el pasaje de una economía industrial a otra del conocimiento. Por su parte, aparece el concepto de la globalización de la información y los negocios. A su vez cada vez con mayor incidencia se incorporan las nuevas tecnologías a las organizaciones y a sus sistemas de producción y de gestión.

Lo señalado tiene un efecto directo en el incremento de la incertidumbre en los negocios.

Por su parte, la incertidumbre crea oportunidades para quien desarrolla negocios.

La incertidumbre (Amram M. Kulatilaka, Nalin, 2000) es la aleatoriedad o causalidad del entorno externo, los directivos no pueden alterar su nivel. La incertidumbre es un input dentro del análisis de las opciones reales.

La exposición a la incertidumbre de una empresa está determinada por una serie de factores, incluida la línea de negocio, estructura de costes, y naturaleza de los contratos para obtener inputs y vender outputs. Los directivos cambian la exposición de los activos a través de la inversión una vez analizada la incertidumbre del entorno externo a la empresa.

La exposición ante la incertidumbre es inevitable y la flexibilidad aparece como una de las respuestas empresariales ante ésta.

Autores como el ya mencionado Knight (1921) hace casi un siglo proponía posturas para enfrentarla, tales como consolidación, especialización, mejoras en recursos de producción, incremento en la capacidad predictiva,

difusión de las consecuencias de las contingencias y dirección de las actividades de la empresa hacia actividades de menor incertidumbre.

Se observa en aquellas posturas la aversión a la incertidumbre.

Ya en épocas más recientes, aparece en la literatura tratados y estudios orientados hacia el “*risk management*” (Guivernau, 2005)⁴⁴ que han intentado proponer esquemas mentales, modelos y herramientas para la medida y la gestión de los diferentes tipos de riesgos que afectan la empresa (Dowd, 1998, Crouhy 2001, Culp, 2001, Poitras, 2002).

En una versión actualizada de Knight, Guivernau sostiene que podemos clasificar las diferentes estrategias de gestión de la incertidumbre manteniendo la tónica de Knight acerca de la aversión al riesgo:

- a. Evitar la Incertidumbre. Implica la renuncia de un proyecto por su incertidumbre, aunque conlleve a un alto costo, pues con su abandono desaparecen las posibles pérdidas, pero también la eventualidad de importantes beneficios. En los casos que eludir el proyecto sea imposible, la opción estaría en la búsqueda de métodos complementarios.
- b. Soportar la Incertidumbre.
- c. Transferir la incertidumbre. Algunos ejemplos de este tipo de estrategias son la compra de un futuro financiero, la adquisición de un seguro o la inclusión de determinadas cláusulas en los contratos por las que también se producen trasvases de incertidumbres a otros agentes.

⁴⁴ GUIVERNAU Escuer Josep María (2005) Tesis doctoral ESTUDIO DE LA FLEXIBILIDAD EMPRESARIAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LAS OPCIONES REALES ESADE, Barcelona 2005.

- d. Compartir la incertidumbre. Ejemplo de esta estrategia son la creación de una sociedad anónima, mediante de la división de la propiedad cada accionista participa solo de una parte de la incertidumbre global.
- e. Reducir la incertidumbre. El autor incluye a los avances tecnológicos y los nuevos conocimientos, junto con mejoras en las medidas preventivas y el aumento del control, son estrategias también viables en la disminución de sus efectos.

El enfoque señalado ofrece otra visión acerca de la incertidumbre.

2.6.Las Opciones. Concepto general.

Las opciones son instrumentos que ofrecen a su propietario el derecho, pero no la obligación a realizar una acción u operación determinada durante un período prefijado.

Las opciones están presentes en la vida de las personas y de las empresas, son diversas, como puede ser una opción básica y simple como la compra de una entrada a un espectáculo que confiere a su propietario el derecho a concurrir al citado espectáculo en la función establecida, hasta más complejas como pueden ser la tenencia de opciones sobre acciones de empresas, o sobre la compra de una licencia o patente, etc.

Los elementos que definen una opción son:

- La Prima. Una opción tiene un coste como contrapartida a ese derecho que otorga, la prima a pagarse por ella.⁴⁵
- El Activo Subyacente⁴⁶. Toda opción opera sobre un determinado activo (real o financiero) que se denomina activo subyacente.

⁴⁵ *Premium* en inglés.

⁴⁶ *Underlying Asset* en inglés

- Precio de compra o de venta⁴⁷. Dependiendo del tipo de opción que se trate, las opciones tienen un precio de venta o de compra que efectiviza el derecho a su tenedor de venderlo o comprarlo respectivamente.
- Opción de compra⁴⁸. Es el derecho que tiene el poseedor de una opción de comprar cierto activo en un período establecido a cierto precio prefijado.
- Opción de venta⁴⁹. Es el derecho que tiene el poseedor de una opción de vender cierto activo en un período establecido a cierto precio prefijado.
- Fecha de vencimiento⁵⁰. Es la fecha en la que termina ese derecho a comprar o vender cierto activo.

La tipología de las opciones considerando el momento que se ejerce la opción da lugar a tres tipos de opciones:

2.6.1. Tipo Europea.

Es la opción que solo se ejerce en la fecha de vencimiento. Un ejemplo sencillo que ilustra este tipo de opción puede ser un boleto aéreo que fija el vuelo a cierto destino para determinado día y hora. Sólo en ese momento puedo hacer uso de ese boleto que confiere el derecho al viaje, ni antes ni después del día del vuelo tal como se pactó.

2.6.2. Tipo Americana.

Es la opción que solo se ejerce en cualquier momento antes de la fecha de vencimiento.

Yendo ya hacia ejemplos más elaborados, aunque tratando de no apartarnos de la simpleza ilustrativa, podemos mencionar el caso del tenedor de derechos de explotación de minerales otorgados por el Estado por cierto

⁴⁷ *Strike Price* en inglés.

⁴⁸ *Call Option* en inglés.

⁴⁹ *Put Option* en inglés.

⁵⁰ *Expiration date* en inglés.

período, por el cual podrá perforar y extraer el mineral en cualquier momento hasta cierta fecha, habiendo cumplido previamente con el pago del monto al Estado que le otorga ese derecho de explotación temporal.

2.6.3. Tipo Bermuda.

Es un caso intermedio entre los dos tipos de opciones ya descritos, en el cual se puede ejercer ese derecho en ciertos momentos estipulados durante la vida de la opción, como puede ser el ejemplo de opciones sobre acciones, donde se pacta que el ejercicio de la opción de compra sobre las acciones ordinarias podrá efectuarse durante el plazo de dicha opción pero solo en determinado plazo al cierre del balance anual, semestral etc. y no en cualquier fecha.

Como puede observarse, el precio de ejercicio podrá durante la vida de la opción ser mayor, menor o igual al que vaya adquiriendo el del subyacente.

De esta forma se clasifican en tres tipos:

a. Opciones dentro del dinero⁵¹.

Estas opciones son las que, al ejercerse en esa situación (dentro del dinero) generarán una ganancia para su tenedor, por ejemplo una opción de compra es “dentro del dinero” cuando su precio de ejercicio es inferior al valor del activo, subyacente en ese momento de ejercicio. Si fuera una opción de venta el caso es justamente el inverso.

b. Opciones fuera del dinero⁵².

Son las opciones que, en el momento de ejercicio, generan una pérdida para su tenedor. Por ejemplo si consideramos una opción de compra “fuera del dinero” el precio de ejercicio será superior al desarrollado por el subyacente en ese momento. Para el caso de una opción de venta es exactamente al revés, el subyacente tiene un valor superior al precio de ejercicio.

⁵¹ *In the money* (ITM) en inglés.

⁵² *Out of the money* (OTM) en inglés.

c. Opciones en el dinero⁵³.

Las opciones en el dinero son aquellas en la que existe coincidencia entre los valores del precio de ejercicio y del subyacente en el momento de ejercicio.

2.7.Opciones Financieras y Opciones Reales

Las opciones financieras son aquellas que tienen como activo subyacente a un activo financiero, tales como acciones, un índice bursátil, una obligación, una divisa, entre otros.

Las opciones reales son aquellas que tienen como subyacente un activo real, como ser inmuebles, proyecto de inversión, una empresa o parte de ella (acciones), una patente, una licencia, entre otros.

El valor de las opciones según sea su caso dependerá de seis variables que las conforman:

- a. Precio del activo subyacente (S). En el caso de las opciones financieras éste indica el precio del activo financiero que se trate, caracterizándose por la certeza en cuenta a la determinación de su valor, mientras que en el caso de las opciones reales indica el valor actual del activo real subyacente, dado éste por el valor actual resultante de los flujos futuros que se espera que se generen a partir del mismo. Este valor actual será aproximado, a diferencia de lo señalado para el precio del subyacente de activos financieros. Si el precio del subyacente aumenta, el valor de la opción de compra también lo hará, y viceversa con el caso de la opción de venta.

⁵³ *All the money* (ATM) en inglés.

b. Precio de ejercicio (X). El tenedor o propietario de una opción podrá ejercerla a determinado precio, siendo éste el precio de ejercicio de la citada opción. Si se trata de un activo financiero subyacente, podrá comprarse a determinado precio en el caso de una opción *call*, así como también podrá venderse a determinado precio acordado si se trata de una opción *put*. En el caso de un activo real, es muy similar, ya que el precio de ejercicio es el que debe pagar el tenedor de una opción por adquirir el activo subyacente, o bien el precio que el propietario del activo real tiene derecho a recibir en el caso de opciones de venta. Si el precio de ejercicio aumenta, el valor de la opción de compra descenderá y viceversa con el caso de la opción de venta.

c. Tiempo hasta el vencimiento (t). Es el plazo que dispone el tenedor de la opción para su ejercicio.

Al aumentar el tiempo de vencimiento, las opciones de venta o de compra aumentan.

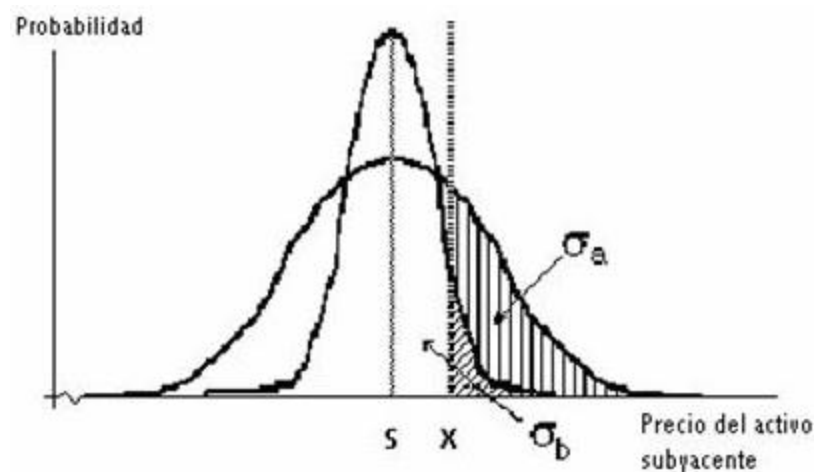
Es claro en el caso de las opciones reales que, cuanto mayor sea el plazo de ejercicio, mayor información se incorpora para una mejor decisión en pos de una mayor rentabilidad. Pero ¿cómo opera realmente la existencia de un mayor plazo de ejercicio en relación al valor del proyecto o de la empresa?.

Mascareñas (2007) señala claramente que, ante la posibilidad de posponer una inversión (caso de la opción de diferir) la opción proporciona a la empresa o al proyecto un tiempo adicional para examinar la tendencia de los acontecimientos futuros, reduciendo al mismo tiempo la posibilidad de incurrir en costosos errores debido a que los acontecimientos se han desarrollado en contra de lo previsto. Cuanto mayor sea el intervalo de tiempo (t) que se tiene de margen para demorar la decisión final, mayor será la posibilidad que los acontecimientos se desarrollen de forma favorable aumentando la rentabilidad del proyecto. Añade al final de su explicación que si los acontecimientos fuesen contrarios a los intereses del decisor, éste renunciaría a realizar el proyecto evitando así una pérdida innecesaria.

- d. Riesgo (σ). Es la volatilidad, dada por la desviación típica de los rendimientos del activo subyacente. A mayor incertidumbre acerca del valor del activo subyacente, mayores oportunidades de capturar valor a partir de la información que se maneje y en función de ello decidir si se emprende o no la inversión.

Partiendo de la fuerte asimetría existente entre ganancias y pérdidas eventuales que acompañan al activo, cuanto mayor sea este riesgo, (o visto como la mayor volatilidad), mayor será la volatilidad y la posibilidad de acrecentar en valor de la opción de venta o de compra. Mascareñas (2007) vuelve a retomar el ejemplo de la opción de espera y la asocia con el riesgo inherente al proyecto, señalando que cuánto más grande sea el riesgo asociado al proyecto más valiosa será la opción de diferir el mismo. Aclara que ello se debe a la asimetría existente entre pérdidas y ganancias, así un aumento de las operaciones hará aumentar la magnitud del VAN mientras que un gran descenso de las operaciones no necesariamente provocará un VAN negativo, ya que se pueden eliminar las pérdidas al no ejercer la inversión.

Ilustración 14 Riesgo de un proyecto

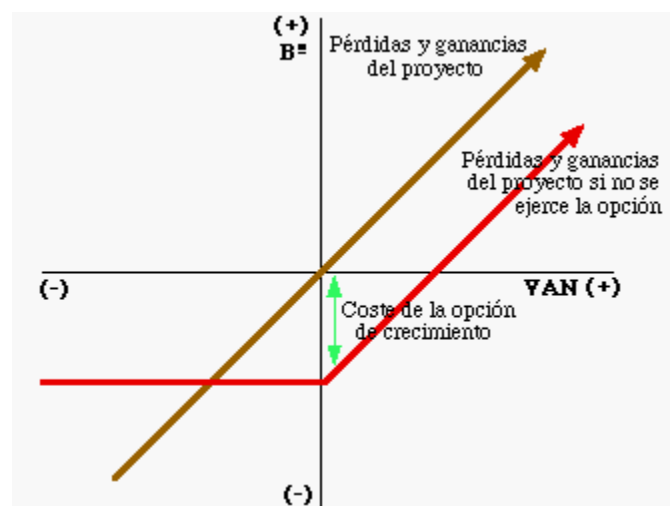


Fuente : Mascareñas (2007)

Si bien un aumento del riesgo del proyecto aumentaría el valor de la opción, yendo hacia el contexto del presupuesto de capital puede incrementarse el coeficiente beta del activo, por lo tanto incrementar la tasa de descuento a aplicarse a cada flujo de efectivo esperado y como consecuencia reducir el VAN del escenario considerado. En consecuencia, habrá casos en que el aumento del valor de la opción supere al descenso del VAN básico, pero podría suceder lo contrario.

En síntesis, ante un aumento del valor de la opción de diferir el proyecto no significa necesariamente que aumente el deseo de invertir por parte del inversor, dado que el aumento de riesgo reduce dicho deseo en el inversor promedio, o al menos retrasa la decisión de inversión, esto es debido a que el incremento en el valor del proyecto de inversión deriva precisamente del valor de espera, por lo tanto el aumento del valor de la opción radica en la necesidad de esperar todo lo necesario antes de acometer el proyecto.

Ilustración 15 ejercicio de una opción, su coste y pérdidas y ganancias limitadas.



Fuente : Mascareñas (2007)

- e. Interés libre de riesgo (r). es el tipo de interés exento de riesgo que refleja el valor tiempo del dinero en las opciones.

Este interés libre de riesgo al aplicarse a los flujos futuros, los penaliza conforme sea su valor, reduciéndolos y en consecuencia reduciendo el valor del precio de ejercicio.

- f. Dividendos (D). Son las sumas de dinero líquido que generan los subyacentes en el plazo que se posea la opción antes de su ejercicio, la que es cobrada. Tal como aclara Mascareñas (2004) estos dividendos si bien son generados, en la opción de compra, mientras no se ejerza por su tenedor, éste pierde ese dinero ya que no es aun accionista y por lo tanto no tiene aún los derechos a esos dividendos.

Los dividendos generados por el subyacente afectan el valor de la opción ya que desciende frente al pago de cada una de dichas partidas de efectivo.

En síntesis, a continuación se expone un cuadro que expone la correspondencia que cada variable tiene entre una opción de compra real y financiera.

Ilustración 16 Correspondencia entre opciones financieras y reales

OPCION DE COMPRA REAL	VARIABLE	OPCION DE COMPRA FINANCIERA
Valor de los activos operativos	S	Precio del activo financiero
Desembolsos para adquirir activo	X	Precio de ejercicio
Tiempo para la decisión de la inversión	t	Tiempo hasta el vencimiento
Riesgo del activo operativo subyacente	σ^2	Varianza de los rendimientos del activo financiero
Valor temporal del dinero	r_f	Tasa de interés sin riesgo
Renuncia por no ejercer la opción	D	Dividendos del activo subyacente

Fuente: elaboración propia adaptado de Mascareñas, Lamothe, López Lubián y de Luna (2004).

Al considerar las citadas variables que afectan el valor de la opción, al alterarlas (ante un aumento de ellas en este caso) se observará la generación

de un resultado en el valor de la opción, dependiendo que sea de compra o de venta, estará directa o indirectamente correlacionada según sea su caso. Pueden también en ciertas circunstancias generar movimientos de valor contrarios entre las opciones de compra y venta ante el cambio de ciertas variables que afectan a la opción.

Tabla 2 Efectos en las opciones de compra y venta ante cambio de variables de una opción

VARIABLE		OPCIÓN	
		DE COMPRA	DE VENTA
Precio del activo subyacente	S	+	-
Precio de ejercicio	X	-	+
Tiempo	t	+	+
Riesgo	σ^2	+	+
Tipo de interés	r_f	+	-
Dividendos	D	-	+

Fuente: elaboración propia adaptado de Mascareñas, Lamothe, López Lubián y de Luna (2004).

La mayor parte de la literatura sobre las opciones reales se centra en el hecho de las oportunidades existentes en los proyectos o directamente en empresas de accesos a contratos negociables con ejecución predeterminada sobre activos negociados en un mercado completo. Es decir, la cancelación de la opción real puede ser replicada utilizando activos negociables, de modo que todos los riesgos son susceptibles de cobertura (Carol y Xi, 2003)⁵⁴.

Por otra parte, hay académicos que centran parte de sus trabajos en opciones reales en el momento de la decisión de ejecución de la opción, la que

⁵⁴ CAROL Alexander y XI, Chen, 2013 Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

en algunos casos es posible ejercerla en cualquier momento en un horizonte infinito. Considerando este caso, la opción tiene el mismo valor para todos los inversores (Harrison y Kreps, 1981)⁵⁵ y por lo tanto puede ser valorado como si el inversionista es neutral al riesgo, al igual que una opción financiera.

Algunos de los trabajos que suponen un horizonte infinito de ejercicio de la opción los presentan académicos como Kogut (1991)⁵⁶, Grenadier (1996)⁵⁷, Smith y McCardle (1998)⁵⁸ y Patel et al. (2005)⁵⁹.

Carol y Xi (2013) distinguen diferentes corrientes académicas que se centran en distintas formas de ejecución de la opción en el tiempo, destacan a la que siguen un importante conjunto de académicos los que se refieren a una opción real como un contrato negociable, por lo general con una ejecución en un momento predeterminado y un horizonte finito Triantis y Hodder (1990)⁶⁰, Capozza y Sick (1991)⁶¹, Trigeorgis (1993)⁶², Panayi y Trigeorgis (1998)⁶³, Benaroch y Kauffman (2000)⁶⁴, Boer (2000), Yeo y Qiu (2002)⁶⁵, Shackleton y Wojakowski (2007) entre otros.

⁵⁵ HARRISON, J. M., D. M. KREPS. 1981. Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets. *Journal of Economic Theory* 20 381–408.

⁵⁶ KOGUT, B. 1991. Joint ventures and the option to expand and acquire. *Management Science* 37 19–33.

⁵⁷ GRENADIER, S. R. 1996. The strategic exercise of options: development cascades and overbuilding in real estate markets. *The Journal of Finance* 51 1653–1679.

⁵⁸ SMITH, J. E., K. F. MCCARDLE. 1998. Valuing oil properties: Integrating option pricing and decision analysis approaches. *Operations Research* 46(2) 198–217.

⁵⁹ PATEL, K., D. PAXSON, T. F. SING. 2005. A review of the practical uses of real property options. *RICS Research Paper Series*, 5:1.

⁶⁰ TRIANTIS, A. J., J. E. HODDER. 1990. Valuing flexibility as a complex option. *The Journal of Finance* 45 549–565.

⁶¹ CAPOZZA, D. R., G. A. SICK. 1991. Valuing long-term leases: the option to redevelop. *Journal of Real Estate Economics and Finance* 4 209–233.

⁶² TRIGEORGIS, L. 1993. The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* 28 1–20.

⁶³ PANAYI, S., L. TRIGEORGIS. 1998. Multi-stage real options: the cases of information technology infrastructure and international bank expansion. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38 675–682.

⁶⁴ BENAROCH, M., R. J. KAUFFMAN. 2000. Justifying electronic banking network expansion using real options analysis. *MIS Quarterly* 24 197–225.

⁶⁵ YEO, K. T., F. QIU. 2002. The value of management flexibility - a real option approach to investment evaluation. *International Journal of Project Management* 21 243–250.

Otros estudios incluyen una ejecución de carácter estocástico, incluyendo McDonald y Siegel (1986)⁶⁶, Quigg (1993) y Bowman y Moskowitz (2001)⁶⁷.

Sin embargo, en la práctica, muchas oportunidades de decisión alcanzadas por la definición original de Myers (1976)⁶⁸ no son posibles de estandarizar, por ejemplo los valores negociables y sus riesgos son sólo parcialmente susceptibles de cobertura.

Esta afirmación parece estar en línea con la mayoría de los proyectos en el campo real empresarial.

Entonces si esta afirmación es más ajustada al mundo real, es interesante profundizar en ella y analizar con un par de ejemplos sencillos el alcance de la misma. Si analizamos una determinada compañía petrolera que debe decidir si se debe perforar en una zona u otra (por ejemplo campo I o campo II), sus puntos de vista acerca de los beneficios de la perforación en cada lugar depende de sus creencias subjetivas acerca de los precios de mercado del mineral crudo en el futuro, expectativas de reservas de mineral, así como sus posturas frente al riesgo. En consecuencia es poco probable que los costos de inversión son poco probable que sean adecuadamente presupuestados de forma predeterminada. Este sería el caso análogo a los de minería expuestos en el trabajo de campo de esta Tesis. Otras situaciones que ilustran la dificultad de estandarizar las decisiones a adoptar en el futuro están en línea con los casos desarrollados en la presente Tesis. Por ejemplo, cuando una compañía farmacéutica decide acerca de una investigación y desarrollo de un fármaco, tanto los costos de investigación y los beneficios posteriores tienden a ser correlacionadas positivamente con el precio de mercado potencial del fármaco y el tamaño del mismo. En esta configuración no hay valor único

⁶⁶ Mc.DONALD, R., D. SUEGEL. 1986. The value of waiting to invest. Quarterly Journal of Economics 101(4) 707–727.

⁶⁷ QUIGG, L. 1993. Empirical testing of real option-pricing models. The Journal of Finance 48 621–640.

⁶⁸ MYERS, S. C. 1977. Determinantes of corporate borrowing. Journal of Financial Economics 5(2) 147–175.

de una opción real, sino que será específica para el inversor, en función de sus puntos de vista subjetivos sobre los costos y beneficios de la inversión, y sobre sus preferencias de riesgo.

Carol y Xi (2013) al igual que Grasselli (2011)⁶⁹ consideran que ninguno de los riesgos de la inversión son susceptibles de cobertura. Es importante destacar que la flexibilidad de la oportunidad de invertir en cierto proyecto tiene un valor de opción aun para un inversor adverso al riesgo, por lo que el paradigma de las opciones reales se puede aplicar al valorar la decisión de una inversión privada.

Los primeros trabajos sobre los problemas de opciones reales utilizan un árbol de decisiones, usando una tasa de descuento constante ajustada al riesgo, en la que el valor de la opción disminuye con el riesgo Mason y Merton (1985)⁷⁰, Trigeorgis y Mason (1987)⁷¹, Copeland et al. (1990) y Copeland y Antikarov (2001).

Sin embargo, Copeland, Koller y Murrin. (1990)⁷² desestimaron el árbol de decisiones y dirigen la corriente principal de la investigación de opciones reales a la valoración neutral al riesgo, considerando la opción como americana estándar, con precios que aumentan con la volatilidad del activo subyacente. Trigeorgis (1996), Smit (1996)⁷³, Brandao y Dyer (2005)⁷⁴, Brandao, Dyer y Hahn. (2005, 2008)^{75 76} y Smith (2005) han empleado el enfoque de árbol de decisiones.

⁶⁹ GRASELLI, M. R. 2011. Getting real with real options: A utility-based approach for finite-time investment in incomplete markets. *Journal of Business Finance and Accounting* 38(5-6) 740–764.

⁷⁰ MASON, S. P., R. C. MERTON. 1985. Recent Advances in Corporate Finance. 7-54. Irwin, Boston, MA.

⁷¹ TRIGEORGIS, L., P. MASON. 1987. Valuing managerial flexibility. *Midland Corporate Finance Journal* 5 14–21.

⁷² COPELAND, T., T. KOLLER, J. MURRIN. 1990. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. John Wiley & Sons.

⁷³ SMIT, H. T. J. 1996. The valuation of offshore concessions in the netherlands. *Financial Management* 26(2) 5–17.

⁷⁴ BRANDAO, L. E., J. S. DYER, W. J. HAHN. 2005. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. *Decision Analysis* 2 69–88.

⁷⁵ BRANDAO, L. E., J. S. DYER, W. J. HAHN. 2008. Response to comments on Brandao et al. (2005).

2.8. Tipos de Opciones Reales

Diversos son los autores que reconocen como opciones reales básicas las de crecimiento, diferimiento o espera, y la de desinversión o reducción de escala conteniendo esta calificación la de desinversión máxima, que es la de abandono.

En principio estos tres grupos encierran sub-categorías que contemplan prácticamente todas las posibilidades que el gerenciamiento de los proyectos o de las firmas puede optar dadas las circunstancias que se presenten.

Así es que, por ejemplo, Mascareñas (2004) (2007)⁷⁷ señala un amplia tipología de opciones reales que pueden estar interrelacionadas dentro de un mismo emprendimiento.

2.8.1. Opción de diferir o de aprender

2.8.1.1. Opción de diferir ⁷⁸

Un proyecto otorga a su propietario el derecho de decidir cuándo ejecutarlo, por lo que ante determinada incertidumbre inicial, podrá esperar para acometerlo, y al transcurrir el tiempo y lograr mejorar la información, podrá ejecutarlo más tarde con la consiguiente reducción de incertidumbre y eventuales reducciones de pérdidas o generación de ganancias.

Esta opción es más valiosa cuánto más exclusivos sean estos derechos⁷⁹.

Decision Analysis 2 103–109.

⁷⁶ BRANDAO, L. E., J. S. DYER. 2005. Decision analysis and real options: A discrete time approach to real option valuation. *Annals of Operations Research* 135(1) 21–39.

⁷⁷ MASCAREÑAS Juan, Opciones Reales en la valoración de proyectos de inversión, Documento de trabajo, Universidad Complutense de Madrid, 2007.

⁷⁸ *Option to defer* en inglés.

Visto desde otro ángulo, la realización anticipada de un proyecto implica la renuncia a su diferimiento, el valor de esta opción de diferimiento es en esencia un coste de oportunidad, y como tal, solo se justifica la conveniencia del proyecto cuando el valor actual de los flujos futuros del proyecto supera al desembolso inicial por una cantidad igual al valor de la opción por diferirlo.

$$VA > A + \text{Opción de diferir}$$

A = es el precio de ejercicio o coste de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento.

$$\text{VAN básico} > \text{Opción de diferir.}$$

Es importante destacar que esta opción de retrasar el proyecto tiene un coste. Éste es equivalente a los flujos de fondos que se pudiese recibir en ese período.

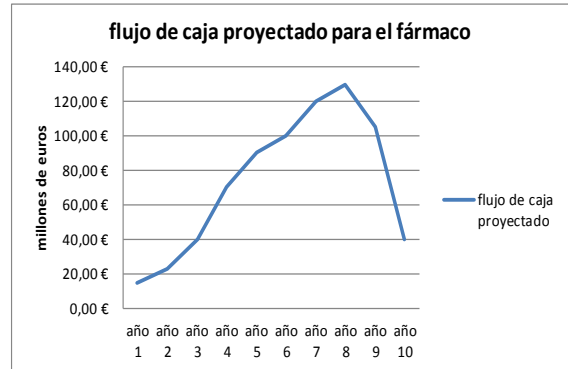
$$\text{Coste de retraso} = \frac{VA(\text{Flujo de caja}_t)}{VA_0}$$

El siguiente ejemplo demuestra la conveniencia de esperar para acometer un proyecto previo pago de una prima.

⁷⁹ Algunas de estas opciones se aplicarán a los casos de campo del área de biotecnología, minería y petróleo.

Tabla 3 Opción de espera

Inversión en fabricación de fármaco	510,00 € millones	Flujo de caja estimados para el proyecto									
Plazo para decisión de la adquisición	1 año	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Plazo para uso de los derechos	8 años	15,00 €	23,00 €	40,00 €	70,00 €	90,00 €	100,00 €	120,00 €	130,00 €	105,00 €	40,00 €
derecho de producción y venta exclusiva		valores en millones de euros									
Precio prima de opción	50										
Tasa libre de riesgo	3%										
Prima riesgo mercado	5,50%										
Beta	2										
Tasa de descuento /coste de oportunidad k_e	14,00%										
Valor residual (sin crecimiento y a la misma tasa de descuento)	285,71 € año 10										
Valor actual del Valor Residual	77,07 € año 0										
Valor actual de los flujos de caja	405,28 €										
Valor actual neto	-104,72 €										
Desvío estandar de los rendimientos	58,00%										
Coste de retraso											
Flujo de Caja año 1	15,00 €										
VA CF1	13,16 €										
VA Flujos	405,28 €										
Coste del retraso (del valor de la patente y del flujo del retraso)	3,25%										



Aplicación método binomial

Volatilidad	58,00%
Tasa libre de riesgo continua	3,045%
U	1,78603843
D	0,55989837

Probabilidad neutral al riesgo

p	38,4%
q	61,6%
coste de desarrollar el proyecto en año 0	510,00 €
coste de desarrollar el proyecto en año 1	525,53 €

desarrollo binomial

	año 0	año 1
Valor de la patente con el coste de retraso	valor patente 405,28 €	723,8 €
	valor patente con retraso	700,3 €
decisión de realización o no del proyecto	realizar proyecto	174,8 € Máx(Flujo año 1⁺ - coste de desarrollo en año 1)
	valor patente	226,9 €
	valor patente con retraso	219,5 €
	No realizar proyecto	0,0 € Máx(Flujo año 1⁻ - coste de desarrollo en año 1)

Valor Actual total del proyecto

Probabilidad neutral al riesgo		valores esperados año 1	VAN total año 0
p	38,38%	174,8 €	65,1 €
q	61,62%	0,0 €	
Tasa libre de riesgo	3,045%		

Conclusiones

Valor actual del proyecto sin posibilidad de diferimiento	-104,72 €			
Valor actual del proyecto con posibilidad de diferimiento	65,10 €			
Valor de la opción de diferir	65,10 € menos	-104,72 €	valor opción	169,83 €
VAN total = VAN básico + opciones implícitas	VAN básico	-104,72 €	más opciones implícitas	169,83 € = VAN total 65,10 €
Conveniencia de la propuesta de diferimiento				
Valor actual del proyecto con posibilidad de diferimiento	65,10 €			
Valor cobrado por el dueño del proyecto para esperar	50,00 €			
Conclusión final: conviene pagar y esperar				

2.8.1.2. Opción de aprendizaje ⁸⁰

A cambio de un coste determinado un proyecto puede otorgarle a su propietario información valiosa para su ejecución.

Las opciones de aprendizaje ofrecen la posibilidad de afinar los pronósticos acerca del valor del activo en el futuro despejando parte de la incertidumbre inicial, por ejemplo es el caso de las mejoras predictivas a la luz de las investigaciones de mercado que se efectúen. Además, este tipo de opciones otorgan a sus tenedores la posibilidad de cambiar el valor del activo, mejorando su valor actual, alterando la probabilidad de éxito, como es el caso de realización de pruebas, ensayos, pruebas piloto que permitan mejorar las probabilidades de éxito futuras.

Sin embargo todo esto descansa en el coste de aprender, que es el precio de ejercicio de la opción y sus resultados como ser la reducción de la incertidumbre y la creación de valor derivada de este aprendizaje.

Tabla 4 Opción de aprendizaje

inversión inicial	350.000,00 €				
Escenarios posibles	Valor Actual	Probabilidad	Valor actual	probabilidad	Flujos netos de cada escenario
optimista	500.000,00 €	30%	500.000,00 €	30%	45.000,00 €
más probable	400.000,00 €	40%	400.000,00 €	40%	20.000,00 €
pesimista	300.000,00 €	30%	300.000,00 €	30%	- 15.000,00 € >>>>>>> máxima inversión en investigación
Valor Actual del Proyecto	400.000,00 €		VAN Medio		50.000,00 €
VAN medio esperado	50.000,00 €				
podría perder también	- 50.000,00 €	con probabilidad	30%		
podría evitarse si se invierte en estudio /opción de aprendizaje de hasta			15.000,00 €		

Conclusión: en ese caso la pérdida máxima será el coste del estudio hasta ese límite

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J., Lamothe, P., López Lubian, F. de Luna, W 2004

⁸⁰ *Learning option* en inglés.

Del ejemplo expuesto, se observa que existe la posibilidad de obtención de pérdidas por 50.000 euros en el caso del escenario pesimista, un escenario de eventual ocurrencia, pese a que existe un 70% de probabilidades de un proyecto exitoso.

No obstante esta posibilidad, puede evitarse estas pérdidas para los inversores si se obtiene importante información.

Por ejemplo, si sus principales fuentes de incertidumbre radican en aspectos de mercado no controlables tales como la demanda real del producto, una posible alternativa a la reducción de la incertidumbre es la realización de un estudio de mercado.

Surge la interrogante acerca de cuál es el punto de corte para la decisión de adquirir conocimiento mediante estudios y pruebas adicionales.

La respuesta a esta interrogante está enmarcada por las probabilidades de ocurrencia del caso pesimista y los flujos de fondos e inversiones para ese caso o sea, en este ejemplo el coste máximo es de euros 15.000, o visto desde otra óptica, incurriendo en un coste de hasta ese valor, se evitan las pérdidas del escenario pesimista en caso de decidirse no seguir adelante por falta de mercado.

2.8.2. Opción de inversión o de crecimiento

2.8.2.1. Opción de ampliar⁸¹

Los proyectos de inversión pueden proporcionar a sus propietarios el derecho de adquirir una parte adicional del mismo a cambio de determinado coste.

⁸¹ *Scale up option* en inglés.

Tabla 5 Opción de ampliar

Inversión inicial	60,00 €	millones de euros
valor medio de los flujos	40,00 €	millones de euros
desviación típica rendimientos	40%	
interés libre de riesgo	2%	
VAN	- 20,00 €	
Inversión año 2	190	
Valor de los flujos año 2	4 veces mayor	
<u>Desarrollo binomial</u>		
U	1,49	
D	0,67	
rf	2,02%	
p	42,6%	
q	57,4%	

	año 0	año 1	año 2
evolución del subyacente			
	40,00 €	59,67 €	89,02 €
		26,81 €	40,00 €
			17,97 €
valor de los flujos con la opción			
	68,95 €	129,01 €	255,11 €
		26,81 €	40,00 €
			17,97 €

VAN total proyecto con opción ampliarlo

inversión inicial	60,00 €
Valor flujos con opción	68,95 €

VAN total con opción	8,95 €
VAN proyecto	- 20,00 €
Valor opción ampliar	28,95 €

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J, Lamothe, P, López Lubian, F. de Luna, W 2004

Es interesante el concepto de medición de estas opciones de ampliación contenidas en algunos proyectos, ya que aun cuando a priori ciertas inversiones parezcan poco atractivas, en caso de contener

oportunidades reales de crecimiento encierran potencialidad de valor necesaria de ser medida.

2.8.2.2. Opción de intercambio⁸²

Un proyecto proporciona a su propietario el derecho de intercambiar procesos, insumos etc. en función de cierta alteración favorable en el precio del subyacente.

2.8.2.3. Opción de ampliación de alcance⁸³

La opción de ampliación de alcance permite apalancar un proyecto realizado en un sector determinado para que pueda ser utilizado en otro relacionado.

2.8.2.4. Opción de desinversión o reducción

2.8.2.4.1. Opción de reducir⁸⁴

Los proyectos de inversión proporcionan a sus propietarios el derecho a ciertas renunciaciones siempre en una relación coste-beneficio favorable.

⁸² Switch option en inglés

⁸³ Scope up option en inglés.

⁸⁴ Scale down option en inglés.

Tabla 6 Opción de reducir

la expresión que calcula el valor nrínseco de esta opción es:

$$\text{Max}(A_r - c \text{ VA}; 0)$$

A_r : ahorro de desembolsos iniciales

c : % de reducción de la operativa

VA: valor actual de los flujos

expresiones en millones de euros

Inversión Inicial	8,00 €
Inversión en dos años	18,00 € en el segundo año
costes fijos	4,00 €
mantenimiento	7,00 €
publicidad	5,00 €
Inversión en dos años	8,00 € en el segundo año
Reducción prevista: mantenimiento	4,00 €
publicidad	4,00 €
reducción del valor del proyecto	50%

		evolución del subyacente		
valor medio actual	16	16,00 €	30,34 €	57,55 €
riesgo asociado	64%		8,44 €	16,00 €
tipo interés sin riesgo	2%			4,45 €

U	1,896480879	valor de los fujos con la opción		
D	0,527292424	2,65 €	13,95 €	39,55 €
r_f	2,02%	-	3,62 €	- €
p	36,0%		-	5,78 €
q	64,0%	VAN total	$E_0 + \text{Inv Inicial} =$	VAN total

		VAN total		2,651	-	8,00 €	-	5,349		
VAN básico =	-	9,29 €								
		valor total del proyecto =		opcion de reducir		+		VAN básico		
		-	5,35 €	3,95 €				-	9,29 €	

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J, Lamothe, P, López Lubian, F. de Luna, W 2004

Es interesante destacar en este ejemplo que aun con la opción de reducir, que por cierto es valiosa (casi 4 millones de euros), el VAN Total sigue siendo negativo, lo que implica que es de nulo valor para el

emprendimiento considerar como opción reducir su actividad, ya que en cualquier caso se destruye valor.

2.8.2.4.2. Opción de intercambio⁸⁵

Similar a como sucede con el intercambio en la opción de crecimiento, en este caso es en sentido contrario, buscando la adaptación a una estructura diferente como respuesta a un cambio adverso en la demanda caracterizado por una estructura de costes más liviana y activos flexibles.

Esta opción es, en los hechos, un conjunto de opciones (tanto *call* como *put options*, por ejemplo la posibilidad de reiniciar o cierre temporario de determinado proyecto). El costo de reinicio o el de cierre sería el precio de ejercicio de una opción ya sea *call* o *put* respectivamente.

También el mantenimiento de relaciones con diversos proveedores del recurso principal del proyecto puede verse como una opción de intercambio en caso de necesidad de recurrir a su ejercicio. (Trigeorgis 1996)⁸⁶.

2.8.2.4.3. Opción de reducción del alcance⁸⁷

Permite al propietario del proyecto la reducción parcial o el abandono cuando las circunstancias del negocio así lo requieran, dada una reducción o desaparición del negocio.

⁸⁵ *Switch down option* en inglés.

⁸⁶ TRIGEORGIS, Lenos, 1996. Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. The MIT Press, Cambridge.

⁸⁷ *Scope down option* en inglés.

2.8.2.4.4. Opción de abandono⁸⁸

Específicamente la opción de abandono proporciona a su propietario la posibilidad de vender o liquidar determinado emprendimiento o sus activos, o bien en caso extremo de abandonarlo.

Tabla 7 Opción de abandono

Valor actual de los flujos	140,00 €	valores en millones de euros		
desviación típica de los rendimientos	30,0%			
U	1,34985881			
D	0,74081822			
rf	4,60%			
p	0,50113186			
q	0,49886814			
interes sin riesgo	4,50%			
valor activos	70			
incremento valor activos	15%			
evolución del subyacente	año 0	año 1	año 2	año 3
	140,00 €	188,98 €	255,10 €	344,34 €
		103,71 €	140,00 €	188,98 €
			76,83 €	103,71 €
				56,92 €
valor de liquidación	70,00 €	80,50 €	92,58 €	106,46 €
escenarios de abandono de subyacente	año 0	año 1	año 2	año 3
	140,00 €	188,98 €	255,10 €	344,34 €
		103,71 €	140,00 €	188,98 €
			92,58 €	106,46 €
			abandona	abandona
valor de liquidación	70,00 €	80,50 €	92,58 €	106,46 €
valor de los flujos con opción abandono	año 0	año 1	año 2	año 3
	144,18 €	189,60 €	255,10 €	344,34 €
		111,85 €	141,31 €	188,98 €
			92,58 €	106,46 €
				- €
valor de liquidación	70,00 €	80,50 €	92,58 €	106,46 €
valor del proyecto con opción de abandono				144,18 €
valor del proyecto sin flexibilidad				140,00 €
opcion de abandono				4,18 €

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J, Lamothe, P, López Lubian, F. de Luna, W 2004

⁸⁸ Option to abandon en inglés.

Siguiendo este ejemplo es interesante destacar que suponiendo que el valor de liquidación sea el valor residual de los activos fijos que pudiesen convertirse en activos líquidos, podrían existir aun costes de liquidación no contemplados. De ser así, esos costes deberían ser inferiores al valor de la opción de abandono para que tenga sentido adoptar dicha decisión.

2.8.2.4.5. Opción de cierre temporal⁸⁹

Proporciona al propietario del proyecto la posibilidad de abandonarlo por un determinado período para retomarlo más tarde cuando las condiciones se restablezcan.

El siguiente ejemplo ilustra este tipo de emprendimientos que puede ser contemplado como una sucesión de opciones de compra de ingresos anuales (C) con un precio de ejercicio que son los costes de operación (A_v).

⁸⁹ *Option to temporarily shut down* en inglés.

Tabla 8 Opción de cierre temporal

Se consideran las operaciones anuales como opciones de compra de ingresos de ese año C y cuyo precio de ejercicio viene dado por los costes variables operativos Av

Valor de las opciones serán : $MAX (C-A_v;0)$

ejemplo : yacimiento mineral

expresiones en millones de euros

Inversión Inicial en operaciones preliminares	60,00 €	
Inversión siguiente	70,00 €	20,00 € costes fijos 50,00 € costes variable
valor actual de reserva mineral	120,00 €	
variabilidad de rendimientos	40%	
Posibilidad de cierre parcial		
momento	año	2
reducción de valor por cierre	25%	
ahorro de costes variables del año		
tipo de interés sin riesgo	2%	

desarrollo binomial

Evolución del subyacente

		año 0	año 1	año 2
U	1,49			
D	0,67	120,00 €	179,02 €	267,06 €
rf	2,02%		80,44 €	120,00 €
p	42,59%			53,92 €
q	57,41%			

VAN básico=	-Inv Inicial	+VA Ingresos	-Inv.siguiente	-	7,26 €
			(1+r)^2		

cálculo del valor con reducción por cierre temporal

año 0	año 1	año 2
-------	-------	-------

66,77 € subyacente con reducción
30,00 € subyacente con reducción
13,48 € subyacente con reducción

año 0	año 1	año 2
-------	-------	-------

73,71 € 121,66 € 197,06 € $\max(E_2^{++} - A_v; VA_2 - C) - A_f = (VA_2 - A_f) - \min((A_v; C)$
40,72 € 70,00 € aplicación análoga a E_2^{++}
20,44 € aplicación análoga a E_2^{++}

VAN Total = $E_0 - Inv. Inicial = VAN total (con la opción de cierre temporal)$
73,71 € - 60,00 € 13,71 €

Opcion de cierre temporal =	VAN total	- VAN básico
20,96 €	13,71 €	- 7,26 €

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J, Lamothe, P, López Lubian, F. de Luna, W 2004

En el ejemplo expuesto se observa claramente el valor que tiene para el emprendimiento cuando existe la posibilidad de cerrar temporalmente la operación. Esta decisión de cierre temporal no radica en una situación coyuntural dada por ejemplo por la caída temporal del precio del producto principal que regula al proyecto por debajo del coste de operación variable vinculado al mismo, sino que va más allá de este aspecto, involucra los costes totales de cierre temporal del negocio. Lo expuesto se observa claramente en la regla de maximización, al

comparar el máximo valor entre el valor del subyacente en el período de comparación menos los costes variables correspondientes para su generación y la diferencia entre el mismo subyacente y la reducción de valor de los flujos de ingreso en ese momento debido al eventual cierre temporal. Al mayor se le deduce el coste fijo operativo del año de la decisión. Yendo recursivamente hasta el origen, en caso de superar la inversión inicial se genera un VAN total positivo que, de compararse con el VAN tradicional, se observa claramente el valor de la opción temporal de cierre.

2.8.3. Opción compuesta

Las opciones compuestas son aquellas que, al ejercerlas, generan otra opción al mismo tiempo que un flujo de caja.

Estas opciones están presentes en casos de inversiones secuenciales, como ser inversiones tecnológicas, las mineras, la de desarrollo de fármacos, entre otras.

Justamente es este tipo de inversiones que abren interrogantes de continuidad a los decisores, combinando incertidumbres tanto técnicas como de mercado.

El siguiente ejemplo describe la posibilidad de inversión de un inversionista en una empresa en marcha participando en el paquete accionario. Esa inversión propuesta se efectúa por fases en cierto horizonte temporal, lo que le dará la posibilidad de retirarse en caso que así lo crea conveniente, con volatilidades diferentes en cada fase, naturales en desarrollo de cualquier proyecto.

Tabla 9 Opción compuesta

FASE	INVERSION	AÑO	VALOR ACTUAL FLUJOS	VOLATILIDAD
1	200.000,00 €	0		
2	750.000,00 €	2	2.500.000,00 €	40%
3	1.000.000,00 €	3	50% MAYOR	25%

VALOR ACTUAL 2.500.000,00 €

fases 1 y 2

VOLATILIDAD	40%
U	1,49
D	0,67
tasa libre de riesgo	4,50%
rf	4,60%
p	45,7%
q	54,3%

fase 3

VOLATILIDAD	25%
U	1,28
D	0,78
tasa libre de riesgo	4,50%
	4,60%
p	52,9%
q	47,1%

año 0	año 1	año 2	año 3
fase 1		fase 3	fase 3
2.500.000 €	3.729.562 €	5.563.852 €	10.716.192 €
			6.499.699 €
	1.675.800 €	2.500.000 €	4.815.095 €
			2.920.503 €
		1.123.322 €	2.163.562 €
			1.312.267 €

VALOR DE LA PARTICIPACION ACCIONARIA DE 40%			
fase 1		fase 3	fase 3
1.000.000 €	1.491.825 €	2.225.541 €	4.286.477 €
	- €	- €	2.599.880 €
	670.320 €	1.000.000 €	1.926.038 €
	- €	- €	1.168.201 €
		449.329 €	865.425 €
			524.907 €
fase 1		fase 3	fase 3
INVERSION POR FASE 200.000 €		750.000 €	1.000.000 €

	1.000.000 €	1.491.825 €	2.225.541 €	4.286.477 €
				2.599.880 €
		670.320 €	1.000.000 €	1.926.038 €
				1.168.201 €
			449.329 €	- €
				- €
fase 1		fase 3	fase 3	
INVERSION POR FASE 200.000 €		750.000 €	1.000.000 €	

	112.031 €	713.675 €	1.632.314 €	3.286.477 €
				1.599.880 €
		- €	- €	926.038 €
				168.201 €
				-

VAN	-	200.000	-643004,1152	-793832,241	1.000.000	VAN =	-	636.836 €
		-10	-12	-13	+VA0	=	VAN	

Tasa de descuento 8%

OPCION COMPUESTA =	VAN TOTAL	-	VAN
748.867	112.031	-	636.836

Fuente: elaboración propia basado en Mascareñas, J, Lamothe, P, López Lubian, F. de Luna, W 2004

En suma, el negocio de invertir modularmente en el emprendimiento del ejemplo otorga al inversor el derecho a percibir su cuota parte de los ingresos netos pero también la obligación de integrar ese capital comprometido. Desde una óptica de VAN tradicional suponiendo que las inversiones modulares se efectúan y no resigna a ellas, en este caso ese VAN será negativo como se observó precedentemente, sugiriendo una destrucción de valor cuando en la práctica, al poder retirarse el inversor ante condiciones adversas esa pérdida se reduce o se elimina. Es así que la opción de abandonar o continuar está presente en cada etapa, lo que da al inversor capacidad de operar en su inversión, o visto de otro modo, la opción compuesta descrita precedentemente con su valor para el inversor.

2.9. La Incertidumbre y la Volatilidad

2.9.1. Incertidumbre, volatilidad y su incidencia en el valor.

La volatilidad del activo subyacente es una de las fuentes de valor para la metodología de opciones reales y uno de los puntos clave de la asignación de riesgo para los diferentes proyectos que metodologías como DCF toman para ajustar sus tasas de descuento al riesgo de cada proyecto.

Fernando Gómez-Bezares (2010)⁹⁰ destaca que, a la hora de valorar empresas, hay un elemento fundamental que es el riesgo, y añade la importancia de detenerse ante la variabilidad de los resultados futuros, y en consecuencia el riesgo.

El riesgo que caracteriza a la mayoría de los proyectos basándonos en la distinción ante la incertidumbre que hizo hace casi un siglo Frank Knight (1921), son aquellas situaciones que aunque no podamos conocer con certeza, sí podemos asignarle probabilidades de ocurrencia, mientras que en el caso de la incertidumbre, no.

⁹⁰ GÓMEZ-BEZARES, Fernando “Valoración en tiempos de crisis” Revista Española de Capital de Riesgo 01/2010, págs..17-24.

Según la Real Academia Española⁹¹, la definición de riesgo radica en un marco de clara negatividad en los efectos de los eventos distinguiendo en su definición “la contingencia o proximidad de un daño” o bien “cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro”.

Sin embargo, desde un punto de vista financiero, el riesgo reconoce la variabilidad como señala Gómez-Bezares, por lo que añade moderadamente variaciones positivas a la acepción clásica de riesgo⁹².

Esta parte de variaciones positivas es parte del valor que algunas metodologías añaden en su consideración del riesgo, tratando de capturar y valorar.

Gómez-Bezares (2010) plantea un método propio para contemplar el riesgo de una manera diferente en su metodología basada en Flujo de Fondos descontados llamada Valor Actualizado Penalizado (VAP).

Su método de basa en la idea de calcular el valor actual descontando al interés sin riesgo (r), en base a los dividendos esperados, obteniéndose un valor esperado (μ), estableciéndose escenarios posibles con sus correspondientes probabilidades para cada corriente de dividendos.

El método permite, a partir de cada valor actual determinado ajustado a sus probabilidades de ocurrencia, obtener la desviación típica del valor actual de la inversión (σ).

El VAP consiste en penalizar esa μ en función de la σ mediante un parámetro de penalización t tal como se expone en la siguiente fórmula:

⁹¹ Real Academia española, vigésima segunda edición.

⁹² Gómez-Bezares trata al riesgo a partir de una abordaje general adverso al riesgo (rectas de indiferencia crecientes), con cierta moderación ya que trata de no penalizar en exceso los flujos resultantes al deflactar a la tasa libre de riesgo para no duplicar esta carga, así como el valor asignado a la variable t que puede ser ajustada según sea la aversión al riesgo del decisor considerando como “cero” la neutralidad al riesgo que matemáticamente se observa que anula la variabilidad del valor actual de la inversión.

$$VAP = \mu - t \cdot \sigma$$

Para su aplicación el autor destaca que, pese a la virtud del método que evita hacer precisiones acerca de las estimaciones sobre el premio del riesgo del mercado o la beta, aún persiste el problema de la estimación de la desviación típica del valor actual.

Gómez-Bezares señala que es posible determinar un valor “muy optimista” y otro “muy pesimista” de los dividendos futuros y descontarlos al tipo de interés libre de riesgo, que los llama $P_{(mín)}$ y $P_{(máx)}$, para luego aproximar la esperanza (μ) de los valores actuales y su desviación típica (σ).

$$\mu = \frac{P_{(máx)} + P_{(mín)}}{2}$$

$$\sigma = \frac{P_{(máx)} - P_{(mín)}}{6}$$

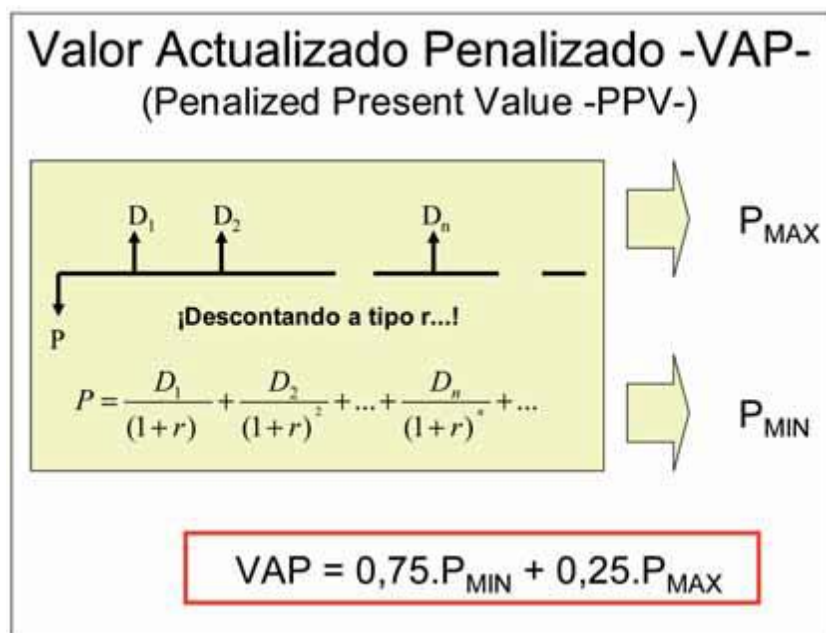
El autor señala que la lógica de la fórmula que define μ es bastante intuitiva para el caso de las distribuciones simétricas y con cierta analogía podemos sostener que para el caso de σ ya que entre el valor máximo y mínimo hay seis desviaciones típicas (sin considerar las colas con aproximadamente un 2 por mil en la distribución normal).

Al aplicar las fórmulas mencionadas de μ y σ en la fórmula genérica del VAP, es necesario definir el factor t , aspecto subjetivo de esta aplicación que modera la medición a la exposición al riesgo, para el cual Gómez-Bezares señala que, para su determinación, el factor t que define la aversión al riesgo del decisor de la inversión, debe considerarse cero como la neutralidad frente al riesgo⁹³, con un máximo de 3⁹⁴, sugiriendo a los efectos prácticos el uso de $t=1,5$.

⁹³ Reconociéndose como VAP en este caso de $t=0$ como el valor actual esperado de la inversión.

⁹⁴ Nótese que con $t=3$ la probabilidad que deja en la cola de la función Normal es de 0,00135, o sea que para elegir esta inversión, el decisor con $t=3$, necesitaría una certeza de 999/1000.

Ilustración 17 - Valor Actual Penalizado (Gómez-Bezares)



Fuente: Gómez-Bezares (2010)

Aplicando a la fórmula de VAP se observa:

Tabla 10 Valor Actual Penalizado (VAP)

$$VAP = \frac{P_{(máx)} + P_{(mín)}}{2} - 1,5 \frac{P_{(máx)} - P_{(mín)}}{6}$$

$$VAP = 0,75 P_{(mín)} + 0,25 P_{(máx)}$$

En suma, este modelo propuesto por Gómez-Bezares busca alternativas de valoración donde el cálculo del tradicional CAPM se ve dificultado por la problemática de un cálculo correcto de la Beta, por lo que la retribución del riesgo sistemático es de difícil determinación. Por otra parte en el caso de empresas no cotizadas y en particular en economías donde no hay amplio

desarrollo de los mercados de capitales⁹⁵ que dificulta la medición del riesgo de mercado y por ende la retribución del riesgo diversificable, aunque éste, en la teoría, los inversores lo diversificarán a lo largo de su cartera.

Pero un inversor típico como ser un empresario o accionista medio quien tiene gran parte de su patrimonio concentrado en su comercio o industria, no puede en los hechos diversificar el riesgo adecuadamente justamente por la restricción de capital que tiene.

Por estas razones, conforme sostiene el Profesor Gómez-Bezares, este método tiene una virtud que es el abordaje al riesgo desde una perspectiva total. Lo señalado respecto al riesgo total está alineado con el tratamiento dado por otros abordajes como los aplicados por las opciones reales, que en definitiva es el riesgo que considera cualquier inversor al acometer un emprendimiento determinado (Amram y Kulatilaka, 2000).

Como se observa, para algunos autores, principalmente en los últimos años, el riesgo tiene una consideración diferente a las clásicas, existiendo una preocupación en su impacto en la valoración de proyectos y firmas.

Paradójicamente para unas de las metodologías, la volatilidad añade valor a un proyecto mientras que en el enfoque que ofrece *DCF* existe una correlación inversa entre volatilidad y valor, reflejándose esta volatilidad en la tasa ajustada al riesgo que descuenta los flujos futuros de los emprendimientos.

Frecuentemente la volatilidad propia de cada una de las variables que inciden en un proyecto se asocia con la volatilidad del mismo, pero no precisamente es representativo de ésta. Por ejemplo, la variabilidad del valor

⁹⁵ Como es el caso de Uruguay (país donde se desarrolla el caso del fármaco citado, la explotación minera y el proyecto portuario expuestos en el trabajo de campo) así como otras economías latinoamericanas donde no obstante la falta de mercados de capitales desarrollados, existen creaciones de valor en diversos desarrollos empresariales que son necesarios cuantificar tarde o temprano.

de la tonelada de hierro no es indicador de la volatilidad de un proyecto de una mina de hierro, así como las cantidades de hierro que exista en ella.

Tampoco la volatilidad de un proyecto determinado tiene que ser necesariamente coincidente con la volatilidad de la compañía que la lleva adelante.

En cuanto a la definición de volatilidad Prosper Lamothe (2004)⁹⁶ señala al respecto que en los modelos de valoración de opciones aparece un parámetro desconocido que influye notablemente en el precio, la volatilidad.

Añade que los operadores de mercado de opciones focalizan su interés en la dirección del precio y en la velocidad de los movimientos de ese activo, y esa velocidad es la volatilidad.

En mercados cuyos precios se mueven a gran velocidad, se está ante mercados volátiles y se justifica que los agentes vayan a éstos a cubrir sus riesgos recurriendo a instrumentos como la compra de opciones. En situaciones de baja volatilidad no tiene sentido la búsqueda de coberturas.

En los modelos de valoración de opciones se está frente a una hipótesis que rige al activo subyacente, la del mercado eficiente, donde toda la información es conocida y se incorpora al activo. Al estar esta información incorporada al activo subyacente, la variación de precios será absolutamente aleatoria y se producirá cuando se genere nueva información que lo altere, por ello se afirma que en un mercado eficiente los precios siguen trayectorias aleatorias, lo que se le llama también paseo aleatorio (en inglés: *random walk*).

Para visualizar más claramente lo expuesto, los autores Lamothe y Pérez Sómalo⁹⁷ (2003) se remiten a un ejemplo propuesto por Natemberg

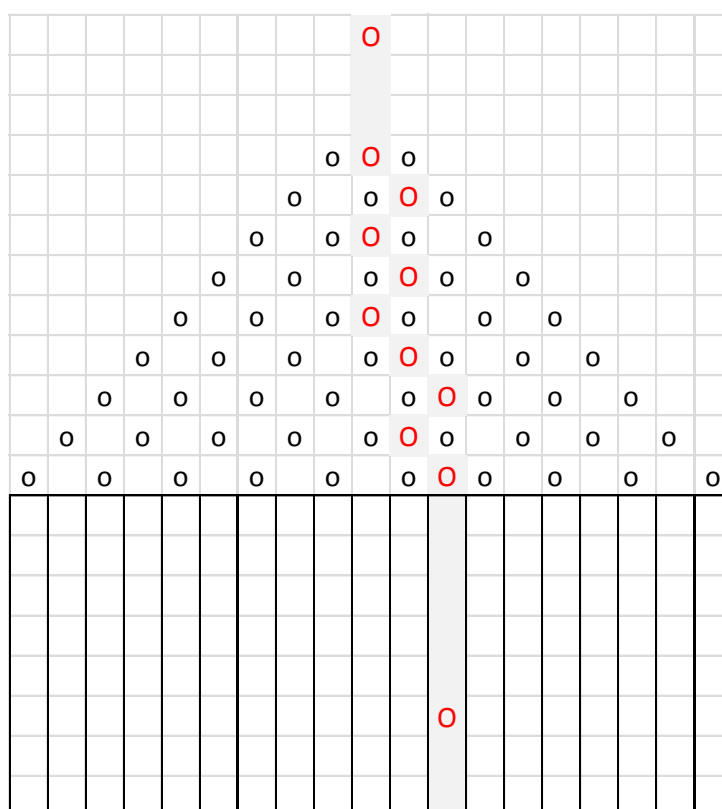
⁹⁶ LAMOTHE Prosper, MASCAREÑAS Juan, LÓPEZ LUBIÁN Francisco, de LUNA, Walter, 2004, Opciones reales y valoración de activos Prentice Hall Pearson Educación, Madrid.

(1994)⁹⁸ donde los precios en un mercado eficiente tienen un comportamiento similar al de las bolas de una máquina de juegos *pinball*. Cada vez que se dispara una bola caerá, dependiendo de las colisiones con los obstáculos propios del juego, en diversos agujeros del tablero.

Al final del juego las bolas tendrán, según el autor, una distribución aproximada a una función normal, representando una campana de Gauss.

Este práctico ejemplo ilustra el hecho que frente a un mercado eficiente, la distribución estadística de los precios se aproximará a una distribución normal, y ante una mayor o menor intensidad de los movimientos de los precios se generará una distribución más o menos volátil.

Ilustración 18 Distribución estadística de precios en mercado eficiente (Natenberg)



⁹⁷ LAMOTHE Prosper PEREZ SÓMALO, Miguel: 2003 Opciones Financieras y Productos Estructurados , McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Madrid.

⁹⁸ NATENBERG, S. (1994), Option Volatility and Pricing: Advance Trading Strategies and Techniques, McGraw-Hill, Nueva York, Caps. 4 y 5. Pp.60-66

Ilustración 19 Distribución normal de precios en mercado eficiente

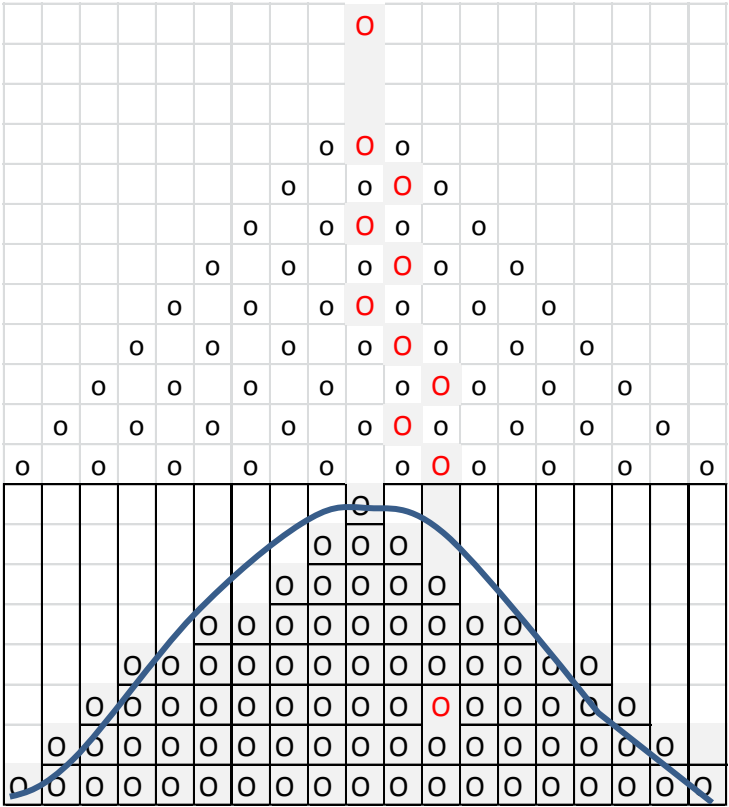
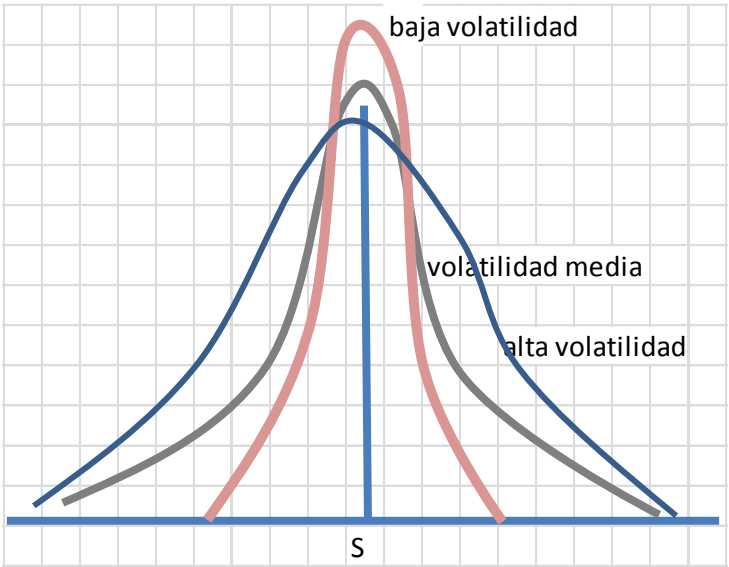


Ilustración 20 Volatilidad y riesgo



a. Volatilidad y desviación típica

Al considerar una variable aleatoria en general y en particular cuando se trata del caso de la distribución Normal, al nivel de dispersión de los valores posibles de la variable lo podemos medir por su varianza o más específicamente por su desviación típica, o sea, yendo al subyacente de una opción, la dispersión de sus precios llegado el momento de vencimiento equivale a la volatilidad del subyacente la que, considerando una hipótesis de mercado eficiente, se distribuirá normalmente, concentrándose en torno a la media de la siguiente forma:

$$\mu \pm \sigma = 68,3\% \text{ de los casos}$$

$$\mu \pm 2\sigma = 95,4\% \text{ de los casos}$$

$$\mu \pm 3\sigma = 99,7\% \text{ de los casos}$$

Siguiendo con la hipótesis del mercado eficiente, el valor medio esperado de las variaciones de precio es cero, ya que, partiendo de la hipótesis del mercado eficiente se parte de la mejor información respecto al precio posible, que es el precio actual, el que no tiene variación hoy.

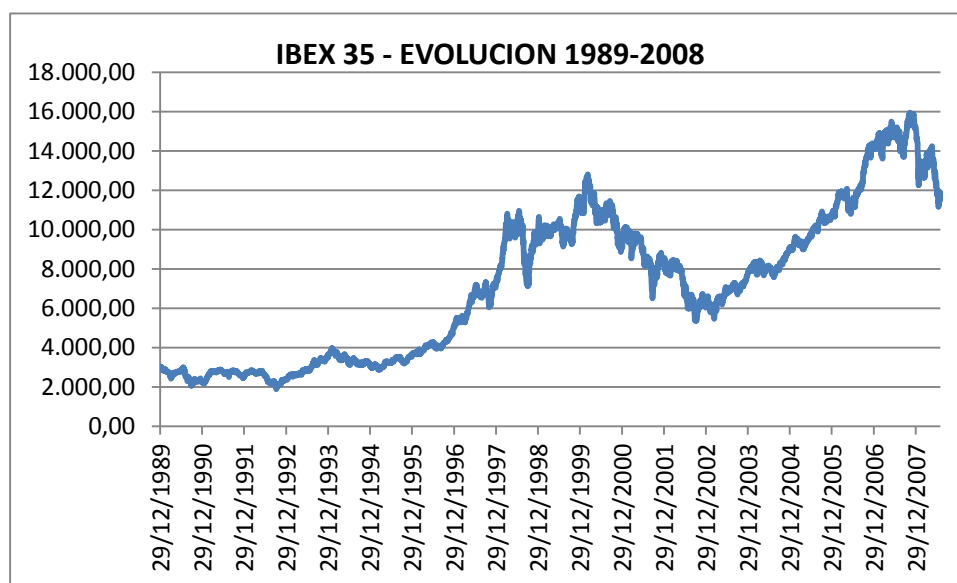
Cabe preguntarse si en la vida real los mercados se comportan según los supuestos basados en hipótesis de mercados eficientes donde el valor medio esperado $\bar{x}$ es cero. Dado que al ser eficiente el mercado, el mejor precio futuro estimado es el que incorpora toda la información, o sea el precio actual, y en consecuencia su variación es nula.

Para contrastar esta afirmación puede recurrirse a observar el comportamiento de un activo subyacente, donde al poder incorporar información (como es el caso de mercados financieros desarrollados, por

ejemplo donde la actividad bursátil es intensa), pueden demostrar una distribución aproximadamente normal que permite confirmar lo expuesto.

A estos efectos, al observar la evolución diaria del IBEX 35⁹⁹ desde su origen por un período prolongado hasta mediados de 2008, se aprecia una fase de crecimiento del mismo que se observa en el siguiente gráfico.

Ilustración 21 Evolución IBEX35 1989-2008

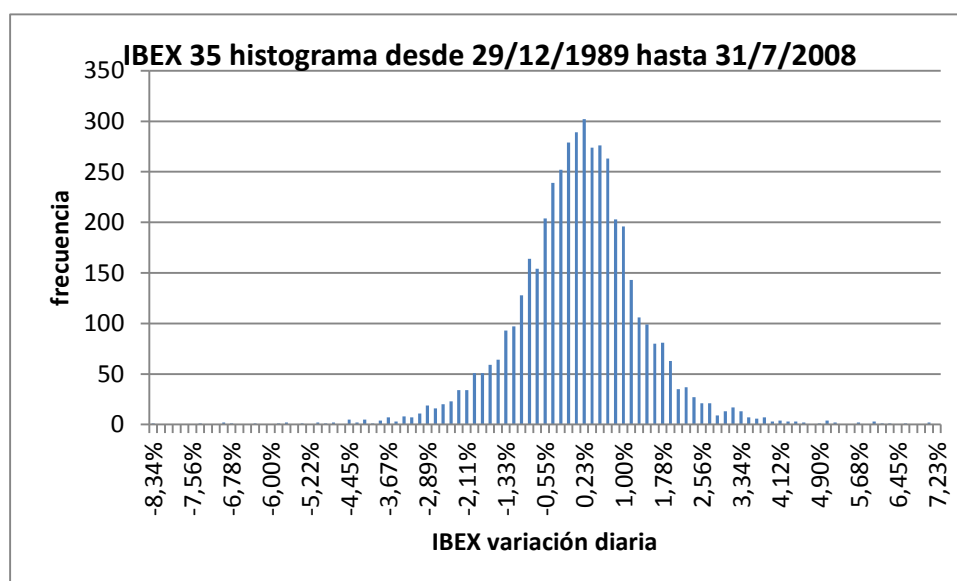


Fuente: elaboración propia

Las variaciones observadas en este período de crecimiento pueden ser representadas en el siguiente histograma de frecuencias, observándose que su distribución es aproximadamente normal,

⁹⁹ www.bolsamadrid.es

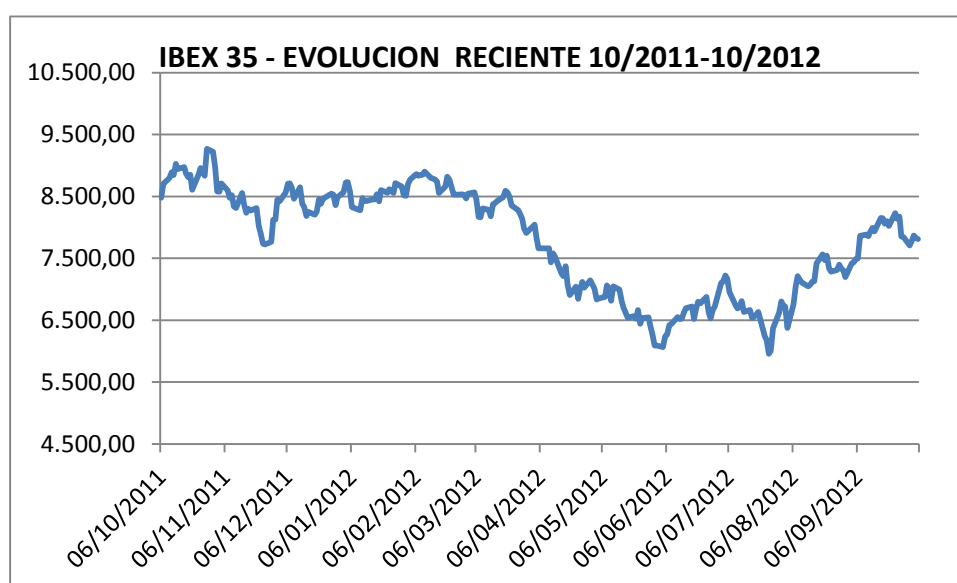
Ilustración 22 Histograma IBEX 35 1989-2008



Fuente: elaboración propia

Esta distribución de frecuencias también puede observarse en otros períodos del subyacente, como en esta última fase de crisis económica europea, en la que se aprecia una caída sistemática del índice y sin embargo sus variaciones diarias tienen también una distribución aproximadamente normal con media próxima a cero.

Ilustración 23 Evolución IBEX 35 en período de baja 2011-2012



Fuente: elaboración propia

Ilustración 24 Histograma IBEX 35 2011-2012



Fuente: elaboración propia

En suma, sea período de expansión o de crisis, se puede observar la similar forma de distribución de frecuencias de las variaciones con convergencia hacia una media nula corroborando el punto de partida ya analizado.

b. La incertidumbre y el incremento de valor

Conforme se expone en Mascareñas, Lamothe, López y Luna (2004)¹⁰⁰ el uso del método de DFC presenta carencias al presuponer que los flujos de caja esperados del proyecto son ciertos y conocidos desde el inicio del horizonte de planeamiento, al no reconocer variaciones del estado de mercado que pueden alterar cambios en un proyecto no rentable y tornarlo rentable y

¹⁰⁰ Mascareñas J., Lamothe P., López F. y Luna W. 2004. Opciones Reales y Valoración de Activos. Prentice Hall. Madrid

viceversa, así como al utilizar una tasa de descuento constante en el tiempo, algo que es de muy difícil ocurrencia en la vida real. Todo ello implica que dicho método infravalora los proyectos que tienen flexibilidad operativa.

Por otra parte, es observado en el ámbito empresarial que cada vez con mayor frecuencia los directivos se anticipan y responden a la incertidumbre de una u otra forma. Peña, I. Miner, J, Otamendi, N (2000)¹⁰¹ afirman que cada vez más son las empresas españolas que se atreven a internacionalizarse, pese a que muchas opiniones expertas advierten el peligro de la alta incertidumbre que implica este tipo de emprendimientos de internacionalización y no obstante los resultados que ofrece estrictamente el método del VAN aplicado a ellas, muchas se han aventurado y han materializado con éxito su proyecto de expansión a otros mercados.

Justamente inversores y analistas acuden cada vez más al análisis de formas menos rígidas que el aceptado y reconocido VAN, tratando de buscar una mejor gestión y valoración en entornos de alta incertidumbre. Incluso intuitivamente sin mayores análisis técnicos, cada vez más empresarios acometen proyectos que, a su juicio, tienen riesgos relativamente controlados no obstante ofrecer indicadores tradicionales (VAN y TIR) próximos al umbral de rechazo, demostrando la menor aversión al riesgo tradicionalmente planteado, e incorporando aspectos propios al gerenciamiento de proyectos y empresas que ofrecen al decisor posibilidades de actuar.

Al respecto Amram y Kulatilaka (2000)¹⁰² sostienen enfáticamente que la incertidumbre aumenta el valor, y que los directivos deberían recibir la incertidumbre con los brazos abiertos y no temerle.

Los autores destacan que, desde un punto de vista tradicional, cuanto mayor es el nivel de incertidumbre menor es el valor del activo¹⁰³, y desde el

¹⁰¹ PEÑA, Iñaki, MINER, Javier, OTAMENDI, Nagore: Opciones Reales: Aplicación a Decisiones de Internacionalización, mayo de 2000, Documento presentado al VIII Foro de Finanzas, Donostia.

¹⁰² AMRAM M. y KULATILAKA N. Opciones Reales Evaluación de inversiones en un mundo incierto, 2000, Gestión 2000, Barcelona.

punto de vista de las opciones reales, una mayor incertidumbre puede provocar un valor superior del activo si sus directivos logran identificar y utilizar en su provecho las opciones para responder con flexibilidad a cada acontecimiento a medida que se presenten.

En términos generales, el concepto que subyace según Amram y Kulatilaka se reduce a un replanteo de inversiones estratégicas donde los directivos deberán intentar evaluar sus inversiones estratégicas considerando los mercados teniendo en cuenta el origen, la trayectoria y la evolución de la incertidumbre, asimismo determinando el grado de exposición de sus inversiones a acontecimientos externos que se traducirán en pérdidas y ganancias, procurando sacar el máximo provecho de dicha exposición a la incertidumbre.

Gráficamente los autores lo representan en el siguiente cuadro.

Ilustración 25 la incertidumbre y el aumento de valor



Fuente: Amram M. Y Kulatilaka N. (2000)

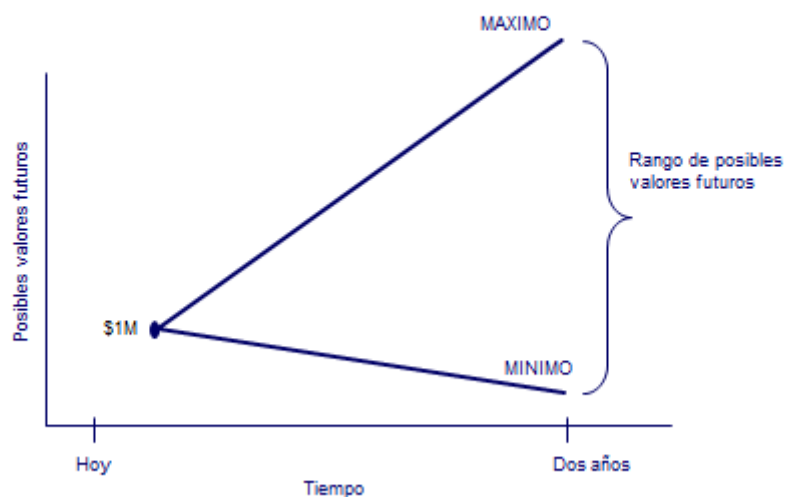
¹⁰³ Nótese que en contraposición a esta visión de la exposición a la incertidumbre y su adecuado manejo empresarial como generador de valor, al aumentar la incertidumbre desde una visión tradicional, ésta se refleja en la exposición al riesgo del proyecto y por consiguiente prima de riesgo a la que se somete, por lo que al aumentar esta prima de riesgo, la tasa ajustada al riesgo es mayor, y el valor actual de los flujos será menor cuanto mayor sea dicha tasa ajustada al riesgo.

Al preocuparle a los directivos la gama de resultados posibilidades para su inversión ante la exposición de la misma a la incertidumbre, las decisiones se conjugan entre el tiempo y la incertidumbre que las enmarca.

Amram y Kulatilaka incluyeron para ello el concepto del “cono de la incertidumbre” donde tratan de ofrecer una imagen intuitiva de la volatilidad y de la incertidumbre. La figura que se expone a continuación ilustra cómo se podría responder a una pregunta inmediata de cualquier directivo por ejemplo, ¿cuál será el valor de la compañía o de un determinado emprendimiento en dos años?

La imagen de partida (parte izquierda) sería el valor inicial de la firma o del proyecto en el momento presente, el que se desplaza en el tiempo, destacando una orientación ascendente dada una tasa de rentabilidad esperada positiva para el proyecto o la firma.

Ilustración 26 Cono de incertidumbre

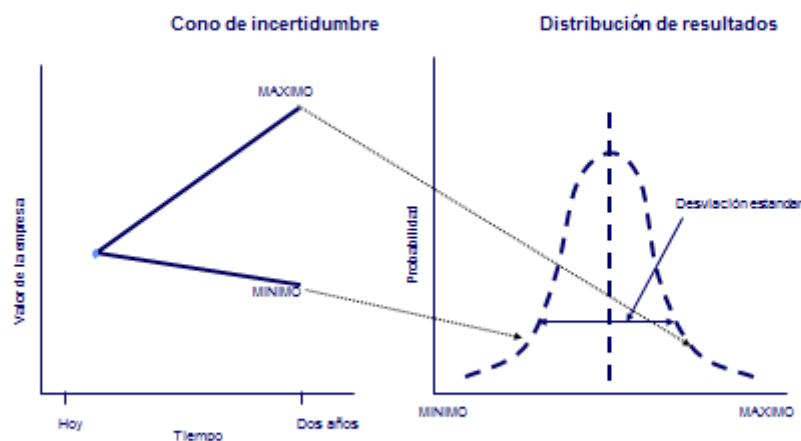


Fuente: Amram M. y Kulatilaka N. (2000)

Puede observarse en el siguiente gráfico que, a medida que el tiempo transcurre la vida del proyecto o empresa se desarrolla y su valor cambia, destacándose que cada vez la probabilidad de alcanzar valores muy altos o muy bajos se reducen conforme pasa el tiempo.

El cono de incertidumbre que antecede ofrece una gama de posibles valores para un horizonte temporal determinado. Ese rango de resultados tiene una distribución en torno a una media con cierta dispersión.

Ilustración 27 La resolución de la incertidumbre desde una visión del cono de la incertidumbre y el rango de distribución de resultados.

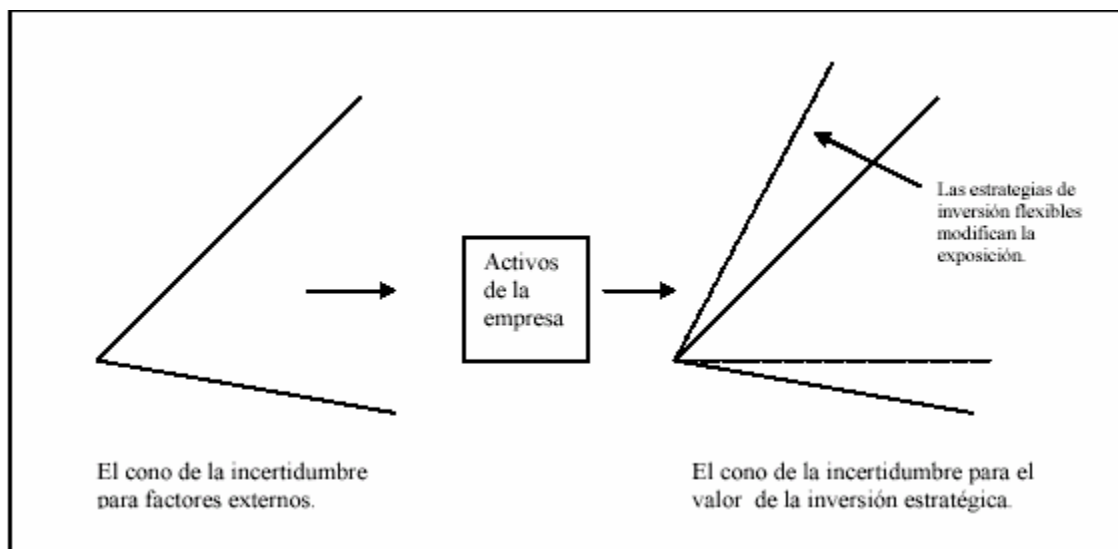


Fuente: Amram M. Y Kulatilaka N. (2000)

Conforme afirman Amram y Kulatilaka, la incertidumbre externa se transforma a través de los activos de la empresa en incertidumbre sobre el valor de la inversión estratégica.

Mediante las opciones reales presentes, los directivos reducen la exposición a los malos escenarios y potencian la exposición a los buenos, modificando así la exposición a la incertidumbre e incrementando el valor de la inversión estratégica.

Ilustración 28 La presencia de opciones reales modifica la exposición a la incertidumbre externa

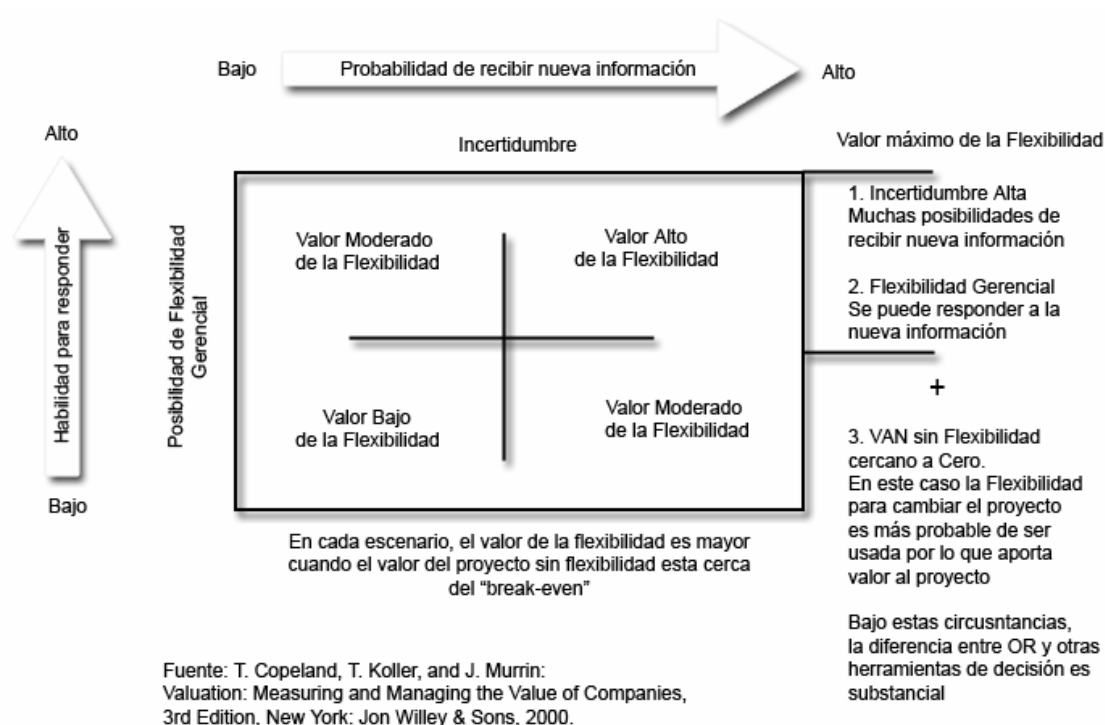


Fuente: Amram M. Y Kulatilaka N. (2000)

Desde una perspectiva de la flexibilidad, el Valor Actual Neto se basa en las expectativas actuales sobre una información futura en ausencia de flexibilidad, en cambio las opciones toman la flexibilidad para que actúe sobre decisiones futuras.

Estas oportunidades que otorga la flexibilidad operan más claramente cuando el valor actual neto está próximo a cero, y cuanto más alejado a éste ya sea muy negativo o muy positivo, la flexibilidad pierde protagonismo en la toma de decisiones.

Algunos de estos casos que se ajustan al aprovechamiento de la flexibilidad existente por la dirección de la empresa o del proyecto se observan claramente cuando “por razones estratégicas” se acepta tal o cual proyecto, aun cuando el Valor Actual Neto sea negativo o próximo a cero, y mediante un análisis tradicional no se evidencie una importante creación de valor.



2.9.1.1. La estimación de la volatilidad

2.9.1.1.1. La volatilidad histórica

Conforme sostienen Mascareñas J, Lamothe, P, López Lubián, F y de Luna, W¹⁰⁴ una primera aproximación a la volatilidad del activo subyacente es analizar su volatilidad pasada, ya que si ésta se dio dentro de cierto rango, es más probable que en el futuro se mantenga dentro del mismo a que alcance valores muy por fuera de éste.

El rendimiento periódico de un subyacente se mide a partir de la siguiente expresión:

$$r_i = \ln (S_t/S_{t-1})$$

¹⁰⁴ MASCAREÑAS, J, LAMOTHE, P, LÓPEZ LUBIÁN, F, de LUNA, W, Opciones Reales y Valoración de activos Pearson Educación, 2004, Madrid

Donde:

r_i es el rendimiento del subyacente en el intervalo $t-1$ a t

S_t es el precio de cierre del subyacente en la fecha t

S_{t-1} es el precio de cierre del subyacente en la fecha $t-1$.

Al aplicarles logaritmos, se convierte la variación de precios entre ambos períodos en una tasa de rentabilidad continua ajustándose mejor al modelo de valoración de opciones.

Al observar las variaciones en el pasado y medirlas en cada período, se podrá obtener la variación media y su varianza para poder concluir en una medición de la volatilidad del activo.

De esta forma:

$$\text{Rendimiento medio} = \bar{r} = \sum_{i=1}^n r_i / n$$

$$\text{Varianza} = \sigma^2 = 1/n-1 \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2$$

La desviación típica (σ) nos ofrecerá finalmente la estimación de la volatilidad histórica buscada expresada en el período de medición escogido (volatilidad diaria, semanal, mensual, etc).

2.9.1.1.2. La volatilidad implícita

La volatilidad implícita resulta de “invertir” los modelos de valoración, de modo que la incógnita a determinar será σ , mientras que la prima de la opción será el dato a utilizar.

Lamothe y Pérez Somalo (2003) señalan que en primer lugar es necesario escoger la selección del modelo de valoración a utilizar.

En segundo lugar, destacan que cada opción tendrá una determinada volatilidad implícita, lo que exige calcular la volatilidad implícita para cada serie de opciones en los mercados organizados. En los mercados OTC cada combinación, para el mismo subyacente, modalidad-precio de ejercicio-plazo también tendrá su propia volatilidad implícita.

Interesante es la asimilación de este tipo de volatilidad a un concepto de volatilidad de mercado dado que la volatilidad implícita refleja las expectativas del mercado sobre la volatilidad del subyacente hasta el vencimiento de la correspondiente opción.

La volatilidad implícita no es estática, cambia continuamente en función de las alteraciones de las primas, del precio del subyacente, etc. Realmente, es considerado como el verdadero precio de los mercados de opciones.

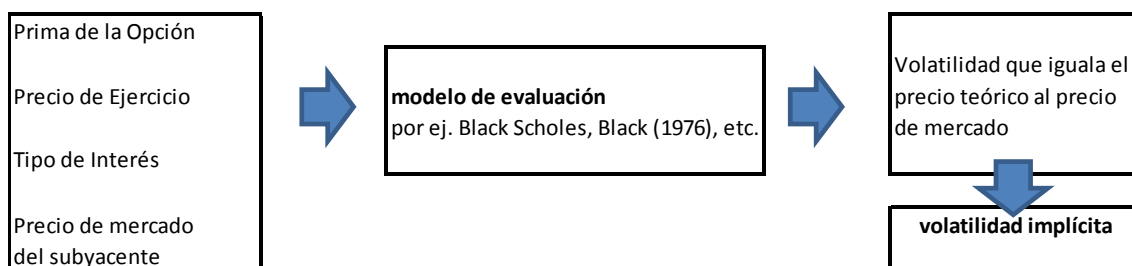
Yendo al campo del mercado de opciones, algunos especialistas suelen denominar a esta volatilidad, “nivel de las primas”.

En este sentido se razona si la volatilidad implícita está por encima de sus valores históricos, los especialistas dirán que el nivel de primas del mercado es alto y a la inversa, y en consecuencia es frecuente intentar predecir los niveles de las volatilidades implícitas en el futuro.

Por otra parte, cuando se parte para su determinación de información dada tales como el valor del subyacente, precio de ejercicio, tiempo hasta el vencimiento, tipo de interés libre de riesgo, y el precio de mercado de la opción, la variable restante por ejemplo al aplicar Black Scholes es la volatilidad.

Ilustración 30 Determinación de la Volatilidad Implícita

datos a incluir



Fuente: elaboración propia adaptado de Lamothe P y Pérez Somalo (2003)

Lamothe, P. y García, P.¹⁰⁵ (2004) definen a la volatilidad implícita como la volatilidad derivada de la aplicación de modelos como el Black Scholes que utiliza las 5 variables anteriormente señaladas, dejando como incógnita a la volatilidad. Señalan que el uso de esta fórmula conlleva aceptar los supuestos de volatilidad constante, de mercados eficientes, y la inexistencia de costes de transacción.

Asimismo, añaden los autores, la existencia de la dificultad adicional relacionada a que la volatilidad no es constante en los hechos, variando en función del precio de ejercicio y del tiempo de vencimiento, lo que implica el incumplimiento de uno de los requisitos de la fórmula de Black Scholes.

Por otra parte, en el documento de trabajo de Peña I. Rubio, G y Serna, G. (1999)¹⁰⁶ se busca encontrar los condicionantes de la volatilidad implícita, llegando a la conclusión que la curva de la volatilidad denota una fuerte conducta temporal que tiende a desaparecer si incluimos variables económicas en el análisis como los costes de transacción, la volatilidad del activo subyacente, el tiempo hasta el vencimiento, son éstas las variables claves determinantes de la volatilidad implícita.

¹⁰⁵ LAMOTHE, P GARCÍA Pablo 2004 "La volatilidad implícita en las opciones sobre índices bursátiles. Propuesta de metodología de estimación. Documento de Trabajo 0407, Doctorado de Finanzas de Empresa, Universidad Complutense y Universidad Autónoma de Madrid.

¹⁰⁶ PEÑA, I.; RUBIO, G.; SERNA, G. (1999): Why do we smile? On the determinants of the implied volatility function. Journal of Banking and Finance. Page. 1151-1179.

2.9.1.1.3. La volatilidad futura

La volatilidad futura es en realidad la información clave para cualquier operación basada en opciones. Si se tuviese, se valorarían exactamente las opciones a su correcto valor. La valoración exacta de la volatilidad es la llave para obtener ganancias en el mercado.

Lo cierto es que esa exactitud pretendida en el mercado real es imposible de obtener.

Sin embargo, al considerar que los mercados de opciones no son totalmente eficientes, los autores Lamothe, P y Pérez Sómalo sostienen que existen formas que permiten inducir tendencias en los valores de la volatilidad como por ejemplo la volatilidad implícita futura y la volatilidad futura propiamente dicha.

2.9.1.2. La volatilidad y las opciones reales

Tal como las opciones financieras necesitan determinar su volatilidad, las opciones reales también, estimando σ_v como la desviación típica instantánea de los cambios históricos del valor del proyecto.

En ese sentido la volatilidad será calculada por la expresión:

$$\sigma_v = 1/\sqrt{t} \sqrt{(1/n-1) \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}$$

Siendo

n = número de observaciones históricas de V

V_i = valor del proyecto al final del intervalo de tiempo i (días, semanas, etc)

$$U_i = \ln (V_i/V_{i-1}) \text{ con } i=1,2,\dots,n$$

$\bar{u}$ = la media de u_i

T = longitud del intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas del valor del proyecto.

Si bien teóricamente es clara su aplicación, en la práctica es difícil contar con información histórica del valor de mercado del proyecto por la sencilla razón que el proyecto como tal no existió en el pasado, ni hoy como emprendimiento a valorar.

Sin embargo, si bien la aplicación directa es imposible para un proyecto, puede apelarse a la aplicación sobre emprendimientos existentes comparables, proyectos desarrollados por compañías cotizadas en los mercados, y así estimar la volatilidad σ_v a partir de series históricas de cotizaciones de las mismas.

Paralelamente, puede recurrirse a las opciones sobre las acciones de estas empresas en caso que existan y determinar la volatilidad implícita.

Siguiendo en este sentido, suponiendo un proyecto biotecnológico como el que se expone en la presente Tesis, con opciones de crecimiento y de abandono en el futuro, la valoración histórica de empresas que desarrollen proyectos de biotecnología y coticen en bolsa, o la volatilidad implícita derivada de las opciones sobre sus acciones en el mercado, constituyen una adecuada referencia para la determinación de la volatilidad del proyecto, dependiendo de aspectos tales como:

- a. La similitud de tamaños entre empresas cotizadas de referencia y la proponente del proyecto en cuestión.
- b. Las características de productos y servicios generados.
- c. El nivel de apalancamiento financiero entre la empresa comparable y la del proyecto.
- d. El apalancamiento operativo entre ellas.

Seguramente deberá efectuarse algún tipo de ajuste de la volatilidad cuando alguno de los parámetros mencionados por su falta de alineamiento torne no comparables a las empresas tomadas como referencia y cotizadas y al proyecto.

Como alternativa, los autores Mascareñas, Lamothe, López Lubián y de Luna citan a Davis¹⁰⁷ quien establece que para proyectos relacionados con la extracción o distribución de recursos naturales cotizados en mercados de materias primas¹⁰⁸ la volatilidad del proyecto puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_v = \varepsilon \sigma_s$$

donde:

σ_v = es la volatilidad esperada para el proyecto

ε = elasticidad precio del valor del proyecto o en otros términos la sensibilidad del valor del proyecto a los cambios en el precio del *input* u *output* cotizado en los mercados de materias primas. Quizás una buena forma de estimar este parámetro es mediante la aplicación de simulaciones Montecarlo.

σ_s = volatilidad del *input* u *output* crítico para el valor de ese proyecto

2.10. Cuándo usar el enfoque de las opciones reales

2.10.1. Opciones exclusivas y opciones compartidas

Kester¹⁰⁹ señaló que las firmas, no obstante tener la posibilidad de diferir las inversiones para el momento más oportuno, tienden a precipitarse a invertir,

¹⁰⁷ DAVIS, Graham A. (1998) "Estimating Volatility and Dividend Yield When Valuing Real Options to Invest or Abandon", *The quarterly Review of Economics and Finance* vol 38, pp725-754.

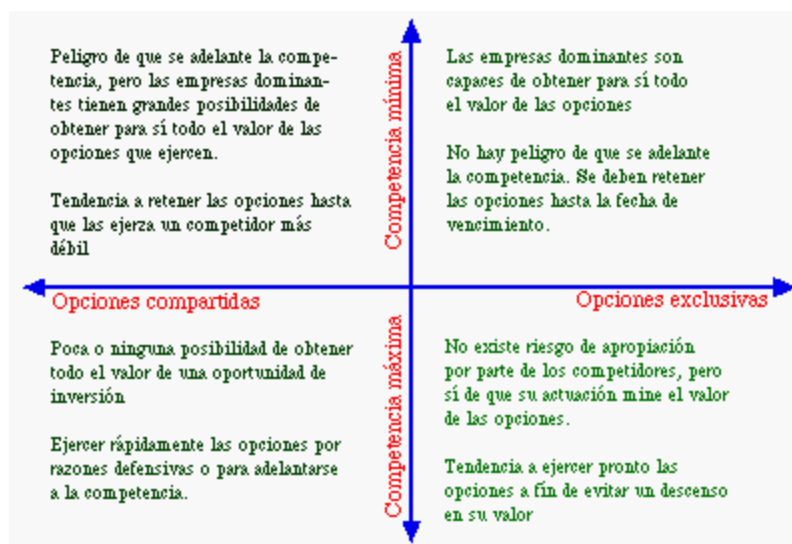
¹⁰⁸ Ver aplicación en caso de Mina de Oro de Cougar Brasil de la presente Tesis.

¹⁰⁹ KESTER, W. Carl: "Today's options for tomorrow's growth" *Harvard Business Review* (Marzo-Abril) 1984. Págs.: 153-160.

comprometiendo fondos prontamente en su propio horizonte de ejecución de los negocios.

Esto ocurre porque la opción se torna valiosa cuando se posee en exclusiva, por lo que es aconsejable mantenerla hasta su vencimiento y no tanto cuando es compartida con otros competidores, porque éstos al replicar las inversiones, pueden hacer decrecer la rentabilidad del proyecto. En estos casos de alta competencia, opciones compartidas, con niveles de riesgo bajo y siempre y cuando el VAN del proyecto es elevado, lo aconsejable es ejercer la opción anticipadamente.

Ilustración 31 las opciones de crecimiento y el tiempo ¹¹⁰



Fuente: Kester C. 1984

Como se observa, las opciones compartidas carecen de valor y las opciones interesantes para los directivos son las exclusivas, muy escasas por cierto.

Por otra parte, Kester ya en 1984 se preguntaba cuán valiosas son las opciones de crecimiento.

¹¹⁰ *Timing the commitment of capital* en el texto original de Kester.

Para dar una respuesta señaló que el valor de una opción de compra sobre un activo depende de su propio valor y del costo de ejercicio de la opción.

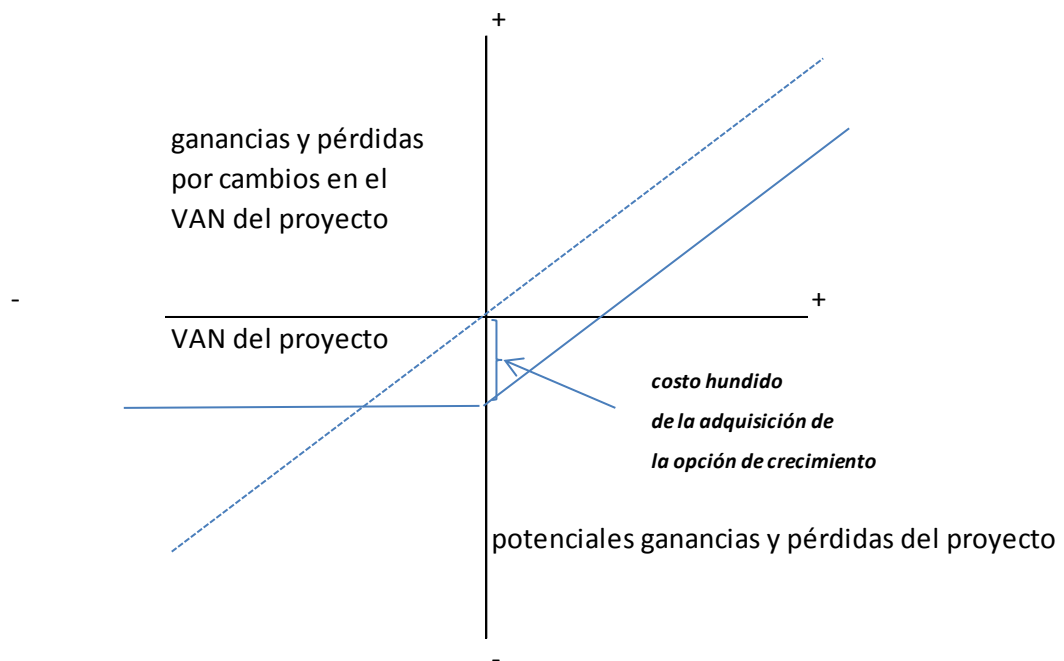
Ejemplificó lo señalado sencillamente con el caso de la tenencia de una acción cotizada en \$120, la tenencia de una opción *call* le da a su dueño el derecho de compra sobre esa acción en \$100 por ejemplo. Esa opción valdrá al menos \$20.

Kester señala que la misma lógica se aplica a las opciones de crecimiento. La oportunidad de emprender un proyecto tiene un valor de al menos la diferencia entre el valor actual de los flujos entrantes menos el valor actual de los flujos salientes. La oportunidad de invertir puede ser más valiosa que el Valor Actual Neto de los flujos del proyecto sostiene, dependiendo de:

- El tiempo que el proyecto puede diferirse.
Ofrece al decisor tiempo para examinar eventos y tendencias.
- El riesgo del proyecto.

Paradójicamente, el riesgo es un factor positivo en la determinación de la opción de crecimiento. Si dos proyectos con idéntico VAN tienen diferente riesgo con igual posibilidad de diferimiento, el más riesgoso tiene mayor posibilidad de obtención de ganancias futuras con restricción de pérdidas cuando la opción madure, debido a la asimetría que otorga justamente la tenencia de la opción.

Ilustración 32 asimetría entre pérdidas y ganancias en la tenencia de una opción.



Fuente: elaboración propia adaptado de Kester (1984)

- El nivel de las tasas de interés.

Los altos niveles de interés se reflejan en menores valores actuales de los flujos futuros de los proyectos, por lo que deprime el precio de una opción de emprender un proyecto.

- El nivel de exclusividad del propietario del proyecto para ejercer esa opción.

Este punto señalado por Kester radica entre lo valioso de conservar una opción única para el propietario como podría ser el caso de patentes, o derechos de exclusividad, o bien tener otra forma de exclusividad dentro de una gran gama de opciones compartidas.

Conforme afirma Damodaran A. (2001)¹¹¹ , el valor del flujo de caja descontado de una empresa joven *start-up* en un mercado muy grande no siempre es representativo de la posibilidad, por pequeña que fuese, que esta empresa pueda sobresalir entre otras y convertirse en el próximo Microsoft o Cisco. Del mismo modo, una empresa con una patente o una licencia sobre un producto puede estar infravalorada utilizando un modelo de flujo de caja descontado, ya que estos flujos de efectivo esperados no tienen en cuenta la posibilidad que la patente podría ser comercialmente viable y de gran valor en el futuro.

Damodaran continúa afirmando que “el DCF subestima la valuación de flujo de valor de la empresa, no porque los flujos de efectivo esperados son demasiado bajos - que reflejan la probabilidad de éxito -, sino porque hacen caso omiso de las opciones que estas empresas tienen que invertir más en el futuro y aprovechar inesperado éxito en sus negocios. Estas opciones se denominan a menudo las opciones reales porque los activos subyacentes son inversiones reales y que podría explicar, al menos en algunos casos, por qué reducidos valoración de flujos de efectivo a veces subestiman el valor de las empresas de tecnología”.

Damodaran (2012)¹¹² afirma, a su vez, que cuando una empresa o proyecto tiene una opción de ampliar la inversión, el valor de esta opción de expansión a veces puede anular el hecho de que la evaluación de la inversión inicial genera un valor actual neto negativo¹¹³. Extendiendo este concepto a la valoración de la empresa (o del proyecto), a veces puede añadir una prima al valor obtenido a partir de una valoración de descuento de flujos de caja de una empresa que tiene el potencial para entrar a nuevos mercados o crear nuevos productos. Esta opción de expansión tiene un valor máximo - en línea con Kester entre otros - cuando el proyecto o empresa tiene el derecho exclusivo de realizar estas inversiones y el valor disminuye a medida que la ventajas competitivas de que goza la disminución firme.

¹¹¹ DAMODARAN, Aswath (2001) *The Dark Side of Valuation*, Pearson Education, Financial Times Press, New Jersey.

¹¹² DAMODARAN, Aswath (2012) *Investment Valuation*, 3rd Edition, Wiley&son, New Jersey.

¹¹³ Similar a lo que se observa el caso del operador portuario LOBRAUS y el desarrollo de fármaco del Institut Pasteur analizados en la presente Tesis.

La opción de abandonar refiere al derecho que las empresas a menudo tienen que alejarse de malas inversiones. En la medida en que se reduce la exposición de la empresa al peor resultado, puede hacer la diferencia entre invertir en un nuevo proyecto y un gran fracaso.

Respecto a cuándo valorar con opciones reales, Lamothe y Méndez (2013) recomiendan su aplicación solamente cuando el proyecto a analizar tenga como características:

- a. Exista un espacio temporal donde se puedan alterar las características del proyecto, entre la decisión de inversión y el desembolso de la inversión. Si no existe esta distancia temporal, la regla de decisión será igual a la del VAN.
- b. El valor de la inversión a realizar hasta el desembolso final que iniciará el proyecto sea menor a éste. Los autores señalan que podrá efectuarse una inversión secuencial que será equivalente a comprar una opción en cada fase e ir desarrollando el proyecto. La decisión de inversión final tendrá las mismas reglas que el VAN.
- c. El valor presente de los flujos de caja esté sujeto a volatilidad. En el caso que la volatilidad sea cero, la valoración con opciones tendría el mismo resultado que al aplicar el VAN. Añaden los autores que la volatilidad aporta valor, ya que al seguir la regla de decisión $\text{Máx}(S-K;0)$ cuando el valor es menor que 0 no es considerado dado que nunca se acometería el proyecto, en cambio cuando debido a la volatilidad los valores presentes esperados aumentan, la valoración lo refleja.

2.11. Métodos de valoración de opciones. Desde los orígenes con Samuelson, Black-Scholes hasta nuestros días.

El Profesor Prosper Lamothe señala que en el ámbito financiero el método de valorar un activo financiero sigue los siguientes pasos;

- c. Se estiman los flujos de caja que se espera genere dicho activo.
- d. Se calcula su valor actual descontándolos a una tasa apropiada¹¹⁴.

El autor continúa con su análisis y señala la imposibilidad del método señalado para la valoración de opciones. Brealey y Myers (2002)¹¹⁵ indican que este método –flujo de caja descontados a una tasa ajustada al riesgo- no sirve para la valoración de opciones, ya que si bien la estimación de los flujos de caja es difícil pero posible, el problema se plantea en la determinación del costo de capital para una opción porque el riesgo no es constante, cambia en función de las fluctuaciones del precio del subyacente.

Los principios en los que se basan la mayoría de los modelos de valoración de opciones ya sean financieras o reales son dos:

- a. Valoración neutral al riesgo. En muchos casos se utilizan las probabilidades apropiadas en una hipótesis de neutralidad al riesgo.
- b. Ausencia de arbitraje. Las primas estimadas para opciones impiden el arbitraje entre una compra o venta de dichos contratos y una cartera de réplica formada por posiciones en el subyacente y en el activo libre de riesgo.

Los primeros modelos de valoración de opciones se originaron en el campo de las opciones financieras, para luego aplicarse estos conocimientos a las opciones sobre activos reales.

¹¹⁴ Usualmente esta tasa se identifica con la tasa de costo de oportunidad del capital invertido.

¹¹⁵ BREALEY, R. y MYERS, S. (2002) Fundamentals of Corporate Finance, Mc. Graw-Hill; Nueva York.

Los orígenes se remontan al premio Nobel de Economía Paul Samuelson (1965) quien planteó el primer modelo de valoración de opciones, y fueron Fisher Black y el premio Nobel Myron Scholes (1973)¹¹⁶ quienes comienzan a aplicar e investigar la valoración de opciones sobre diferentes activos subyacentes tales como acciones, futuros, materias primas, y otros más.

Desde una perspectiva metodológica, son dos los tipos de modelos que se desarrollan:

- a. Modelos analíticos, generalmente en tiempo continuo, cuyo principal exponente es el modelo de Black-Scholes.
- b. Modelos basados en algoritmos, que ofrecen la posibilidad de trabajar en tiempos discretos, cuyo máximo exponente es el modelo de Cox-Ross-Rubinstein (1979), que se basa en desarrollos binomiales. También el método Montecarlo propuesto por Boyle (1977)¹¹⁷ es otra de las maneras de valoración recurrida a los efectos de la determinación de valor de las opciones reales. Boyle propone este método para complementar el análisis propuesto por Black-Scholes en 1973¹¹⁸ y Cox y Rubinstein (1976)¹¹⁹. El autor mismo lo llama como “un tercer método” para la obtención de soluciones numéricas para la valuación de una opción¹²⁰.

El profesor Lamothe destaca como una forma más eficiente para la comprensión de la valoración de una opción, entender primeramente el modelo binomial para luego pasar a comprender el aporte de Black-Scholes, no obstante ser cronológicamente contrario este orden.

Entonces;

¹¹⁶ BLACK, Fischer y SHOLES Myron. 1973, “The Pricing of Options and Corporate Liabilities” *Journal of Political Economy*, mayo-junio pp637-654.

¹¹⁷ BOYLE, P. (1977). “Options; a Monte Carlo Approach” *Journal of Financial Economics* pp323-338.

¹¹⁸ BLACK, F y SHOLES M. 1973, “The Pricing of Options and Corporate Liabilities” *Journal of Political Economy*, mayo-junio pp637-654.

¹¹⁹ COX. J.C. , S.A. ROSS 1976, “The valuation of options for alternative stochastic processes,” *Journal of Financial Economics* 3, 145-166.

¹²⁰ BOYLE ya estaba trabajando previamente (1976) en la adecuación de tasas de retorno como variables aleatorias previamente, “Rates of return as random variables” .

¿En que radica el valor de una opción? ¿Cómo proceder a valorarla?

Primeramente el valor de una opción es concretamente el valor actual esperado de los beneficios que ésta puede ofrecer a su tenedor.

Ejemplificando lo expuesto, suponiendo la existencia de un determinado activo cuyo precio tiene cierta probabilidad de ocurrencia y se considera una tasa ajustada al riesgo del 12%.

La pregunta es la siguiente:

¿cuál es el valor teórico de esta opción?

Tabla 11 Determinación de valor teórico de una opción

precios del activo subyacente al vencimiento de la opción

precio	probabilidad (%)	Valor intrínseco	
70	2%	0	
80	8%	0	
90	20%	0	
100	40%	0	
110	20%	10	
120	8%	20	valor precio de ejercicio 100
130	2%	30	regla del valor de la opción : $\text{Max}(s - \text{precio de ejercicio}; 0)$
			tipo de interés con riesgo: 12%

valor teórico de la opción: esperanza matemática (valor esperado) del valor intrínseco al vencimiento descontado al 12%

$$C = (1/(1+0,12)) * (0*0,02 + 0*0,08 + 0*0,2 + 0*0,40 + 10*0,2 + 20*0,08 + 30*0,02) = 3,75$$

fuentes: elaboración propia adaptado de Mascareñas, Lamothe, López Lubián, de Luna (2004)

Tal cual se observa la determinación del valor teórico de esta opción, se puede determinar mediante esta sencilla forma basada en algunos de los conceptos generales de finanzas y estadística.

La dificultad real, como se verá, radica en la forma más adecuada de determinación de la evolución del subyacente y de las probabilidades de ocurrencia de dichos valores.

2.12. El Modelo Binomial

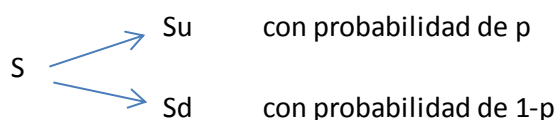
2.12.1. Modelo binomial para un solo período

Retomando a COX-Ross-Rubinstein (1979) el modelo binomial propuesto se basa en los siguientes supuestos:

- Eficiencia y profundidad de mercado
- Ausencia de costes de transacción.
- Posibilidad de compra y venta al descubierto, sin límite.
- Los activos son perfectamente divisibles.
- Se puede prestar y tomar prestado dinero al mismo tipo de interés.
- Posibilidad de realización de transacciones simultáneas.
- El precio del activo subyacente evoluciona según un proceso binomial mutiplicativo.

Partiendo de esta última hipótesis se implica lo siguiente. Si S es el precio del activo subyacente en el presente, en un período de evolución de ese precio es:

Ilustración 33 Proceso de difusión binomial de un solo período.



Con u que representa el movimiento multiplicativo al alza del precio del subyacente en un solo período, con probabilidad de ocurrencia asociada de p y

d es el caso análogo de movimiento a la baja con probabilidad asociada $1-p$.

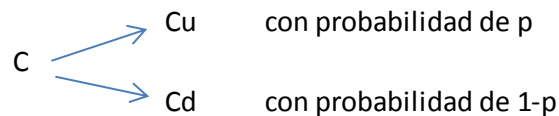
Considerando que la tasa libre de riesgo r_f es la representada por la que paga un activo libre de riesgo como un título de deuda pública de buena calificación (por ej. Letras de tesorería de USA) y si se denomina a r^* a $(1 + r_f)$ debe verificar que:

$$u > r^* > d$$

$$\text{con } u > r^* > 1 \text{ y } d < 1$$

Suponiendo la existencia de una opción europea evolucionará de la siguiente manera:

Ilustración 34 Evolución de la opción en un solo período.



$S = 100,00$
 $u = 1,20$
 $d = 0,83$
 $r^* = 1,10$
 $X = 100,00$



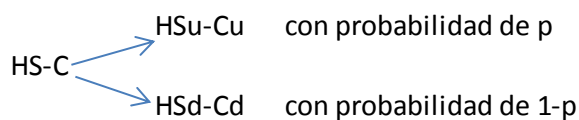
fuentes: elaboración propia adaptado de Mascareñas, Lamothe, López Lubián, de Luna (2004)

Como punto de partida este simple ejemplo, se puede añadir que puede construirse una cartera de arbitraje compuesta de la venta de una opción de compra de acciones (posición corta) y la compra de H acciones (posición larga).

Entonces;

¿Cuánto vale esta cartera?

La cartera propuesta vale la cantidad de H acciones que valen S unidades monetarias, mientras que la opción de compra mencionada vale C unidades monetarias, por lo que la cartera vale HS-C.



¿Cuál es la cantidad de acciones H?

$$HSu-Cu=HSd-Cd$$

Despejando H, su cantidad es:

Ilustración 35 Ratio de cobertura de la posición en opciones

$$H = (Cu-Cd)/(S*(s-d))$$

Aplicando al ejemplo la ecuación anterior:

$$H = (20-0)/(100*(1,2-0,8)) = 0,5$$

Entonces; ¿cuál es el valor de la cartera?

La cartera tiene equiprobabilidad de ascenso como de descenso valiendo lo mismo en cada escenario.

$$HSu-Cu = 0,5*120-20 = 40$$

$$HSd-Cd = 0,5*80 - 0 = 40$$

En suma, en ambos escenarios el portfolio vale lo mismo al final del primer período y no existe variabilidad del valor, o sea, el valor es constante y carece de riesgo.

En consecuencia se verifica la siguiente igualdad:

$$HS-C=(HS_u - C_u) / r^u = (HS_d-C_d)/r^d$$

Despejando

$$C=(r^u*HS-HS_u+C_u) / r^u = (1/r^u)*(HS (r^d-u)+C_u)$$

$$C= 1/r^u*(C_u*((r^d-d)/(u-d))+C_d*((u-r^d)/(u-d)))$$

Llamando:

$$m=(r^d-d)/(u-d)$$

sustituyendo en la C;

$$\text{considerando a } 1-m=1-(r^d-d)/(u-d)$$

$$C=1/r^u*(m*C_u+(1-m)*C_d)$$

$$C_u = \text{Máx}(0; S_u-X) \text{ y } C_d = \text{Máx}(0; S_d-X)$$

Aplicando al ejemplo la ecuación anterior; el valor teórico de la opción es:

$$M= (1,1-0,8)/(1,2-0,8)=0,75 \text{ y } 1-m=0,25$$

$$C=1/1,1*(0,75*20+0,25*0)=13,64 \text{ um.}$$

En consecuencia;

¿qué significado tiene este valor hallado?

Por ejemplo si la opción cotizase 15u.m.;

¿cómo se procedería en relación al arbitraje posible?

Se vendería la opción de compra a 15 um y compraría 0,5 unidades de la acción subyacente.

En suma la operación de arbitraje sería:

$$15 - 0,5 \cdot 100 = -35 \text{ um}$$

Este importe se financiaría al 10%; entonces:

Al vencimiento el activo subyacente vale 120 um.

Se ejerce la opción y se pierde 20 um (100-120).

Se vende la inversión por parte del tenedor de la opción e ingresan 60 um (0,5*120).

Se paga el crédito solicitado; $35 \cdot 1,1 = 38,5$ um

Beneficio global de la operación; 1,5 um; (60-20-38,5).

Análogamente, para el escenario de descenso se observará que al valer 80 um, la opción no es ejercida por el tenedor del derecho, se vende el subyacente en 40 um (50%*80), y se paga el correspondiente crédito solicitado previamente $35 \text{ um} \cdot 1,1 = 38,5$.

Por ende, el resultado global de la operación es 1,5 um.

En ambas situaciones el beneficio es el mismo.

Además, se observa que la prima de mercado de la opción es 15, y su prima teórica es 13,64. Si se capitaliza al 10%, esa diferencia de primas es la utilidad de la operación. $15 - 13,64 = 1,36$ >>>> $1,36 \cdot 1,1 = 1,5$.

Si se denomina B el importe del activo libre de riesgo;

$$C = HS - B$$

En este caso la evolución de la cartera de réplica sería la siguiente:

$$\begin{array}{lcl}
 & \nearrow & HS_u - r^B = C_u \\
 HS - B & & \\
 & \searrow & HS_d - r^B = C_d
 \end{array}$$

Al despejar H y B se obtiene;

$$H = (C_u - C_d) / S(u - d)$$

$$B = (dC_u - uC_d) / (r^B(u - d))$$

Volviendo al ejemplo; $H=0,5$ y $B=36,36un$

En suma se podría replicar la compra de una opción de compra a un precio de ejercicio de 100 um.

¿cómo?

Comprando 0,5 unidades del activo subyacente y con un endeudamiento en 36,36un al 10% de interés.

Prosper Lamothe cita a Augros y Navatte (1987)¹²¹ sosteniendo que la evolución de una opción de compra en el universo de un período por el método binomial arroja algunas conclusiones interesantes:

- La probabilidad p no interviene en la fórmula de valoración de la opción.
- El valor de C no depende del riesgo de mercado, sino del carácter aleatorio de la evolución.
- El valor de C , no depende de la actitud de los inversores ante el riesgo, ya que no incluye ningún parámetro que se asocie con este factor, por lo que puede admitir la evaluación de una opción asumiendo la hipótesis de neutralidad del inversor frente al riesgo.

En consecuencia,

¹²¹ AUGROS, J.C. Y NAVATTE, P (1987): Bourse les Options négociables, Vuibert Gestion, Paris cap 2.

$$pSu + (1-p)Sd = r^{\wedge}S$$

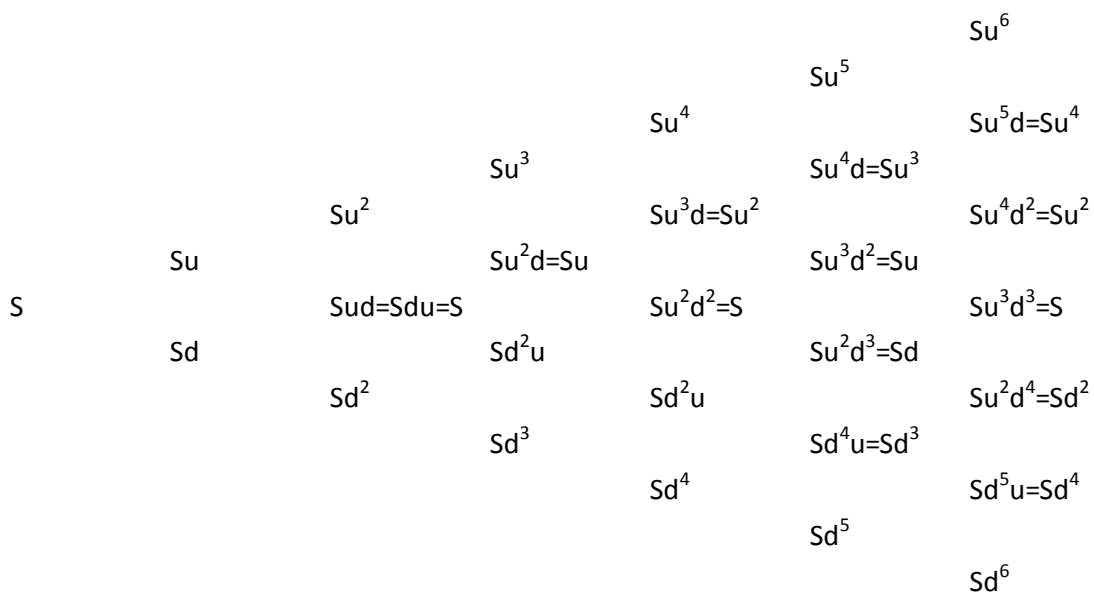
donde

$$p = (r^{\wedge} - d) / (u - d) = m$$

2.12.2. Modelo binomial multiperíodo

Para n períodos el precio del activo subyacente tendrá la siguiente difusión binomial multiplicativo.

Ilustración 36 difusión binomial multiperíodo multiplicativa



El procedimiento para la determinación del valor de la opción consta de dos fases;

- Cálculo del valor de la opción al final del proceso de difusión binomial
- Realizar el proceso recursivo calculando el valor de cada opción en cada nodo del diagrama mediante la expresión:

$$C_{t-1} = (1/r^{\wedge}) * (p * C_{tu} + (1-p) * C_{td})$$

p: probabilidad de ascenso neutral al riesgo ((1-p) probabilidad de descenso).

$$r^{\wedge}: 1+r_f$$

C_{t-1} : valor de la opción en el nodo t-1

C_{tu} : Valor de la opción en t, en caso que el subyacente se multiplica por u de t-1 a t.

C_{td} : análogamente al caso ascendente anterior, cuando el precio del subyacente se multiplica por d, desde t-1 a t.

Ilustración 37 Valoración de la prima de la opción de compra según un modelo binomial.

						C_5u^5	$\text{Max}(0; Su^6 - X)$
				C_4u^4			$\text{Max}(0; Su^5d - X)$
		C_2u^2	C_3u^3	C_4u^3d	C_5u^4d		$\text{Max}(0; Su^4d^2 - X)$
C	C_1u		C_3u^2d	$C_4u^2d^2$	$C_5u^3d^2$		$\text{Max}(0; Su^3d^3 - X)$
	C_1d	C_2ud	C_3d^2u	C_4d^2u	$C_5u^2d^3$		$\text{Max}(0; Su^2d^4 - X)$
		C_2d^2	C_3d^3	C_4d^4	C_5d^4u		$\text{Max}(0; Sd^5u - X)$
					C_5d^5		$\text{Max}(0; Sd^6 - X)$

$$\text{Con } C_{t-1} = r^{-1} (p * C_{tu} + (1-p) * C_{td})$$

Aplicando al ejemplo desarrollado:

Ilustración 38 Reticulado binomial y recursivo para determinación del valor de la opción.

PERÍODO 0	PERÍODO 1	PERÍODO 2	PERÍODO 3	PERÍODO 4
				207,36
			172,80	
		144,00		144,00
	120,00		120,00	
100,00		100,00		100,00
	83,33		83,33	
		69,44		69,44
		-	57,87	
				48,23
parámetros				
tasa libre de riesgo		2% S=100		X=100
P=	0,55	u=	1,20	
1-P	0,45	d=	0,83	
PERÍODO 0	PERÍODO 1	PERÍODO 2	PERÍODO 3	PERÍODO 4
				107,36
			78,85	-
		54,26		44,00
	35,83		24,20	-
23,00		13,31		0,00
	7,32		-	-
		-		-
				-

Un aspecto a destacar es que la valoración neutral al riesgo que se aplica en la metodología no implica de ninguna manera que los inversores sean neutrales al riesgo, sino que los activos financieros derivados (las opciones) pueden valorarse como si los inversores fueran neutrales al riesgo ya que las preferencias de éstos sobre el riesgo no tienen efecto sobre el valor de la opción cuando ésta se expresa en función del activo subyacente. Es por eso que en las fórmulas de valoración (portafolio replicado, Black-Scholes, probabilidades neutras) no aparece la variable “rentabilidad esperada sobre las acciones”. En el abordaje neutral al riesgo, normalmente se construye

inicialmente una cartera libre de riesgo, ya que el precio de las acciones y el precio de la opción están afectados por la misma fuente de incertidumbre, los movimientos del precio de las acciones. López Dumrauf, (2003).¹²²

2.12.3. Modelo de Black - Scholes

Black y Scholes comenzaron desarrollando estudios sobre las relaciones existentes entre el riesgo y la rentabilidad.

Quizás fue el inicio conceptual de las opciones y garantías recordando claro está que a fines de la década de los 60 no existía en el mundo un mercado organizado de opciones.

Al investigar el precio de las opciones, surgieron algunas ideas iniciales relacionadas con arbitraje. Su método trataba fundamentalmente de determinar la fórmula que incluyese todos los factores que afectan al precio de las opciones, y al mismo tiempo, determinar cuántas opciones sufrirían el mismo cambio que el precio del activo subyacente. Es decir, lo que querían era crear un arbitraje, o buscar la cobertura: asumiendo que una posición cubierta está libre de riesgo, la rentabilidad de la posición debería ser precisamente la tasa de interés libre de riesgo.

Gómez Villa (2004)¹²³ Lamothe y Méndez (2013)¹²⁴ señalan en su relato que todo esto concluyó, finalmente, en la elaboración de una ecuación diferencial conocida como la "*heat equation*" (ecuación del calor).

¹²² LÓPEZ DUMRAUF,Guillermo, (2003), Tendencias en Valuación : Cuatro pasos para incluir el valor de las opciones reales. Ejecutivo de Finanzas, Octubre 2003, Buenos Aires.

¹²³ GÓMEZ VILLA (2004) cuenta en su trabajo la anécdota que en una entrevista a principios del año 1995, Black señaló que el momento clave en el desarrollo del modelo, fue cuando él y Myron Scholes se dieron cuenta que la ecuación que querían resolver se parecía a una fórmula usada en física para describir el proceso de difusión del calor, "cuando nos dimos cuenta, resolvimos rápidamente la ecuación".

El modelo finalmente presentado en 1973 por Fisher Black y Myron Scholes tuvo la distinción de haber sido el primer modelo teórico-práctico para evaluar opciones financieras, habiéndose apartado del problema de la tasa de interés requerida para descontar flujos de fondos.

El modelo permite obtener el valor teórico de una determinada opción europea¹²⁵

Ese valor teórico tiene la siguiente implicancia; si por un instrumento financiero se paga un precio equivalente a su valor teórico (y el mismo es correcto) existirá la seguridad que en el largo plazo no habrá ganancias ni pérdidas.

La clave es entonces la compra de un activo por un precio inferior a su valor teórico y luego venderlo. Cuando el activo alcance el valor teórico la ganancia será éste menos lo efectivamente pagado por él.

Los supuestos básicos del modelo de *Black – Scholes*,¹²⁶ son los siguientes:

- Existencia de un mercado financiero perfecto, en el sentido de que los inversionistas pueden pedir prestados los recursos monetarios que necesiten, sin limitación alguna, a la vez que prestar sus excedentes de liquidez al mismo tipo de interés sin riesgo (r_f), que es conocido y considerado constante en el período estimado.
- Es continua la negociación en los mercados financieros.
- La opción es de tipo europeo, sólo puede ejercerse a su expiración.
- No existen comisiones ni costos de transacción ni de información.
- No hay efecto de los impuestos en los agentes, o bien no existen, o si existen, gravarían por igual a todos los inversionistas.

¹²⁴ LAMOTHE y MÉNDEZ (2013) analizan detalladamente entre otros puntos la transformación en la ecuación de calor partiendo de una opción de compra de tipo europeo según B-S, págs.. 39 y siguientes.

¹²⁵ Esto constituye una limitación para su aplicación como se destaca en las restricciones que tiene el modelo.

¹²⁶ Los que son similares a los supuestos del modelo binomial.

- No hay dividendos. El activo subyacente no paga dividendos ni cualquier otro tipo de reparto de beneficios durante el período considerado.
- Son posibles las “ventas al descubierto” del activo subyacente.
- El precio del subyacente (S) realiza un recorrido aleatorio con varianza (Π) proporcional al cuadrado de dicho precio.
- La distribución de probabilidad de los precios del subyacente es logarítmico normal y la varianza de la rentabilidad del subyacente es constante por unidad de tiempo del período.

Según este modelo, el valor teórico de una opción de compra se determina por la siguiente fórmula:

$$C = S \cdot N(d1) - E \cdot e^{-rt} \cdot N(d2)$$

Dónde:

$$d1 = (\ln(S/E) + (r + \sigma^2/2) \cdot t) / (\sigma \sqrt{t})$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t}$$

con la definición de los siguientes parámetros.

C = Precio de la opción “call”

S = Precio del activo subyacente

E = Precio de ejercicio

r = Tasa de interés en tiempo continuo: $\ln(1 + r_p) = r$

t = Tiempo hasta la expiración de la opción

σ = Volatilidad (varianza) en el valor del activo subyacente

$N(i)$ = Valores de la función de distribución normal estandarizada para (i)

e = Base de los logaritmos neperianos 2.71823

$\ln$ = Logaritmo natural

Y el valor teórico de una opción de venta (P), viene dado por la fórmula:

$$P = E^* e^{-rxt} N(-d2) - SN(-d1)$$

donde los valores $d1$ y $d2$ son los ya definidos anteriormente.

2.13. Algunas limitaciones a la aplicación de opciones reales en general.

Sintéticamente el profesor Prosper Lamothe en uno de sus cursos señalaba tres limitaciones y proponía soluciones a esas restricciones;

PROBLEMA : Es muy difícil encontrar el activo de réplica que permita diseñar la cartera de arbitraje y obtener probabilidades neutrales a riesgo.

SOLUCIÓN: Copeland y Antikarov (2001) aconsejan utilizar al proyecto sin flexibilidad, es decir, sin opciones, como un hipotético activo de réplica por lo que este problema quedaría aparentemente resuelto. Ellos denominan esta hipótesis como la hipótesis de rectificación del activo subyacente negociado (Marketed Asset Disclaimer).

PROBLEMA :Otro problema de aplicación surge con la estimación de σ y σ_d , o en un sentido más general de la volatilidad del proyecto.

SOLUCIÓN: Existen varias alternativas de estimación de la volatilidad (por ejemplo Simulación Monte Carlo).

PROBLEMA: Muchos proyectos presentan opciones reales exóticas y/o interdependientes difíciles de valorar con el método binomial.

SOLUCIÓN: No nos queda más alternativa que utilizar el método de los comparables o el método de simulación de Montecarlo.

Otras limitaciones planteadas por otros académicos como López Dumrauf (2005¹²⁷) se basan en que en algunos casos el precio de ejercicio cambia con el tiempo, reflejando una interesante dificultad conceptual ya que Black – Scholes asume un precio de ejercicio constante¹²⁸.

López Dumrauf se pregunta: El precio del subyacente; ¿sigue realmente un movimiento browniano?

Considerando las opciones de espera, ¿cuántos años podemos esperar?

López Dumrauf sostiene que el valor tiempo del dinero y los costos de mantenimiento representan un incentivo inverso. La valoración de opciones contempla la utilización de una tasa libre de riesgo de forma tal que ejemplificando con el valor presente de \$1 dentro de 50 años es hoy \$0,09 si la tasa libre de riesgo es del 5% anual.

Otra cuestión que propone el autor es el cambio de la volatilidad del activo subyacente. Añade que la fórmula de Black-Scholes asume volatilidad constante y es posible que la volatilidad del proyecto cambie con el tiempo¹²⁹.

En relación al modelo Black Scholes, también Gómez Villa (2004)¹³⁰ añade que este modelo no toma en cuenta el pago de dividendos ni cualquier otro pago de beneficios durante el período de análisis.

¹²⁷ LÓPEZ DUMRAUF, Guillermo, Opciones Reales, “Estado del arte y avances en la última década” Universidad de CEMA, Buenos Aires, Argentina 2005.

¹²⁸ En los casos de campo de la presente Tesis (siendo opciones americanas) ha sido considerado este aspecto teniéndose en cuenta los correspondientes precios de ejercicio para cada estado del proyecto.

¹²⁹ Al respecto en la presente Tesis se ha considerado este aspecto en los casos de campo, determinando diferentes volatilidades conforme avanza el proyecto.

El pago de dividendos reduce el valor de la opción, por lo que las opciones *call* se minusvaloran y las *put* aumentarán tanto conforme aumenten los dividendos.

Además señala que el método está diseñado para opciones europeas, ya que no puede ser ejercida hasta su expiración, lo que tiene una exclusión directa para todos los casos de tipo americano que representan a muchas de las opciones en la vida real.

Para complementar este apartado, Sanjurjo M. y Reinoso, P (2003)¹³¹ destacan algunos errores e inconvenientes frecuentes a la hora de aplicación de las opciones reales tales como la existencia de cierta brecha entre los potenciales usuarios de la información como los propietarios de firmas, sus directivos y gerentes, con un fuerte énfasis en la formación eminentemente empresarial y estratégica y las finanzas cuantitativas, que acuden a probabilidades ajustadas al riesgo, métodos como Black Scholes, Binomiales, conceptos de comprensión compleja como la volatilidad y sus efectos, entre otros.

Otra dificultad de aplicación de las opciones reales es en relación con orientaciones estratégicas a directivos, ya que la sofisticación excesiva que ofrecen las opciones reales con múltiples fuentes de incertidumbre y diversas opciones a ejercer potencialmente hacen perder el objetivo de orientación estratégica anhelado.

Sanjurjo y Reinoso (2003) destacan que las opciones reales frecuentemente tienen falta de realismo en sus estimaciones, en particular cuando se busca fuentes de financiamiento.¹³²

Por último, citando a Fernández, P, (2008)¹³³ y para completar este apartado que destaca las limitaciones al aplicar las opciones reales a casos de

¹³⁰ GÓMEZ VILLA, Carlos A. (2004) UN CASO DE ESTUDIO PARA EVALUAR ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN USANDO OPCIONES REALES; TESIS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, San Juan.

¹³¹ SANJURJO, Miguel y REINOSO, Pilar, 2003, Valoración de Empresas, Pearson Educación SA, Madrid.

¹³² Este tipo de error de sobreestimación y optimismo excesivo alcanza a prácticamente todo método de estimación de valor en cualquier campo.

¹³³ FERNÁNDEZ, Pablo, 2008, 201 Errores en la valoración de empresas. Ediciones Deusto, Barcelona.

valoración de proyectos, éste destaca como principales errores la consideración como propia por parte del inversor o decisor de una opción compartida como ya lo anticipaba Kester (1984).

Fernández también destaca que existen otros errores como la suma de opciones perdiendo de vista el significado económico, la estimación de la volatilidad sin rigor (por ejemplo asignando la volatilidad del proyecto como la suma simple e individual de las principales volatilidades de sus fuentes de incertidumbre).

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA QUE ENMARCA LA PRESENTE TESIS

3.1.Marco General. Seguimiento del Método Científico

La presente tesis doctoral intenta seguir un método científico desde que

- a. Establece un problema u objetivo inicial al plantear una interrogante derivada de la aparente insuficiencia de métodos tradicionales para la adecuada valoración de determinados proyectos de inversión. Estos contienen ciertas características en cuanto a la dosificación de la inversión por etapas, existencia de riesgo privado y de mercado, generalmente con flujos de ingresos diferidos en el tiempo. La respuesta a este problema sería la eventual existencia de formas más idóneas para determinar un valor justo para dichos proyectos.
- b. Aborda en su fundamentación teórica el conocimiento actual y más recibido por la academia y el empresariado relativo a la valoración de proyectos y empresas que se ajustan a estas características que hacen difícil su valoración por medios tradicionales,
- c. La búsqueda, en la metodología de los casos múltiples del mundo real, de respuestas a estas interrogantes planteadas.
- d. Por último plantea los hallazgos, resultados y conclusiones en relación con los objetivos de esta investigación a modo de conclusión y aportes de nueva información.

3.2.Enfoques de la investigación científica a considerar

Ruiz¹³⁴ (2011) recurre a Hernández, Fernández y Baptista ¹³⁵(2007) al analizar como punto de partida para la investigación científica a los enfoques

¹³⁴ RUIZ MEDINA, Manuel (2011) Tesis Doctoral "Políticas Públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México", Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

¹³⁵ HERNÁNDEZ SAMPIERI Roberto, FERNÁNDEZ, C BAPTISTA, L (2007) Metodología de la Investigación, Ed. Mc. Graw Hill, Santiago de Chile.

cualitativo y cuantitativo. Al analizar las cualidades de ambos enfoques de investigación, cualidades que resultan valiosas y que han realizado aportaciones notables al avance de la ciencia, comparativamente no se destaca ninguno de los enfoques como mejor que el otro, incluso destacan que la posible combinación de ambos permite obtener mejores resultados en la investigación. Por una parte, la investigación *cuantitativa* ofrece la posibilidad de generalizar resultados y otorga control, réplica y comparación del fenómenos de estudio con otros estudios similares; la investigación *cualitativa* proporciona profundidad en la información, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización, detalles, indagación fresca, natural, holística, flexible y experiencias únicas por su cercanía con el entorno.

Amplía Ruiz acerca de los procesos inductivo y deductivo sosteniendo que el proceso deductivo no es suficiente por sí mismo para explicar el conocimiento. El proceso deductivo tiene su utilidad fundamentalmente en campos de la lógica y de las matemáticas de donde se parte de un conocimiento considerado como cierto.

En relación con el proceso deductivo, es posible utilizarse cuando, a partir de la validez del enunciado particular, se puede demostrar el valor de verdad del enunciado general.

El proceso inductivo y deductivo al combinarse de forma que la deducción se aplica en la elaboración de hipótesis, y la aplicación de la inducción en los hallazgos, ambos, Inducción y deducción tienen mayor objetividad cuando son consideradas como probabilísticas.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y someter a prueba las hipótesis establecidas previamente al confiar en la medición numérica y en la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. El enfoque cualitativo se aplica inicialmente para descubrir y refinar las interrogantes para la investigación y al basarse en métodos de recolección de

datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones y por su flexibilidad se mueve entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. (Ruiz, 2011).

3.3.La elección de un enfoque metodológico a aplicar, ¿análisis estadístico o análisis de caso?

El aumento de la aplicación de la metodología de estudio de caso ha sido una de las tendencias más significativas de la investigación en los últimos años. Especialmente en el área empresarial, la metodología de casos se ha utilizado cada vez más. A pesar de esta tendencia emergente, los estudios de casos se consideran a menudo como la exposición de evidencia relativa referida a los mismos casos solamente¹³⁶ⁱ (Lukka, K y Kasanen, E, 1995).

Los autores añaden que la validez de la metodología de casos se ha aplicado con éxito generalmente para la generación de hipótesis.

El estatus científico de los estudios de casos se ha considerado bajo en comparación a en los que se basan en estudios estadísticos. A menudo, el valor científico de los estudios de casos ha sido cuestionado con el argumento de que los resultados del estudio de caso no es generalizable, reforzado este hecho frecuentemente por los propios investigadores al aconsejar precaución al intentar generalizar las conclusiones.

Sin embargo, Lukka y Kasanen argumentan que la posibilidad de generalizar a partir del estudio de casos es mayor que lo comúnmente se considera.

Pese a ello, la realidad es otra. Si bien en la academia en general el número de estudios de casos va en aumento, predomina la investigación basada en métodos estadísticos en la investigación empresarial y económica. Una de las principales virtudes que se reconoce a las investigaciones basadas

¹³⁶ KASANEN, E. y LUKKA T. (1995). The problem of generalizability: anecdotes and evidence in accounting research Kari Lukka Turku School of Economics and Business Administration, Turku, Finland, and Eero Kasanen Helsinki School of Economics, Helsinki, Finland. Accounting, Auditing & Accountability Journal, Vol. 8 No. 5, 1995, pp. 71-90. © MCB University Press, 0951-3574

en estudios estadísticos es la capacidad de generar resultados generalizables a partir de las investigaciones.

Lukka y Kasanen exponen en sus estudios que ambos métodos – métodos estadísticos y los estudios de casos- no están tan lejos el uno del otro en cuanto a la generalización como se considera comúnmente. Destacan los autores que la razón principal de su semejanza radica en el hecho de que las metodologías detrás de ambas vías de investigación se ven afectadas por el problema de la inducción, lo que se traduce en la incertidumbre inevitable incluida en todos los estudios empíricos. El otro elemento común de las dos modalidades de estudio es que el amplio conocimiento del mundo real juega un papel clave en la investigación al intentar obtener resultados relevantes y generalizables.

3.4.La investigación empírica en la actualidad, las estadísticas y los casos.

En relación a la investigación empírica en el ámbito empresarial hoy, se observan dos vertientes principales que le dan sustento.

Por una parte se destacan investigadores estadísticos, que representan la corriente internacional y normalmente plantean hipótesis deducidas de ciertas teorías, o desarrollar nuevas hipótesis sobre la base de las relaciones que descubrieron a través del análisis de los datos.

Por otra parte, hay investigadores de casos, de trabajo en el campo, con un número muy limitado de objetos de investigación, que suelen insistir en la importancia de la interpretación y la comprensión profunda, y que tienen la publicación de sus resultados generalmente en foros internacionales.

Ambas vertientes se enfrentan a problemas a la hora de generalizar los hallazgos y conclusiones.

3.5.La generalización en la investigación empresarial

Desde un concepto amplio, generalizar implica la obtención de conclusiones y la argumentación para cubrir muchos o todos casos de un tipo determinado sobre la base de una o más observaciones del mundo real.

Estas conclusiones generalizadas pueden ser de varios tipos:

Marcos conceptuales, que ofrecen la posibilidad de discutir la Materia objeto de estudio en general.

- Modelos descriptivos, tratando de mostrar "cómo son las cosas" en el problema campo, cuyas conclusiones abarcan más objetos que los estudiados.
- Modelos explicativos, que intentan capturar en general las relaciones importantes existentes en la materia de estudio.
- Modelos prescriptivos, que ofrecen soluciones a los problemas prácticos además de orientación para la posterior toma de decisiones en otros problemas en casos similares.

Acerca de la posibilidad de generalizar a partir de estudios estadísticos los autores citan a Scapens¹³⁷, quien afirma que en los estudios estadísticos la generalización se produce a partir de una muestra de una población típicamente escogida al azar a través de la metodología ofrecida por las estadísticas. Esta es la más típica forma de generalización en la investigación en el campo empresarial. Sin embargo, Lukka y Kasanen argumentan que éste es sólo uno de los posibles modos de generalización. Haciendo referencia a la definición de generalización citada, no limitan dicho concepto a una única generalización estadística, sino que la interpretación que la enmarca es mucho más amplia.

En los casos empresariales se presentan todos los posibles problemas para el logro de la generalización de resultados. Todo intento de realización de generalizaciones empíricas es inevitablemente inductivo por la naturaleza.

¹³⁷ SCAPENS, R.W. (1992), "The role of case study methods in management accounting research: a personal reflection and reply", *British Accounting Review*, Vol. 24, pp. 369-83.

En el caso de la inducción, nunca se puede contar con la total seguridad de si el razonamiento conserva la certeza o verdad o no, como es posible en el caso de la deducción.

El principal problema de inducción está en que se hacen inferencias a través del tiempo, donde las generalizaciones siempre presuponen que el futuro se corresponde estructuralmente con el pasado. Sin embargo, esta es una declaración cuya validez necesitaría una prueba empírica que es imposible en el momento del examen. En suma, este es el problema fundamental de la inducción. Parece conducir a un razonamiento circular, “la inducción basa en inducción” afirman los autores citando además en este concepto a Chalmers, 1986¹³⁸; Pratt, 1983¹³⁹; Stewart, 1979¹⁴⁰. La paradoja radica en el hecho de que, a pesar de la justificación de la inducción es uno de los principales problemas de la filosofía de la ciencia, los investigadores en ciencias empíricas parecen no poder salir adelante con sus investigaciones sin la inducción.

Lukka recurre a MacIntyre (1990)¹⁴¹ quien vincula la dificultad de generalizar en las ciencias sociales a la dificultad de predecir el comportamiento humano, que según él implica una dilema; para que nuestra vida tenga sentido debemos ser al mismo tiempo capaces de hacer generalizaciones válidas del comportamiento de los demás - porque de lo contrario la participación en proyectos a largo plazo sería un inconveniente para nosotros - y preservar nuestra independencia y nuestra libertad de elegir nuestros propios cursos de acción, es decir, a mantenernos impredecibles. Concluye que las generalizaciones pueden existir en ciencias sociales, también, pero en una forma significativamente más débil que lo que se conoce en la tesis de ley-cubriente¹⁴².

¹³⁸ CHALMERS, A.F. (1986), *What Is This Thing Called Science?*, 2nd ed., Open University Press, Suffolk.

¹³⁹ PRATT, V. (1983), *The Philosophy of the Social Sciences*, Methuen, Cambridge.

¹⁴⁰ STEWART, I.M.T. (1979), *Reasoning and Method in Economics. An Introduction to Economic Methodology*, McGraw-Hill, Maidenhead.

¹⁴¹ MACINTYRE, A. (1990), *After Virtue. A Study in Moral Theory*, 2nd ed., 3rd imp., Duckworth, Guildford and King's Lynn.

¹⁴² Ley cubriente: La estructura lógica de una explicación científica, está basada en el modelo de ley cubriente que se basa en la idea que un evento dado o regularidad puede ser introducido bajo una o más leyes generales o sea que comprendemos un fenómeno o regularidad una vez que vemos como

3.6.La generalización de los estudios de caso

En los estudios de casos se realiza un intento general para compensar la imposibilidad de la aplicación de la inferencia estadística, por ejemplo, una teoría o relevancia práctica del tema de investigación, la minuciosidad del análisis y interpretación, y la triangulación de los métodos de investigación afirman Lukka y Kasanen basados en Scapens, 1990¹⁴³; Silverman, 1985¹⁴⁴; Spicer, 1992¹⁴⁵; Yin, 1984¹⁴⁶.

Un estudio de caso de éxito ofrece nuevas y frescas perspectivas, observaciones e interpretaciones completas de un solo o unos pocos objetos de investigación que ofrece un aumento de la comprensión del campo estudiado en la comunidad de investigadores.

Una de las características más importantes de un caso de éxito es que puede convencer al lector de la validez del caso descripción y análisis, es decir, que hace una impresión creíble.

Por otro lado, en su peor calificación, un estudio de caso es una descripción pseudo-profunda de un objeto de la investigación, seleccionado sobre la base de fácil acceso y hecha por un investigador desprevenido. Se hace un intento para probar un pobre marco teórico, sin posibilidad alguna real de éxito. Al ser el marco teórico tan vago, no hay evidencia empírica seria que lo apoye. El reporte de un caso en esta situación extrema solo implica que el estudio incluye un enlace empírico. El lector tiene la impresión de que el investigador no está familiarizado con los métodos cualitativos propios de estudios de caso.

estas se derivan de regularidades más profundas de la naturaleza o sea que el evento o regularidad no es accidental sino que está originado en algunas leyes más básicas que regulan el fenómeno.

¹⁴³ SCAPENS, R.W. (1990), "Researching management accounting practice: the role of case study methods", *British Accounting Review*, Vol. 22, pp. 259-81.

¹⁴⁴ SILVERMAN, D. (1985), *Qualitative Methodology & Sociology*, Gower, Guildford and King's Lynn.

¹⁴⁵ SPICER, B.H. (1992), "The resurgence of cost and management accounting: a review of some recent developments in practice, theories and case research methods", *Management Accounting Research*, Vol. 3 No. 1, pp. 1-37.

¹⁴⁶ YIN, R.K. (1984), *Case Study Research. Design and Methods*, Sage, Beverly Hills, CA.

Cabe señalar que el método del caso es una investigación muy exigente.

La relevancia reivindicada, minuciosidad y vínculo de los resultados al conocimiento requiere fuertes argumentos a favor. La credibilidad y el interés común tiene que ser demostrado mediante la vinculación del problema de investigación y los resultados con temas relevantes desde la perspectiva empresarial, y al demostrar que los resultados son, de una forma u otra, ya sea significativa en el desarrollo empresarial en la teoría o en la práctica.

3.6.1. ¿Es posible la generalización de los estudios de caso?

Hasta hace poco los resultados de los estudios de casos rara vez se publicaban en las más renombradas e importantes publicaciones de investigación de empresas. Es ilustrativo el bajo estatus científico asignado entre la corriente de investigadores a los estudios de casos cuando es usual referirse a ellos como “evidencia anecdótica” en relación con los resultados obtenidos..

Sin embargo, la actual corriente principal de investigadores en el área empresarial parecen aceptar estudios de caso también, aunque con reservas - es decir, si su función se limita a la generación de nuevas ideas de investigación y las hipótesis que se probaron más tarde "adecuadamente" los estudios convencionales con muestras más grandes, es decir, donde el carácter subordinado del método del caso es reconocido explícitamente.

En cuanto a la generalización de los estudios de caso, parece que hay tres posiciones principales en la literatura empresarial:

- a. En un extremo está la visión que niega la posibilidad de generalización: ésta es imposible en los estudios de casos, ya que el razonamiento estadístico no puede llevarse a cabo.
- b. En el otro extremo, existe la opinión que niega la razón de ser de pretender generalizar: el objetivo de la generalización debe ser rechazado en estudios de casos, ya que representa el modernismo.

c. En el punto intermedio hay una visión moderada: estudios de casos realizados adecuadamente de alta calidad pueden producir resultados generalizables.

A priori, el punto de vista que niega la posibilidad de generalización en el estudio de caso parece estar bien fundamentada.

Independiente del tipo de estudio de caso, a partir del punto de vista de la modernidad que siempre se encuentra con el problema de la generalización: como el número de objetos de investigación es pequeño, a menudo sólo se trata de un caso único, por lo que se puede considerar difícil, generar resultados generalizables.

A pesar de que la inducción es siempre un camino incierto del razonamiento y por consiguiente debe producir resultados sólo probablemente ciertos, la base de generalización de los estudios de caso parece irremediablemente débil desde la perspectiva de investigación empresarial general.

Muchos investigadores de casos parecen haber adoptado el punto de vista que la niega, ya que a menudo hacen hincapié en que se debe ser muy cauteloso en cuanto a la generalización de sus resultados, o que simplemente no son generalizables a todos. Frecuentemente, los investigadores permanecen en silencio en cuanto a la generalización de sus hallazgos. También comúnmente, el propósito de la generalización es sustituido por el de pretensión de aspirar a resultados "útiles". En lo que se refiere a la generalización, la discusión adicional generalmente se omite.

El otro extremo en cuanto a esta tipología, también tiene sus seguidores. Sobre todo muchos de los investigadores de casos de interpretación tienden a argumentar que el objetivo de la generalización debe ser rechazada, ya que representa el modernismo. De acuerdo con esta posición, en los estudios de casos de interpretación el objetivo debe ser expresamente un minucioso examen de los objetos estudiados.

Por último, quienes siguen una posición moderada argumentan que los estudios de caso de alta calidad, incluso los de interpretación, se puede producir una investigación con resultados generalizables. Esta generalización en estudios de caso no se basaría en inferencia estadística típica, sino que en su lugar sería de una forma "teórica" o "analítica" (Eisenhardt, 1991¹⁴⁷; Scapens, 1990; Silverman, 1993¹⁴⁸; Spicer, 1992; Yin, 1984).

El objetivo de la investigación de caso explicativo no es para sacar conclusiones en cierta población mayor basada en la evidencia de la muestra, sino más bien a partir de estas conclusiones volver a la teoría.

Sin embargo, la generalización no es automática. Una teoría debe ser probado a través de repeticiones los resultados, donde se especifica la teoría y los mismos resultados que deben producirse (Yin, 1984).

La importancia de la replicación hizo hincapié en la idea de que el generalización de los resultados de la investigación podría ser sustituida por su "Transferibilidad". La interpretación de hallazgos empíricos de casos a través de, o en contra, las teorías existentes, así como la inducción sistemática a través del análisis comparativo de casos han sido mencionados como medios concretos para lograr la generalización de los estudios de caso, citando los autores a tales efectos a Chua, 1989¹⁴⁹; Eisenhardt, 1989¹⁵⁰; Glaser y Strauss, 1967¹⁵¹; Roslender, 1990¹⁵²).

De acuerdo con la opinión moderada previamente expuesta, se puede sostener que la generalización en una medida razonable es posible a partir de un estudio de caso llevado a cabo correctamente. La generalización puede ser realizada de diversas formas. La forma tradicional y la opción más sencilla

¹⁴⁷ EISENHARDT, K.M. (1991), "Better stories and better constructs: the case for rigor and comparative logic", *Academy of Management Review*, Vol. 16 No. 3, pp. 620-7.

¹⁴⁸ SILVERMAN, D. (1993), *Interpreting Qualitative Data*, Sage, Torquay.

¹⁴⁹ CHUA, W.F. (1989), "Interpretative sociology and management accounting research – a critical review", *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, Vol. 2 No. 1, pp. 59-79.

¹⁵¹ GLASER, B. and STRAUSS, A. (1967), *The Discovery of Grounded Theory: Strategies of Qualitative Research*, Weidenfeld & Nicolson, London.

¹⁵² ROSLENDER, R. (1990), "Sociology and management accounting research", *British Accounting Review*, Vol. 22 No. 4, pp. 351-72.

sería un intento de construir un argumento en que el importante resultado de un estudio de caso también es válido para los demás casos.

Otras formas serían, por ejemplo, la transferencia de algún tipo de "similitud estructural" de los casos fuera de los estudiados, el hallazgo de una manera ampliamente válida de describir un cierto tipo de fenómenos, o la identificación de los mecanismos reales que funcionan como tendencias en producción de fenómenos.

El elemento común de todas estas opciones es que el intento por aumentar el nivel de discusión de "observaciones crudas" al nivel de "metaobservaciones", incluya algunos elementos generales, verdaderos o significativos, observados en otros casos. Por su enfoque, las observaciones de casos son a menudo una parte de los estudios teóricos en que un caso se utiliza como un dispositivo ilustrativo para apoyar un análisis teórico.

Esto es más típico de un cierto tipo de estudio de caso, desarrollado sobre la base de los trabajos de estudiosos interesados en la naturaleza de la sociedad y los diversos modos de control social, en los que la evidencia empírica a menudo proviene de fuentes secundarias.

3.6.2. Los problemas de generalización estadística

El Análisis estadístico - ejecutado correctamente - es la piedra angular de la investigación empírica empresarial sobre grandes conjuntos de datos. El razonamiento estadístico y la generalización de las interpretaciones aún no efectuados profesionalmente, tienen que depender tanto de la teoría estadística como del conocimiento sustantivo de los fenómenos estudiados.

Hay fuertes presunciones subyacentes en los métodos estadísticos, que no los hacen adaptarse siempre a las ambigüedades y puntos de inflexión propios del desarrollo de negocios.

El razonamiento estadístico no asegura - ni siquiera con algún grado de probabilidad - que los supuestos subyacentes al procedimiento estadístico elegidos se mantendrán en el futuro.

Hay una diferencia fundamental entre la teoría estadística y sus aplicaciones, la teoría matemática de la relación entre las distribuciones de la muestra y la población con base en el concepto de aleatoriedad es, en sí mismo, puramente deductivo. En cambio, las interpretaciones, generalizaciones etc. en relación con el mundo real de la población derivada de las propiedades de la muestra observada, son inductivas.

3.7.La Muestra de la investigación y la población considerada

En la investigación empresarial, cuando se trata de generalizar a partir de la muestra a la población, a menudo se presenta un insuficiente análisis acerca de cuál es la relación inferencial.

El problema de la generalización está entre las observaciones y la población base. La muestra a menudo se forma con un conjunto representativo de la población o, de hecho, la muestra es el conjunto de la población. La cuestión de la definición adecuada de la población está lejos de ser trivial ya que diversas definiciones de la misma pueden implicar visiones del mundo completamente diferentes.

Algunos investigadores convencionales no consideran una "investigación real" si no contiene las pruebas de la significación estadística. Sin embargo, además de la prueba técnica, también hay que tener en cuenta la exactitud de la teoría contable subyacente, la definición de la muestra y la población, y los supuestos realizados en las subyacentes estructuras económicas. El hallazgo de un parámetro estadísticamente significativo como tal no revela la causalidad, ni prueba una teoría correcta, ni ofrece conocimiento de los expertos sustancialmente relevante.

La estadística demuestra sus partes débiles en al menos dos formas:

1. El análisis estadístico se realiza inadecuadamente a pesar de que habría sido adecuado para el enfoque general del estudio. La credibilidad y la generalización de los resultados sufren el papel de aleatoriedad no se ha relacionado con los fenómenos observados.
2. La estadística se utiliza como un "amuleto", un símbolo exterior de la ciencia y la sofisticación teórica del método estadístico emplea sustitutos para el verdadero análisis económico de las hipótesis y las interpretaciones.

La credibilidad y la generalización de los resultados debido a supuestos económicos y contables subyacentes que no son realistas, o bien la totalidad de la pregunta es irrelevante.

Es típico esconderse detrás de "significación estadística" y pasar a su interpretación de modo directo y automático.

La significación estadística ha sido derivada de la suposición de que la hipótesis nula es correcta, no es más ni menos que una probabilidad inteligentemente elegida de una situación teórica en un mundo de posibles muestras.

La significación estadística no garantiza que la situación que se busca verificar se mantenga en la población total, ni tampoco garantiza probar la teoría original.

La significación estadística no nos puede decir nada acerca de la importancia de los hechos que trata probar. Lukka y Kasanen citan un interesante ejemplo al respecto; afirmando que se puede mostrar con un estudio de muestreo detallado que las empresas cuyo número de teléfono termina en el número 5 tienen una centésima de centavo adicional en su retorno de la inversión (ROI) que otras empresas. La diferencia es estadísticamente significativa, sin embargo los autores se preguntan; ¿qué prueba esto?

En primer lugar, la observación es apenas relevante y segundo, tales diferencias diminutas en el Retorno de la Inversión (ROI) no tiene ninguna

importancia económica, como si lo tienen otros problemas reales empresariales.

El resultado, que no consideramos interesante y económicamente significativo en un estudio de la población, no puede convertirse en un estudio interesante simplemente porque un indicador estadístico que se ha denominado "significativo".

La generalización en la investigación empresarial siempre se da en un contexto de cambio social e institucional continuo en el tiempo. Sin embargo, precisamente por esta razón, hay muchas maneras de alcanzar de forma pragmática resultados generalizables. No existe un programa de investigación o enfoque con ventaja absoluta respecto a la comprensión de la verdadera dinámica de desarrollo económico.

Las condiciones previas para la generalización común para todos los estudios empresariales, cualquiera que sea el enfoque de la investigación, son los conocimientos teóricos de la materia que se estudie, los resultados empíricos previos y sus interpretaciones, y los resultados empíricos y sus interpretaciones proporcionados por el estudio en cuestión.

El verdadero enigma de razonamiento inductivo crea la demanda de una retórica como elemento necesario para todos los intentos de generalizar en la investigación empresarial.

El principal problema de las generalizaciones utilizadas en la investigación empresarial son estadísticas, contextual y de generalización constructiva.

Para ponerlo en términos generales, en la generalización estadística, la retórica se basa en argumentos formales traídos de una teoría matemática, la retórica en la generalización contextual se basa en la comprensión de la historia y el contexto institucional y la retórica de la generalización constructiva se basa en la difusión de la innovación. Dentro de los estándares empresariales, los estudios de casos de alta calidad pueden producir resultados creíbles y generalizables. En estudios de casos descriptivos, la

retórica para la generalización contextual proporciona una manera de pasar de observaciones aisladas de resultados de una situación más general. Por lo tanto el investigador tiene que comprender y comunicar el contexto empresarial real y descubrir más profundamente las relaciones estructurales generales. El la generalización contextual la retórica se basa en la vinculación convincente de la historia, instituciones y los mercados de todo el caso a la red argumentación del estudio.

Al principio puede parecer que la investigación empresarial de base estadística con grandes muestras, se encuentra en una sólida posición en términos de generalización de sus resultados, con enormes bases de datos y las técnicas estadísticas sofisticadas que producen estimaciones de la fiabilidad de los resultados.

Sin embargo, Lukka y Kasanen argumentan que, incluso desde el análisis estadístico a partir de una gran muestra, no hay manera fácil de hacer generalizaciones en el mundo real.

1. En primer lugar, filosóficamente se podría admitir que el método estadístico puede decir con seguridad, o con una fiabilidad conocida, la evolución económica se producirá en el futuro. La teoría estadística tiene perfectamente representado en un modelo matemático el mundo. Sin embargo la situación es completamente diferente cuando se trata de hacer declaraciones en el mundo real de modo inductivo sobre cómo las empresas se comportan de una época y lugar diferentes.
2. En segundo lugar, en un plano más práctico, hay muchos escollos en la práctica al buscar la generalización y la importancia de los resultados de la investigación basados en indicadores estadísticos. Si por ejemplo, cualquiera de los siguientes aspectos no se abordan adecuadamente, los resultados no serían válidos en un sentido estadístico: definición de la muestra y la población, validez de la estructura del modelo y el proceso de generación de error, la definición de las variables teóricas, la validez del procedimiento de estimación, estacionalidad implícita etc.

Incluso si se han abordado todas estas cuestiones adecuadamente, una pregunta crucial: ¿cuál es el alcance teórico de los resultados?

¿El alcance es a todas las empresas, todos los países o en todos los tiempos?

La combinación de las posibilidades de generalización contextual o retórica implícita en los estudios de caso, y darse cuenta de los problemas de generalización de estadística retórica, parece justificado afirmar que los estudios estadísticos y caso no están tan lejos unos de otros como la discusión metodológica actual haría sugerir, afirman Lukka y Kasanen.

Por el contrario, tanto la realización de estudios estadísticos y de casos se enfrentan al mismo obstáculo de justificar la inducción real, si se realizan adecuadamente, tienen la oportunidad de producir resultados que son generalizables en alguna medida. Además, ambos enfoques tienen que justificar su pretensión de resultados generalizables mediante el uso de un conocimiento sustancial del mundo real: el conocimiento de estudios previos y la comprensión de los aspectos históricos e institucionales del fenómeno en estudio.

3.8.El estudio de caso o de casos, Generalidades.

El estudio de caso o de casos es un método de investigación que ha sido utilizado en el pasado por diversos investigadores principalmente en el campo de las ciencias sociales. Actualmente, el estudio de caso se sigue utilizando como método de evaluación cualitativa.

Yendo hacia una definición general, es un examen completo y profundo de acontecimientos que tienen lugar en un marco geográfico a lo largo del tiempo. Varios autores coinciden en que es una investigación sistemática y profunda de un caso en concreto.

En sentido estricto un caso puede ser una persona, organización, programa de enseñanza, un acontecimiento, etc.

Merriam (1988)¹⁵³ define el estudio de caso como particularista, descriptivo, heurístico e inductivo cuya utilidad se destaca al estudiar problemas prácticos o situaciones determinadas. Al final del estudio de caso se realiza el registro del caso, donde se expone éste de forma descriptiva, con cuadros, imágenes, recursos narrativos, etc.

Algunos consideran el estudio de caso como un método, y otros como un diseño de la investigación cualitativa. Yin (1993), ¹⁵⁴señala que el estudio de caso no tiene especificidad en su aplicación, pudiendo ser usado en un amplio espectro, en cualquier disciplina, para dar diversas respuestas a diversas interrogantes de las investigaciones donde se les emplee.

El estudio de caso puede verse según su aplicación a la investigación y el objetivo buscado como factual, interpretativo o evaluativo.

Puede verse también como estudios de caso intrínsecos; que tiene como objetivo la mejor comprensión de un caso, instrumentales; donde se trata de estudiar detalladamente un problema o teoría, y colectivos en el que se trata de estudiar a partir de varios casos un cierto problema de interés en la investigación que por ejemplo alcanza a varias empresas en estos casos que se están estudiando.

También Yin (1993) señala que el estudio de caso es de carácter único, se centra en ese caso en particular, lo que implica que dicho estudio sea único e irrepetible. El estudio de caso según Yin puede ser de un solo caso o múltiple. En este último tipo se recurren a varios casos a la vez para investigar y describir determinados hechos en común.

En general, el estudio de caso puede investigar, explorar, describir, explicar, evaluar e incluso plantear cambios.

Entre los objetivos principales puede destacarse:

¹⁵³ MERRIAM, Shara B. (1998). Qualitative research and case study applications in education.: Jossey-Bass, San Francisco

¹⁵⁴ YIN, Robert K. (1993). Applications of Case Study Research. London: SAGE, 1993

- Establecimiento de teorías o hipótesis: generar en función de estudios diversos un razonamiento inductivo que permita establecer alguna teoría o bien hipótesis de investigación.
- Generación de nuevo conocimiento: mediante los análisis de casos puede incorporarse al conocimiento existente nueva información.
- Confirmación de Teorías: el análisis de casos puede concluir en elementos que permitan confirmar teorías existentes.
- Descripción de situaciones: descripción detallada de situaciones concretas.
- Contrastación de hechos: verificar situaciones o hechos diversos.

3.9.La elección del método de caso para la investigación en esta Tesis Doctoral

Al elegir el *estudio de caso* para esta investigación, se intenta realizar inferencias válidas a partir del estudio detallado de acontecimientos que no se desarrollan en un laboratorio, sino en el contexto real de las empresas u organizaciones. Empresas que se desarrollan en un lugar y tiempo determinado (Uruguay y Brasil en este caso).

Este realismo supone la posibilidad de evaluar el conocimiento con medidas de fiabilidad y validez, algo que no es tan evidente en el constructivismo y la teoría crítica, aún así, se espera que brinde un *conocimiento científico*. (Ruiz 2011).

Conforme a lo expuesto, el estudio de caso es un método de investigación cualitativo y empírico orientada a la comprensión en profundidad de un objeto, hecho, proceso o acontecimiento en su contexto natural.

El objetivo primordial del estudio de caso es la *particularización* y no la generalización, se toma un caso particular y se llega a conocerlo bien, y no principalmente para ver en qué se diferencia de los otros, sino para ver que es, que hace.

Ruiz (2011) señala que se destaca de la *unicidad*, y esto implica el conocimiento de los otros casos de los que el caso en cuestión se diferencia, pero la finalidad primera es la comprensión de éste último. (Stake, 2007)¹⁵⁵.

Yin (2009) ofrece una definición de estudio de caso señalando algunos problemas de la metodología y las posibles soluciones. Por ejemplo, no todas las variables significativas tendrán una correspondencia con un conjunto de datos o que las fronteras entre el fenómeno investigado y su contexto no siempre son evidentes. En la definición, Yin elabora sus principales propuestas sobre como diseñar un estudio de caso: *utilizar múltiples fuente de los datos, aplicar la triangulación o utilizar proposiciones o hipótesis teóricas para guiar la recolección y el análisis de datos.*

3.10. Tipos de estudios de caso

De acuerdo a Yin (2009) se reconocen tres tipos de *estudios de caso* en función de su objetivo: explicativos, descriptivos y exploratorios.

- a. Los estudios *explicativos* tienen el objetivo de establecer relaciones de causa y efecto;
- b. Los estudios *descriptivos* están centrados en relatar las características definitorias del caso investigado;
- c. Los estudios *exploratorios* se producen en áreas del conocimiento con pocos conocimientos científicos, en las cuales no se dispone de una teoría consolidada donde apoyar el diseño de la investigación.

El objetivo principal de un estudio de caso según Merrian citado por Rovira Codina, Marcos, Palma (2004)¹⁵⁶. y Ruiz (2011) señala que "... Es el conocimiento en profundidad de un fenómeno concreto y no la obtención de resultados sobre el caso general que el fenómeno seleccionado pueda

155 STAKE, R.E. (2007). Investigación con estudio de casos. Cuarta edición. Madrid España. Ediciones Morata.

156 ROVIRA, Cristofol. Codina, Lluís. Marcos, Mari Carmen. Palma, Maria del Valle (2004) Información y documentación digital 2004. Barcelona España. Ediciones Peticó

representar”. Reconoce Merriam que el estudio de caso es un método muy limitado y sugiere que una posible solución a este problema es utilizar procedimientos estándar de muestreo, tanto en el interior del caso como en la selección de varios casos para estudiar el mismo fenómeno. Los autores citan además a Stake (1978) cuando indica que “...será la mejor metodología si la investigación va dirigida a la comprensión de fenómenos complejos para incrementar la convicción sobre los conocimientos del objeto o proceso investigado”.

Yin (2009) sostiene que el estudio de caso se asemeja a un experimento en las ciencias físicas, o una encuesta en el caso de las ciencias sociales. La generalización de los resultados en el estudio del caso como en experimentos o encuestas es analítica con contrastación de los resultados obtenidos con las estimaciones teóricas que sirvieron de base al estudio de caso.

Por lo tanto, la *validez* de un estudio de caso tendrá que ser en función de la generalización analítica de los resultados obtenidos sobre la teoría que sirve de base al estudio.

No se basan en la generalización estadística sobre una población determinada.

Concluye Ruiz (2011) coincidiendo con Yin, Merriam (1988) citado por Gutiérrez (2006)¹⁵⁷ afirma que el papel que juegue la teoría en un estudio de caso es el mismo que se produciría en un experimento de física para contrastar una teoría y sugiere algunas prácticas para aumentar la validez externa de los estudios de caso:

- a. Proporcionar una rica y detallada descripción del caso, de manera que facilite el juicio para evaluar si los resultados son transferibles a otras situaciones.

157 GUTIÉRREZ LÓPEZ, José (2006). Estudio socio-cartográfico del alumnado de los dos primeros cursos de la ESO en un instituto de enseñanza secundaria. Madrid España. Edita Secretaria General Técnica del CIDE

- b. Establecer hasta qué punto los casos estudiados son casos típicos de una categoría general de forma que facilite la comparación con otras situaciones similares.
- c. Realizando estudios de caso múltiples.

Por su parte, Yin (2009), señala que los elementos que debe contener un estudio de caso son:

- a) *Preguntas de estudio*. Las preguntas qué, quién, dónde, cómo y porqué, usadas apropiadamente facilitan el trabajo de investigación.
- b) *Proposiciones*. Orientan donde mirar y enfocar la atención para obtener una evidencia relevante.
- c) *Unidad de análisis*. Puede ser algún evento o entidad que se está investigando.
- d) *Unión de datos a proposiciones*. Son los pasos necesarios para el análisis de datos.
- e) *Criterios para interpretar hallazgos*. Son las diferentes formas mediante las cuales se interpretan los datos encontrados en nuestra investigación.

3.11. La metodología de estudio de casos múltiples y la estructura de la investigación aplicada.

Metodológicamente esta investigación seguirá los lineamientos ofrecidos por el método de estudio de caso, en particular el estudio de casos múltiples.

El estudio de casos (YIN, R., 1984)¹⁵⁸ es una de las diversas maneras de hacer investigaciones de ciencias sociales.

Otras maneras incluyen experimentos, inspecciones, historias, y el análisis de información de archivo, como es el caso de los estudios económicos. Cada estrategia tiene ventajas y desventajas peculiares, dependiendo de 3 condiciones:

¹⁵⁸ YIN, ROBERT K. (1984): Case study research. Design and Methods. Applied Social Research Series, vol 5. Sage Publications. London.

- a) El tipo de pregunta de investigación.
- b) El control que un investigador tiene sobre la conducta actual de los eventos
- c) El foco sobre lo contemporáneo como opuesto al fenómeno histórico.

En general los estudios de casos son las estrategias preferidas cuando las preguntas “como” y “por qué” son realizadas, cuando el investigador tiene poco control sobre los eventos, y cuando el foco está en un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida real.

Yin señala que una preocupación común que existe sobre los estudios de caso, es que ellos mantienen una base pequeña la generalización científica.

Se plantea la interrogante acerca de ¿cómo se puede generalizar con un solo caso analizado? .

Para tratar de responder esta interrogante, al analizar por el momento que la misma pregunta se efectúa en el campo científico sobre un experimento determinado: ¿Cómo se puede generalizar a partir de un solo experimento?.

Yin aporta como respuesta que los hechos científicos están raramente basados en solo un experimento; ellos están normalmente basados en varios experimentos que han reproducido el mismo fenómeno bajo condiciones diferentes.

Análogamente este razonamiento puede usarse con los estudios de caso múltiple.

La respuesta a esta interrogante en su forma sintética es que los resultados en el estudio de caso, como en los experimentos, son generalizables a las proposiciones teóricas y no a poblaciones o universos.

En suma, tanto el estudio de caso, como el experimento, no representan una "muestra", el objetivo del investigador es extender y generalizar las teorías (generalización analítica) y no enumerar las frecuencias (generalización estadística).

Para los estudios de caso, hay cinco componentes de un plan de la investigación que son de suma importancia:

1. una pregunta de estudio

El estudio de caso es más probablemente el apropiado para preguntas acerca de " cómo " y " por qué " de algunos acontecimientos.

El objetivo inicial de esta pregunta es clarificar precisamente la naturaleza de la interrogante a analizar.

2. sus proposiciones, si hubieran,
3. su unidad o unidades de análisis,
4. la lógica con que se unen los datos a las proposiciones y
5. el criterio para interpretar los resultados.

Yin distingue los siguientes pasos a seguir:

- a. Definición y Diseño (desarrollo de la teoría, selección del tipo de caso y diseño de protocolo de colección de datos).
- b. Preparación, recolección y análisis. (estudio de los casos, síntesis de hallazgos individuales).
- c. Análisis y conclusión (conclusiones de los casos, modificación de la teoría).

3.12. La selección de los casos

Marradi, Archenti y Piovani (2007)¹⁵⁹ sostienen que existe un problema para el investigador cuando el caso no viene definido desde fuera de la investigación como es el caso de una determinada terapia a estudiar, o bien cuando no se trata de un caso intrínseco donde es el propio objeto el que despierta interés del investigador surge el problema de investigación.

¹⁵⁹ MARRADI, Alberto, ARCHENTI, Nélica, PIOVANI, Juan I. (2007) Metodología de las Ciencias Sociales, Emecé Editores, Buenos Aires.

Al definir la unidad de análisis y la selección de la misma, ésta está condicionada por la perspectiva teórica y los objetivos de la investigación. Nunca es al azar (al contrario de los métodos estadísticos) ya que se parte de la no equivalencia entre los casos, con una propuesta orientada a la comprensión de la especificidad de cada caso.

Este proceso de selección está basado en criterios teóricos, en experiencias de observación para proveer una base empírica relevante para la interpretación y comprensión del fenómeno estudiado.

Stake (1995) enuncia dos criterios de selección de casos:

- a. Elección de aquellos casos que ofrecen mayores oportunidades de aprender de ellos
- b. Facilidad de acceso. O bien elegir aquellos casos que sean más fáciles de abordar.

La lógica de elección de los casos múltiples está basada en la selección tal que:

- a. los casos puedan predecir resultados similares lo que constituye una replicación literal (Vasilachis de Gialdino 2006)¹⁶⁰
- b. produzca resultados contrastantes pero por razones predecibles (Yin 1994).

¹⁶⁰ VASILACHIS de GIALDINO, Irene (2006) Estrategias de Investigación Cualitativa, Gedisa Editorial, Barcelona.

3.13. La validez interna, externa, fiabilidad y representatividad analítica

Alvira, García e Ibañez (2010)¹⁶¹ recurriendo a Campbell y Stanley citan a la validez interna y externa como bases (no las únicas) de “una aproximación fructífera a la evaluación de diseños de investigación” .

El criterio de validez interna en el presente trabajo intenta que el grado que los resultados de los estudios de los casos sean extraídos correctamente sea el más alto posible.

Los métodos aplicados para valorar cada caso son validados por la academia por lo que los resultados obtenidos mediante su correcta aplicación tienen este aval. (por ejemplo los valores actuales de los flujos de fondos así como el valor de los proyectos con sus opciones contenidas estarían determinados por teorías financieras generalmente aceptadas y probadas).

Errores sistemáticos o factores de confusión que pueda afectar la validez interna no son percibidos.

En relación a la validez externa, yendo hacia la capacidad de generalización de los estudios a otras poblaciones diferentes a la estudiada, tiene ciertas limitaciones. Tal como se explicaba previamente respecto a la generalización (Lukka y Kassanen) es posible cierta generalización a partir de los casos pero no es sencilla ni comúnmente aceptada por el común de la academia.

Sin embargo las conclusiones extraídas de estos casos podrían verse en otros. Los casos investigados guardan ciertas características de similitud, ciertos patrones, tales como combinación de riesgos de mercado y privado, inversión por etapas, etapas bien definidas con probabilidades de éxito y fracaso en cada una de ellas pero diferentes entre si respecto a que se tratan

161 ALVIRA MARTÍN, Francisco, GARCÍA FERRANDO, Manuel, IBÁÑEZ, Jesús (2000) El análisis de la realidad social: métodos y técnicas de investigación Alvira Martín Francisco, Diseños de investigación social: Criterios operativos. Parte 3 pp 87-91 Editorial , Madrid

de distintos negocios, tamaño de inversión, áreas económicas e incluso en diferentes lugares de actuación.

En suma, en la presente Tesis, se estudian cuatro casos para lograr una mejor aproximación al fenómeno de interés de este tipo de proyectos (riesgo combinado, realización por etapas, posibilidad de alterar el curso de las inversiones graduales, eliminándolas, reduciéndolas, postergándolas, aumentándolas etc.).

El estudio de esos casos se basa en procedimientos para extraer conclusiones inequívocas, con alto grado de certeza, basadas en herramientas y teoría aceptadas (validez interna). En cuanto a los resultados y su generalización (validez externa) es limitada a casos con similares características, no a la totalidad de los proyectos.

El diseño de este estudio de casos se basa en la lógica de la replicación en otros similares y de la comparación de los hallazgos y resultados.

La fiabilidad de los resultados en este caso intenta determinar el grado de reproducibilidad de estos análisis en otros casos.

El error aleatorio puede generar imprecisión en los resultados pero lo que se evitará es el error sistemático o sesgo, que invalidaría el trabajo.

Respecto a la fiabilidad o precisión aspirada, se buscará la convergencia de los resultados encontrados en los casos de análisis en conclusiones homogéneas. Se observará a posteriori que los cuatro casos coinciden en el resultado concluyente que se alinea con la pregunta inicial o hipótesis inicial.

Por otra parte y en función de los resultados obtenidos se puede inferir que por más que se aumente el número de casos las conclusiones no cambian.

En cuanto a la representatividad de los casos, éstos reflejan claramente las características señaladas en dichos proyectos y la problemática encontrada ya sea en un sector de la economía u otro en que se encuentren incluso como

se señaló estas características son independientes del lugar donde se desarrolle el proyecto (casos de Uruguay y Brasil).

3.14. La interrogante a analizar. El planteo de la pregunta de estudio.

Yendo al desarrollo de la presente Tesis y siguiendo la estructura recomendada por Yin, se plantea como interrogante inicial cuál es la forma idónea para obtener el justo valor de ciertos proyectos de inversión con alto grado de incertidumbre y posibilidad de actuar sobre ellos desde el gerenciamiento de los mismos, caracterizados por una necesaria inversión generalmente importante, que puede efectuarse de forma modular, cuyos hitos de desarrollo del proyecto e inversión están generalmente bien definidos, con desembolsos progresivos, donde se vincula riesgo privado y riesgo de mercado a lo largo de su período de inversión y ejecución. Proyectos que impliquen desarrollos por fases, con llegada al mercado condicionada al éxito de cada una de estas etapas de desarrollo, donde la flexibilidad empresarial cobra valor a la hora de decidir el curso de los mismos, son el tipo de emprendimiento en que se concentra esta investigación.

Ejemplos de ellos son, entre tantos, los proyectos tecnológicos en general, los biotecnológicos en particular que describen claramente esta problemática estudiada, los vinculados a explotación de recursos naturales en particular minerales (metales, petróleo) o cualquier desarrollo que implique cierto pasaje de etapas antes de llegar a la fase comercial donde impere la alternativa de éxito o fracaso en cada una de ellas.

En síntesis, el objetivo de esta investigación es determinar cuál es la manera más adecuada de valorar un proyecto de inversión con estas características y en extensión, empresas que los contengan y lleven adelante.

Alternativas para su valoración hay muchas, sin embargo aspectos tales como la posibilidad de actuar sobre ellos a lo largo de su vida, aislar y

determinar el mayor valor que efectivamente tiene poder evitar mayores pérdidas, o bien lograr reconocimiento de valor que no se logra por métodos tradicionales, pueden encontrarse y valorarse mediante el uso de opciones reales.

Métodos basados en cuentas de balance, de resultados, entre los cuales se encuentran los frecuentemente utilizados múltiplos entre otros, no son de aplicación ya que no se ajustan a la realidad de estos casos, y el valor resultante por ende se aparta del objetivo de búsqueda del justo valor o *fair value*.

Los métodos basados en Descuento de Flujos de Caja y en Opciones serían en principio los adecuados para valorar este tipo de emprendimientos de inversiones por etapas, al menos los más recurridos y es lo que se tratará de demostrar.

De modo concluyente puede plantearse como hipótesis de estudio:

HIPOTESIS 1 . En proyectos de inversión con diversas etapas sujetas a determinadas probabilidades de éxito en cada una de ellas, inversiones en cada fase previas a su llegada al mercado, que combinan riesgo privado y de mercado, es posible operar positivamente sobre ellos y generar importante valor a partir de dichas acciones.

HIPOTESIS 2 En dichos proyectos las valoraciones realizadas por métodos estáticos y dinámicos pueden devolver resultados tan dispares que pueden ser base para adoptar conclusiones contradictorias respecto a la viabilidad de los mismos.

HIPOTESIS 3 Los métodos de valoración basados en la teoría opciones reales ofrecen el marco teórico necesario para valorar este tipo de proyectos.

3.15. Los casos de estudio

A los efectos de analizar los casos de la presente tesis, se han escogido cuatro que tienen un perfil estructural similar o al menos con diversos puntos en común, aunque aparentemente sean bien diferentes, con volúmenes de inversión y horizonte de análisis muy dispares y pertenezcan a sectores distintos.

Se analizarán los siguientes casos:

- a. Institut Pasteur de Uruguay. Desarrollo de fármaco en etapas tempranas.
- b. Minera Aratirí de Uruguay. Proyecto de Megaminería de hierro.
- c. Mina de Oro Paranaita, Matto Grosso, Brasil. Proyecto de minería de oro de Cougar Brasil Mineração SA.
- d. Lobraus Puerto Libre SA. Proyecto de logística portuaria, Montevideo, Uruguay.

En el capítulo final de la presente Tesis se presentan las conclusiones generales, luego del análisis detallado de cada caso y las conclusiones de los mismos así como la confrontación con la idea inicial a corroborar.

Mediante la investigación de los casos desarrollados se plantea la posibilidad de, que a partir de situaciones de rechazo de las mismas con VAN negativo o bien aceptados con VAN positivos moderados en relación con la magnitud del emprendimiento y sus posibilidades de generación de valor, identificar las opciones reales contenidas en ellos, ya sean implícitas o explícitas, las que tienen implicancias en la opción de invertir.

La investigación por esta metodología permite determinar si para los proyectos modulares que combinan riesgos privados y de mercado el método de las opciones reales a diferencia de otros como el frecuentemente usado DCF, ofrece mejores explicaciones para la cuantificación del valor contenido en la flexibilidad posible a aplicar sobre este tipo de proyectos.

A partir de los casos analizados surge evidencia que facilitará la clara comprensión de los motivos existentes (las opciones cuantificadas por el método de opciones reales) para la aceptación empresarial de proyectos que a menudo tienen VAN negativo o de escasa cuantía.

Se ofrecerá una perspectiva de análisis de valor que considera virtudes y limitaciones de los métodos aplicados así como las situaciones idóneas para su uso en proyectos de similares características.

Adicionalmente el análisis de los casos de referencia permite comprender con mayor claridad las fuentes o inductores de valor (*value drivers*) de estos proyectos.

Por último, es intención del doctorando que esta investigación trate de sumarse a varias más realizadas que intentan aportar pruebas empíricas respecto a la importancia y el valor de las opciones reales contenidas en diversos proyectos y su aporte para la determinación de un valor más justo de los mismos.

4. CAPITULO IV : EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

4.1.Caso de estudio I – Desarrollo de fármaco por el Institut Pasteur de Montevideo, Uruguay.

DESARROLLO DE FARMACO BASADO EN ANTICUERPOS MONOCLONALES QUE COMBATAN ESPECÍFICAS FORMAS DE NGF (Nerve Growth Factor).

4.1.1. Descripción del proyecto

El Institut Pasteur de Montevideo estaba desarrollando en 2012 un fármaco para combatir el dolor profundo y moderado a partir de anticuerpos monoclonales.

El proceso de investigación y descubrimiento se había iniciado aproximadamente 3 años antes, llegando al registro de la patente de la molécula (NEM; Nueva Entidad Molecular) que identifica el principio activo del futuro fármaco.

El fármaco¹⁶², en caso de llegar al mercado, se orientará hacia un grupo importante de demandantes a nivel mundial, creciente año a año, en donde también existe una competencia librada entre grandes compañías farmacéuticas por la conquista de este prometedor mercado futuro. El mercado del dolor desde su amplia concepción, se estima por parte de los principales actores de la industria y academia que llegará a unos USD50.000 millones de ventas generales hacia el año 2020. Los mercados específicos a los que se orienta este desarrollo se concentra en el dolor vinculado a patologías tales como:

¹⁶² De propiedad del Instituto o de otro desarrollador público o privado que se interese en su desarrollo completo.

- a. Dolores Neuropáticos (Fibromialgias, dolor neuropático asociado a VIH, Neuralgias por herpes, dolor neuropático asociado a diabetes, dolor de espalda, dolor asociado a esclerosis múltiple).

El dolor neuropático está definido como el provocado por un funcionamiento diferente del sistema nervioso debido a alguna lesión, enfermedad o trauma. El dolor neuropático suele tener cierta intensidad media hasta dar lugar a dolor penetrante. Es un dolor rebelde, persistente ya que no suele responder tan bien a fármacos de común tratamiento para el dolor desde la simple aspirina o ibuprofeno hasta fármacos específicos para el dolor especialmente recetados.

- b. Dolores Nociceptivos¹⁶³ (Osteoartritis, Artritis Reumatoidea, dolores asociados a diversos tipos de cáncer, dolor post operatorio).

El dolor nociceptivo se produce por irritación de las terminaciones nerviosas llamadas nociceptores. El dolor nociceptivo es el tipo de dolor resultante de ciertos accidentes tales como quemaduras, esguinces, entre otros. Es una sensación de intenso y continuo con intensidad desde media a fuerte. El tratamiento se focaliza en la eliminación de la irritación o bien se trata directamente con un fármaco específico. El dolor nociceptivo puede ser transitorio (por ejemplo en el caso de una quemadura) o crónico (por ejemplo en el caso de Artritis).

El tamaño de mercado para este tipo de dolencias puede alcanzar en los próximos años en los escenarios más conservadores a ventas globales anuales del orden de los USD5.000 millones¹⁶⁴.

¹⁶³ Dolor causado por irritación de terminaciones nerviosas.

¹⁶⁴ Estimaciones contenidas en el Plan de Negocios del Institut Pasteur de Montevideo relacionado a estos anticuerpos monoclonales.

4.1.2. Un escenario prometedor para el desarrollo de valor. Un mercado en desarrollo que incorporará nuevas demandas que hoy no están presentes.

El escenario vinculado con el mercado del dolor en un futuro cercano es prometedor, las necesidades que los pacientes tendrán acerca del bloqueo del dolor aún no están totalmente al descubierto, ya que nuevos desarrollos podrán atacar situaciones de dolor con particular eficacia que hasta el momento no se han logrado y a su vez en el presente hay pocos fármacos en proceso de desarrollo (*pipeline* en inglés), por lo que se podría generar un ámbito muy favorable para la venta de patentes en cualquiera de sus fases de desarrollo por quien las desarrolle exitosamente.

El caso específico del Institut Pasteur se ajusta a esta situación ya que por definición de su propio negocio, no competirá en el mercado comercial, ni tiene la capacidad para financiar desarrollos en fases que vayan más allá de la preclínica, y sin embargo tiene gran capacidad de generación de conocimiento desarrollando fármacos en su fase inicial, en particular en la de descubrimiento y registro de moléculas a desarrollar.

En síntesis, el Instituto no tiene un carácter comercial e industrial y en principio carece de financiamiento suficiente para el desarrollo de los fármacos en fases avanzadas, pero tiene un buen contingente técnico que le genera un fuerte capital intelectual al servicio de la ciencia, lo que le otorga condiciones óptimas para el desarrollo de fármacos en las etapas más tempranas del proceso.

4.1.3. Desarrollo del fármaco por el Institut Pasteur y la decisión acerca de hasta dónde desarrollar y cuándo vender la patente.

En relación al presente caso, el IPM (Institut Pasteur de Montevideo) ha superado la fase de descubrimiento en la cual los investigadores han empleado

mucho esfuerzo en desarrollar y sintetizar una NEM focalizada en el tratamiento del dolor profundo.

Esta NEM¹⁶⁵ ha sido registrada por el Institut Pasteur y procede de aquí en más, la continuidad de las fases hasta su llegada al mercado en caso de éxito en cada una de ellas.

Para ese resto del camino, serán necesarias inversiones millonarias con la promesa de futuros ingresos aún mayores a esas inversiones.

Una vez descubierta la nueva entidad molecular (NEM), las siguientes fases, preclínica, clínicas I, II y III así como el archivo y revisión por la FDA o EMEA y la posteriores fase de post aprobación y comercial podrán ser desarrolladas por el propio Institut (mencionado solo como una posibilidad ya que actualmente está fuera del *core competence* del IPM) o bien por una empresa farmacéutica internacional.

Mercado para la venta de la patente existe, ya que el mercado consumidor potencial es muy importante y son varias las empresas farmacéuticas que están en competencia desarrollando diversos fármacos. La adquisición de una nueva entidad molecular desarrollada por el IPM podrá tener doble sentido para quien la adquiera, el del propio desarrollo posterior hasta llegar al mercado y hasta incluso cerrarle el camino a otro competidor que pudiese adquirirla para su desarrollo y competencia futura.

Por lo expuesto, en efecto la nueva entidad molecular patentada tiene valor para la industria farmacéutica, pero, ¿cuánto vale?

4.1.4. La barrera impuesta por las inversiones inherentes al desarrollo del fármaco y la oportunidad de venta de patente en etapas tempranas.

Una vez descubierta la NEM y registrada la misma, prosiguen la investigación, las pruebas y desarrollos, lo que demandará para su propietario

¹⁶⁵ NEM; Nueva entidad molecular

una serie de desembolsos importantes hasta su llegada o no al mercado, debiendo pasar cada una de las fases exitosamente.

El Institut Pasteur de Montevideo tiene un objetivo primordial centrado en la investigación y desarrollo de ciencias biológicas y en particular biomedicina. No tiene un fin comercial. No es un laboratorio internacional que se orienta a la generación de fármacos para su llegada exitosa al mercado, por lo que no tiene una estructura adecuada a ello y mucho menos con un enfoque empresarial¹⁶⁶.

Por lo expuesto, el derrotero natural de las investigaciones y desarrollos no sigue los caminos empresariales y seguramente en parte por ello, le es difícil al Instituto desarrollar comercialmente sus esfuerzos y éxitos científicos.

No por ello estos esfuerzos dejan de tener valor comercial en sus diferentes estados de desarrollos para terceros que están en condiciones de invertir en ellos para continuar los procesos y rentabilizarlos en un futuro a mediano o largo plazo.

En suma, el problema que implica la restricción de capital para el desarrollo completo de los fármacos que el IPM desarrolle, en vez de ser visto como un problema, puede ser analizado como una oportunidad de generación de valor y ser fuente generadora de conocimiento comercializada en forma de patentes, no apartándose así de su objetivo institucional y generando fuentes genuinas de ingresos, por cierto muy importantes.

4.1.5. La alternativa de vender el proyecto en diferentes fases de avance del desarrollo del fármaco.

El Institut Pasteur tiene una oportunidad no compartida que le otorga la opción de venta de las patentes que este instituto desarrolla.

¹⁶⁶ Seguramente la reducida de información comercial, económica y financiera detallada del caso tenga una explicación por tratarse de un instituto científico abocado a la investigación, característica esta que a los efectos de complementar la información necesaria para la valoración, fue preciso recurrir a información secundaria de apoyo como ser estudios internacionales, *papers* de biotecnología, etc.. Por otra parte desde el punto de vista técnico la información es abundante, detallada y de alta calidad.

En el caso de este desarrollo monoclonal, el Instituto podrá quizás, como punto de partida para evaluar el atractivo del producto en desarrollo, realizar una cuantificación del potencial mercado del mismo.

Este mercado tiene características particulares, ya que se trata de un mercado futuro (que interesa cuando recién esté desarrollado el producto) y cuyos potenciales clientes tengan necesidades que ni siquiera están plenamente identificadas.

Para esta fase comercial se aplicará el método de Flujos de Fondos Descontados (*DCF*), ya que se ajusta muy bien a la necesidad de evaluar el valor presente de los flujos futuros ajustados a determinado riesgo comercial.

Una solución acerca de la amplitud que estos flujos puedan tener para este tipo de industria, la ilustran los autores Bratic, Tilton y Balakrishnan (1997) en los 5 tipos de flujos observados en los fármacos llegados al mercado ya mencionados, gran éxito, éxito moderado, regular o normal, fracaso moderado y gran fracaso.

Cabe destacar que estas categorías son relativas al tamaño total del mercado y, como sostiene Mascareñas (2005) que "a veces un gran éxito puede resultar insuficiente si el mercado es muy pequeño y las ganancias obtenidas no compensan el riesgo asociado al proyecto ni el dinero desembolsado". Sin embargo, el mercado del dolor es muy amplio y el que se enfoca en particular este fármaco tiene dimensiones realmente importantes que como se demostrará justifica el esfuerzo de desarrollo.

4.1.6. El valor medio esperado del proyecto en su fase comercial.

El valor medio esperado del proyecto en esta fase de comercialización del fármaco, donde se vinculan los flujos futuros esperados con el riesgo de mercado existente en este desarrollo, es de USD522,9 millones.

Este valor está medido en el momento cero de la fase comercial, o sea es un valor futuro del proyecto, localizado en este caso en el año 9, el último

año del desarrollo técnico, cuando se extingue el riesgo técnico del proyecto y comienzan los de mercado.

Este riesgo de mercado está representado en la tasa de descuento aplicada (Tasa de Retorno Requerida de 15% anual en dólares estadounidenses) la que contempla además de la tasa libre de riesgo, el riesgo del proyecto farmacéutico.¹⁶⁷

Ilustración 39 VAN Medio del desarrollo de fármaco IPM

DETERMINACIÓN DEL VAN MEDIO					
	VALOR ACTUAL	COSTE	PROBABILIDAD	VA X PROB	COSTE X PROB
GRAN ÉXITO	1.632,85	30,00	10%	163,3	3
ÉXITO MODERADO	720,79	30,00	20%	144,2	6
REGULAR	412,69	30,00	40%	165,1	12
FRACASO MODERADO	238,28	30,00	20%	47,7	6
FRACASO TOTAL	27,69	30,00	10%	2,8	3
			TOTAL	522,9	30,00
			DT	74,6	
			VARIANZA	5.569,5	

Este valor determinado para el VAN medio, incluye el escenario de “fracaso total”, donde el valor de los flujos que promete generar en su fase comercial no cubre los costes de emprender dicha fase, por lo que si fuera posible conocer esta información previamente, la Dirección del proyecto podría evitar este desembolso. Estas posibilidades darán lugar a opciones (de abandono en este caso) que valorizan el proyecto y es posible medirlas con otros métodos que no son el tradicional y aceptado DCF.

4.1.7. Desarrollo del Árbol de Decisión para el desarrollo del fármaco.

A los efectos de desarrollar el árbol de decisión, se vinculan las diferentes fases por las cuales transitará la NEM¹⁶⁸ con sus probabilidades de

¹⁶⁷ Cabe destacar que en este caso no se contempla información de financiamiento externo que daría lugar a una tasa promedio de coste de capital (WACC). Seguramente esta información sería más ajustada a un cálculo del correcto valor actual de la fase comercial, aunque seguramente no agregaría mayor valor a los efectos académicos perseguidos en este caso.

¹⁶⁸ Nueva entidad molecular (NEM).

éxito (situación de continuidad y venta) y fracaso (situación de abandono) en cada una de ellas así como sus costes de llevarlas a cabo, recordando que durante estas fases técnicas de desarrollo de la NME generalmente no existen ingresos, pero si cuantiosas inversiones en desarrollo.

Tras un largo proceso de descubrimiento de un fármaco, comienzan los estudios preclínicos y clínicos para asegurar que el "candidato a medicamento" tal como lo define AMGEN¹⁶⁹ en sus presentaciones biotecnológicas deberá responder preguntas relativas a la absorción y su transporte en el cuerpo humano, células y órganos afectados, cuáles enzimas degradan el fármaco, cómo se elimina el mismo, entre otras.

El desarrollo de un árbol de decisión (Método DTA-Decision Tree Analysis) permite calcular el valor actual neto del proyecto utilizando probabilidades y costes correspondientes a cada fase.

Siguiendo esta metodología y posicionándonos en una fase como por ejemplo la preclínica, observaremos que ésta tiene cierta duración e inversión necesaria para llevarla a cabo, la que deberá realizarse antes que comience la misma. También existe una probabilidad asociada de éxito, y en caso de superarla, recién pasará a la siguiente fase, o sea en este caso la solicitud de permiso para investigar y desarrollar el potencial fármaco a la EMEA o FDA en su caso existiendo al inicio de esta fase otra inversión para acometer la misma, otra probabilidad de éxito de superar la misma y así sucesivamente hasta su aprobación final y llegada al mercado.

En suma, se trata de una sucesión de fases con costes asociados condicionadas al éxito de la anterior para proseguir.

Quizás la interrogante que surge es cuál es la probabilidad de suceso o sea cuál es la probabilidad de éxito de superar cada fase.

Al respecto puede observarse en la literatura especializada así como en la propia academia e industria varias opiniones¹⁷⁰, según sea el estudio al que

¹⁶⁹ www.amgen.es

¹⁷⁰ Incluyendo tradicionales Fuentes de referencia europeas y estadounidenses de diferentes momentos en más de una década como ser Kellogg & Charnes (2000) , Mascareñas (2005), PhARMA (2004) incluso

se recurra ya que cada uno tiene características diferentes y fueron realizados en momentos de tiempo distintos.

De esta forma se recurrió a algunos estudios relevantes para lograr una aproximación a esas probabilidades, tales como:

Tabla 12 Probabilidades de éxito de cada fase del desarrollo de un fármaco

PROBABILIDADES DE ÉXITO	DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Fuentes:							
Mascareñas (2005)	na	10%	70%	30%	55%	70%	70%
Guerrero, Carmen (base PhARMA 2004)	na	na	na	59%	26%	56%	90%
kellogg&Charnes (2000)	60%	90%	na	75%	50%	85%	75%
Ollia1 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	70%	47%	75%	80%
Ollia2 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	75%	50%	85%	75%
Gustafsson (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	54%	na	87%	83%	92%	100%
Rautiainen (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	70%	30%	80%	na
Nordea Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	45%	na	65%	45%	70%	90%
Danske Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	40%	na	67%	50%	75%	75%

fuente: elaboración propia

Otro enfoque relativo a las probabilidades de éxito por fase pero no generales como la que precede, es el ofrecido en el siguiente cuadro clasificado por patologías adaptado por Mascareñas (2012)¹⁷¹ a partir de Bodgan y Villiger (2010)¹⁷² que ofrece una visión algo distinta que lleva a Mascareñas a dudar acerca de la exactitud acerca del uso de promedios para valorar proyectos biotecnológicos.

con el añadido con una visión diferente que ofrece Arojaärvi, Olli. 2001. How to Value Biotechnology Firms: A Study of Current Approaches and Key Value Drivers. Helsinki School of Economics and Business Administration.

¹⁷¹ MASCAREÑAS Juan, (2012) La Valoración de un proyecto biotecnológico como una opción compuesta, Universidad Complutense de Madrid.

¹⁷² BODGAN, Boris y VILLIGER, Ralph (2010): Valuation in life Sciences. Springer. Berlin, 3ª Ed.

Tabla 13 Probabilidades de éxito por fases clasificadas por enfermedades a tratar y su probabilidad compuesta de éxito.

Enfermedad	Clínica I	Clínica II	Clínica III	FDA/EMEA	Prob.compuesta
Artritis/dolor	76,9%	38,1%	78,1%	89,1%	20,4%
Sistema Nervioso Central	66,2%	45,6%	61,8%	77,9%	14,5%
Cardiovascular	62,7%	43,3%	76,3%	84,4%	17,5%
Gastro-intestinal	66,8%	49,1%	71,0%	85,9%	20,0%
Inmunología	64,8%	44,6%	65,2%	81,6%	15,4%
Infecciones	70,8%	51,2%	79,9%	96,9%	28,1%
Metabolismo	47,8%	52,0%	78,9%	92,8%	18,2%
Oncología	64,4%	41,8%	65,4%	89,7%	15,8%
Oftalmología	66,0%	39,0%	64,0%	92,0%	15,2%
Respiratorio	63,4%	41,1%	59,9%	76,9%	12,0%
Urología	50,0%	38,0%	67,0%	79,0%	10,1%
Salud de la mujer	39,0%	42,0%	48,0%	59,0%	4,6%

fuentes: Mascareñas 2012

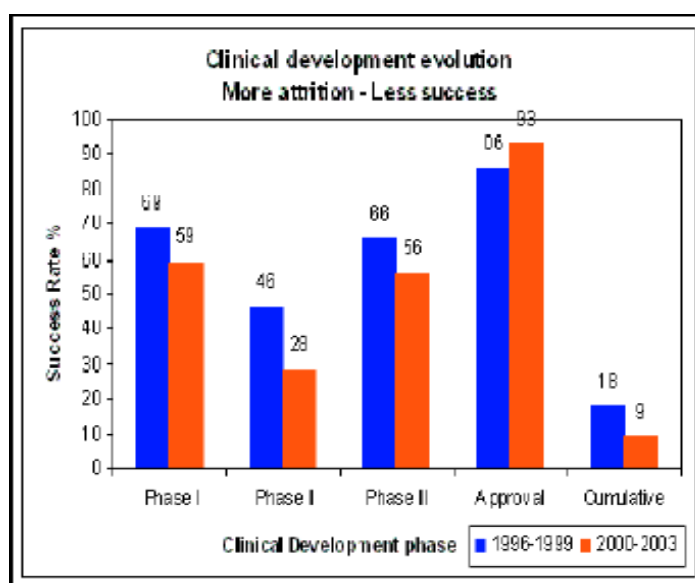
Si se observan las probabilidades condicionadas resultantes para cada patología conforme plantea en su duda Mascareñas, puede haber error de estimación de valor al aplicarse promedios en algunos de los casos. Un ejemplo claro es el desarrollo de fármacos con destino a mercados enmarcados en la salud de la mujer cuya probabilidad condicionada de éxito es de tan solo 4,6%, muy divergente con probabilidades de éxito de estas fases que puede tener un desarrollo clínico y su registro de un fármaco que se destine al mercado de tratamiento de infecciones, cuya probabilidad condicionada de éxito es del orden de 28%.

En relación con las probabilidades de éxito por fases, conforme se expuso, existen diferentes observaciones según sea quien las determine, los mercados observados y en qué momento fueron estudiadas, y al respecto cabe destacar también que las autoridades sanitarias tanto EMEA o FDA, varían sus exigencias en el tiempo.

Al respecto Guerrero (2008)¹⁷³ cita y expone en el siguiente cuadro la diferencia en las tasas de aprobación observadas por fase en un breve período de observación (1996-2003).

¹⁷³ GUERRERO, Carmen (2008) ponencia “Las ómicas en el desarrollo de nuevos fármacos” Dpto. Bioquímica y Biología Molecular Laboratorios SALVAT, Barcelona.

Ilustración 40 Comparativo de tasas de aprobación por fase 1996-1999 y 2000-2003



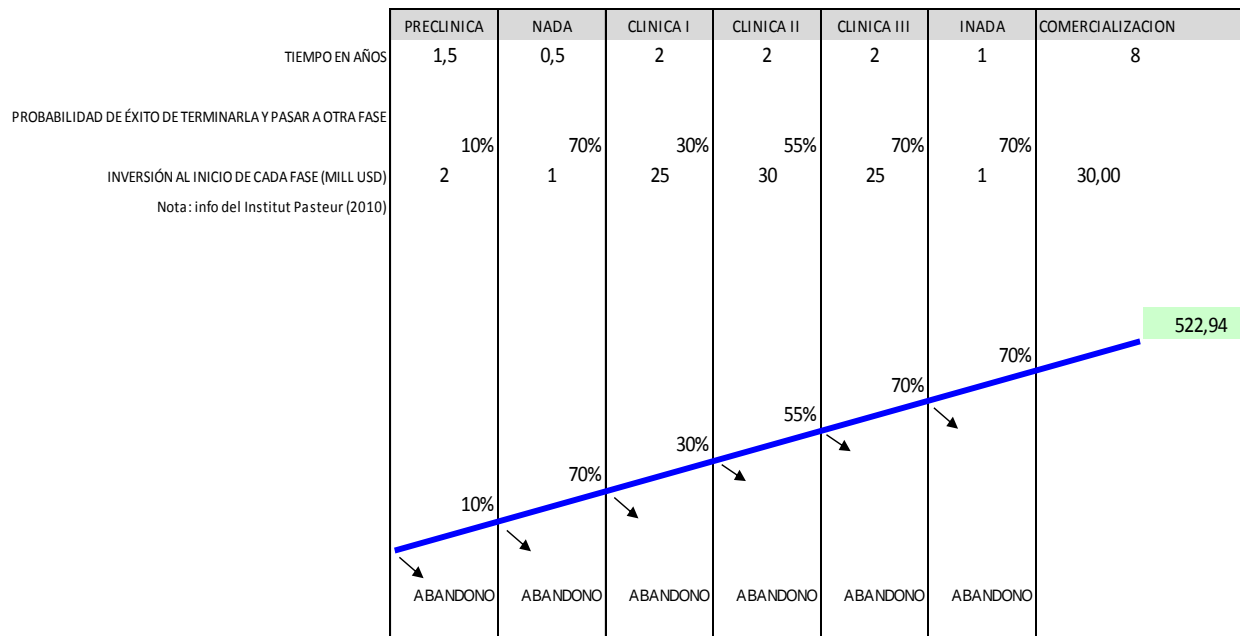
Fuente: Guerrero Carmen (2008) en base a PhRMA 2004

Respecto a esta selección presentada, técnicos del Institut Pasteur calificaron como razonables para su caso las tasas expuestas por Mascareñas (2005).

Con todas las probabilidades de suceso de cada fase, sus costes e ingresos asociados y duraciones, podrá estimarse cuál será el VAN del proyecto siguiendo el siguiente árbol de decisión:

Ómica es un neologismo que en Biología Molecular se emplea como sufijo para referirse al estudio de la totalidad o del conjunto de algo como genes, organismos de un ecosistema, proteínas. Oma del latín conjunto o masa.

Ilustración 41 Árbol de decisión del desarrollo del fármaco



Al iniciarse la secuencia en la fase preclínica, implica que los desembolsos correspondientes a ésta son ciertos, o sea seguramente deberán hacerse para iniciar el recorrido de las fases del árbol.

Es claro que esa inversión inicial deberá desembolsarse inicialmente sin perjuicio de la probabilidad de éxito o fracaso de la primera fase.

Conforme se observa en la determinación del valor neto resultante, éste es negativo, por lo que no cumple con las condiciones de aceptabilidad del VAN y el proyecto debería ser rechazado.

Tabla 14 Cálculo del VAN del proyecto siguiendo el Árbol de Decisión.

CALCULO DEL VAN DEL PROYECTO SIGUIENDO EL ARBOL DE DECISION

ETAPA	PRB. ÉXITO	PROB ACUM	FCL	FCF X PROB	MOMENTO		VA
PRECLINICA		100%	-2 -	2,00	-	-	2,00
NADA	10%	10,00%	-1 -	0,10	1,5	-	0,08
CLINICA I	70%	7,00%	-25 -	1,75	2,0	-	1,32
CLINICA II	30%	2,10%	-30 -	0,63	4,0	-	0,36
CLINICA III	55%	1,16%	-25 -	0,29	6,0	-	0,12
INADA	70%	0,81%	-1 -	0,01	8,0	-	0,00
COMERCIALIZACION	70%	0,57%	492,94	2,79	9,0		0,79
VAN					VAN TRR		-3,1 15%

Sin embargo, en proyectos secuenciales de características similares a del presente fármaco, donde existen grandes desembolsos iniciales condicionados al éxito de la fase precedente, donde existe la capacidad de detener los procesos e inversiones cuando así se juzgue, varias de las inversiones previstas por el VAN no se realizarían por lo que la magnitud de ese VAN negativo no sería tal, y existiría la potestad de los administradores del proyecto o de los decisores de detenerlo cuando haya mérito para ello y así evitar inversiones innecesarias.

Es evidente que muchos gerentes y directivos intuitivamente van en contra de los métodos tradicionales incluso cuando se utiliza el ampliamente aceptado *DCF*. Éste si bien en su esencia es correcto al medir el valor de los flujos futuros, no es completo, ya que como se ha señalado previamente, no contempla flexibilidades posibles que el gerente puede aplicar en cada caso.

Aquí es cuando la metodología de opciones reales adquiere relevancia, ya que le otorga valor al derecho de seguir o no adelante con el emprendimiento.

4.1.8. La valoración por fases, el riesgo privado y el comercial, la tasa libre de riesgo y la tasa ajustada al riesgo del proyecto.

4.1.8.1. Valoración de la fase comercial, la consideración del riesgo de mercado.

Una vez proyectados los flujos de fondos probables para cada escenario posible, por ejemplo en este caso siguiendo a Myers y Howe (1997) determinando cinco posibles escenarios de desarrollo comercial desde un grado máximo de ventas hasta un escenario de comercialización fallida, con sus probabilidades de ocurrencia, se obtiene el valor medio de los flujos de fondos esperados, costes de lanzamiento y por lo tanto el VAN medio.

Cabe mencionar la preocupación existente por asegurar la provisión de flujos futuros a los proyectos de horizonte largo, como los de desarrollos biotecnológicos, y en particular los de desarrollo de fármacos, ya que son relativamente pocas las NME (nuevas entidades moleculares) que se comercializan con patentes con vida útil eficaz de menos de diez años. (Grabowski 2003)¹⁷⁴ lo que ha sido comprobado por el citado autor en la realidad del sector biotecnológico, demostrando la importancia de la patente como una de las vías de aseguramiento de los flujos de fondos futuros que repaguen la inversión efectuada.

Es de destacar que las fases técnicas del proyecto conllevan un riesgo técnico o riesgo privado, caracterizado por ser propio de cada proyecto, con nula correlación con el mercado, diversificables, un tipo de riesgo muy diferente al asumido en la fase comercial, que involucra riesgos de mercado, o sea se trata de dos tipos distintos de riesgo presentes en un mismo proyecto.

Esta distinción también implica uso de distintas tasas de actualización, ya que durante la fase comercial el riesgo incluye una prima de riesgo del negocio compuesta por un precio por el riesgo (diferencial entre retorno medio del mercado y la tasa libre de riesgo) y la cantidad del mismo (beta), que involucra riesgos de mercado operativos y financieros, un riesgo que no se

¹⁷⁴ Grabowski, Henry, (2003) Patents and New Product Development in the Pharmaceutical and Biotechnology Industries. Duke University , Duke Economics 87-104

puede eliminar con la diversificación de proyectos y afectan al mercado en su conjunto, usualmente medidos mediante la puesta en práctica del modelo de CAPM y a través del coeficiente β . Este tipo de riesgo y su vínculo con el mercado no están presentes durante el desarrollo, siendo en estas fases donde está presente el riesgo diversificable, propio del proyecto e inconexo con el mercado, por lo tanto la tasa libre de riesgo es la representativa en estas fases previas a la comercialización.

4.1.8.2. Valoración de cada fase del desarrollo técnico del fármaco y la consideración del riesgo privado y las probabilidades de éxito.

Una vez que se ha determinado el valor de la fase comercial, hay que valorar cada una de las fases de desarrollo del potencial fármaco hasta que llegue a ser un fármaco aprobado y llegue al mercado tal como se espera en cada uno de los escenarios.

La fase inmediatamente anterior a cumplir para que el fármaco sea una realidad es la fase donde se obtiene la autorización de la autoridad sanitaria (EMA o FDA) para su comercialización.

Esta fase implica una determinada inversión: Este desembolso solo se realizará si el valor del proyecto en el momento cero de esta fase es superior a este desembolso, por lo que esta inversión deberá compararse con el valor actual del proyecto al inicio de la fase, el que podría tomar infinitos valores al cabo de ésta.

Charnes y Kellogg (2000)¹⁷⁵ afirman que muchas empresas de la industria biotecnológica tienen importantes valores a pesar de no tener ingresos porque sus productos están en etapas tempranas de desarrollo. Los autores aplican el árbol de decisión y el método de la difusión binomial para valorar una compañía biotecnológica. Reconocen la opción de crecimiento en

¹⁷⁵ Charnes, John y Kellogg David., Real Options Valuation for a Biotechnology Company, 2000, Financial Analysis Journal 75-84.

ese desarrollo binomial porque el desarrollo de una nueva entidad molecular (NME) es similar a adquirir una opción de compra sobre el valor que obtendrá esa molécula cuando sea desarrollada.

Charnes y Kellogg (2000)¹⁷⁶ demuestran cómo el método de opciones reales puede ser usado para el análisis financiero de proyectos y escogen el caso de los biotecnológicos. El método de Opciones Reales puede ser usado para valorar este tipo de firmas usando supuestos de variables en base a promedios puede funcionar bien en las primeras fases del desarrollo de un producto biotecnológico, sin embargo a medida que avanzan las fases de desarrollo estas variables deberán ser más específicas en cuanto a su definición y valoración. A modo de ejemplo los autores señalan que este esfuerzo debe ser concentrado en estimaciones de tamaño de mercado, probabilidades de éxito en instancias avanzadas en el desarrollo y lanzamiento del producto, o sea años delante de la instancia de valoración, por lo que sostienen que, a medida que el proyecto avanza en el tiempo, herramientas como las opciones reales aportan mejor información a los analistas financieros

En consecuencia, metodológicamente se puede abordar este problema de valoración recurriendo a la metodología de opciones reales (ROA) y podría aplicarse incluso Black - Scholes (hay varios autores que no aconsejan¹⁷⁷ la aplicaciones de Black-Scholes a activos reales) o bien el método Binomial, más claro, descriptivo e intuitivo.

Estrictamente, el dueño del proyecto tiene la opción al inicio de esta fase (previa inversión en los costes de la misma) de comercializar el fármaco al final de la misma previa inversión en el lanzamiento comercial.

Justamente este coste de lanzamiento comercial (inversión inicial de la fase comercial) es el precio de ejercicio de la opción contemplada en la fase inmediata anterior a ésta.

¹⁷⁶ Charnes, John Kellogg David (2000) Using Real Options Valuation Methods for a Biotechnology Firm. Financial Analyst Journal, 2000.

¹⁷⁷ La aplicación del modelo de Black & Scholes a activos reales es desaconsejado por varios autores entre otros aspectos por la aparente complejidad de cálculo que genera un efecto de "caja negra" que atenta contra la intuición empresarial y yendo más hacia aspectos propios del método, éste no opera con diversas fuentes de volatilidad no se ajusta a opciones americanas ni a inversiones secuenciales.

El punto de partida es el valor de los flujos comerciales, que deberán actualizarse al inicio de la fase técnica, siendo este valor el valor del activo subyacente de la opción.

4.1.9. La necesidad de determinar la volatilidad adecuada correspondiente a cada etapa.

Conforme se expuso, ya se cuenta con el valor del subyacente, las inversiones necesarias al inicio que dan lugar a la opción y su valor de ejercicio.

Para proceder a la valoración de las opciones existentes falta determinar la volatilidad.

Raramente la volatilidad se mantiene en un determinado nivel durante todo el período de desarrollo técnico, sino que es natural evaluar las fases por separado y cada una de éstas con su propia probabilidad de suceso y volatilidades propias.

En asociación de las probabilidades de suceso y la volatilidad propia de cada fase Arnold y Shokley (2001)¹⁷⁸ señalan que el modelo Black-Scholes ofrece una práctica forma de estimar la volatilidad desde la visión subjetiva del management del proyecto.

Arnold y Schokley señalan que contando con la tasa de retorno requerida para el subyacente μ (costo de capital del proyecto) se puede definir una nueva variable $N(d_2/Z)$, que nos da la probabilidad acumulada de generar un valor del negocio igual o mayor que Z , en el marco de asignación de probabilidades subjetivas por el *management* y donde Z es el flujo libre de caja del negocio¹⁷⁹.

Arnold y Schockley finalizan la exposición señalando que esta propuesta es una útil ayuda al management para estimar la volatilidad, ya que los proponentes y gestores de los proyectos tienen intuición acerca del mejor caso

¹⁷⁸ Arnold T. y Shokley R. (2001) "Value creation at Anheuser-Busch a real option example" of Journal Applied Corporate Finance SUMMER 2001 VOLUME 14.2 .

¹⁷⁹ Z puede ser visto también como el precio de ejercicio de la opción.

(concepto de "*best case scenario*" en inglés) así como también una razonable idea de un límite inferior (concepto de "*lower bound scenario*" en inglés).

$$d_2/Z = \frac{\ln(S/Z) + (\mu - 0,5\sigma^2)T}{\sigma \sqrt{T}}$$

Mascareñas (2005) utiliza también este recurso en la estimación de volatilidades para su ejemplo de valoración de un proyecto multietapa biotecnológico, generando volatilidades diferentes para cada etapa ajustadas a probabilidades de suceso subjetivas.

Aplicando esta forma de determinar las volatilidades a cada fase del desarrollo de un fármaco, se procedió a su aplicación en el caso del desarrollo del fármaco que el Institut Pasteur lleva a cabo.

Tabla 15 Determinación de la volatilidad de cada fase del desarrollo del fármaco

DETERMINACION DE LA VOLATILIDAD DE CADA FASE DEL DESARROLLO TÉCNICO DEL FÁRMACO								
valores para aplicación de Arnold y Schockley		DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Valor actual	millones de USD		97,53	143,67	164,296464	233,11	325,68	454,73
Inversión inicio fase	millones de USD	2	1	25	30	25	1	30
duración fase	años		1,5	0,5	2	2	2	1
volatilidad fase según Arnold y Shockley			305%	208%	184%	151%	213%	193%
volatilidad subperíodo			68,2%	46,5%	41,1%	33,8%	47,6%	43,2%
probabilidad de éxito			10%	70%	30%	55%	70%	70%

Fuente: elaboración propia

4.1.10. Desarrollo binomial por fase.

Partiendo del claro concepto que el desarrollo binomial discreto ofrece una simple representación de la evolución del valor del activo subyacente en cada etapa de su desarrollo adquiriendo en cada período solo dos valores y sin restricción de número de subperíodos, se cuenta con la necesaria información para la aplicación del desarrollo binomial, donde la única variable a ser

estimada es la volatilidad del subyacente en cada fase (Arojarvi Olli , 2001) . Habiendo obtenido la información necesaria para efectuar el desarrollo binomial por fases de este fármaco en proceso, se comenzó por la última fase técnica previa a la comercial, donde se procedió a generar cada una de las cinco variables ajustadas a ésta que son necesarias para evolucionar el subyacente.

A su vez, a los efectos de lograr mayor precisión en la aplicación metodológica, se subdividió la fase en 20 subperíodos, lo que implicó la adaptación temporal de cada variable a esos subperíodos.

Una vez situados en la última fase técnica, la información necesaria se centra también en el valor del subyacente en esa fase, y el valor de los flujos de la fase comercial en su momento cero, o sea en la finalización de la última fase técnica, en nuestro caso el registro del fármaco (Fase de INADA).

Gráficamente se observa en el siguiente cuadro el proceso de actualización del subyacente para iniciar el proceso fase por fase, determinando los valores del fármaco en desarrollo en cada una de ellas hasta la propia fase de desarrollo.

En este caso se observa la conformación de la información necesaria para la determinación del valor en la fase de INADA, la última del proceso de desarrollo técnico del fármaco antes de su comercialización.

DESCUBRIMIENTO		INADA	COMERCIALIZACIÓN	
año 0	>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	año 8	año 9	año 17
	valor actual	245,73	valor actual	522,94
??				
tasa ajustada al riesgo:		15%	anual	
tiempo duración de la fase:		1	año	
probabilidad de éxito de la fase		70%		
volatilidad en la fase		no hay información		
por apli. de Arnold&Schockley		193%	del período	
volatilidad subperíodo (20 avo)		43%	del subperíodo	
tasa libre de riesgo		2%	anual	
tasa libre de riesgo aj. al subperíodc		0,10%	del subperíodo y continua.	
coeficiente de ascenso		1,54	del subperíodo	
coeficiente de descenso		0,65	del subperíodo	
probabilidad de ascenso		39%	del subperíodo	
probabilidad de descenso		61%	del subperíodo	

Contando con esta información puede procederse a determinar el valor del proyecto al comienzo de la fase de INADA.

Al inicio de esta fase hay una necesaria inversión para emprenderla, determinada en este caso en USD1.000.000.

Una vez invertido ese capital, el dueño del proyecto accede al derecho de invertir otro capital con destino a la comercialización siempre y cuando el valor de ese proyecto al final de la fase supere esa inversión, o sea esa inversión será el precio de ejercicio para esa fase.

Ilustración 42 Desarrollo binomial del fármaco en fase INADA.

FASE : INADA																					
EVOLUCION DEL SUBYACENTE PARA LOS 20 SUBPERIODOS DE LA FASE																					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
454,7	700,1	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	52.412	80.696	124.244	191.294	294.528	453.472	698.193	1.074.979	1.655.101	2.548.292	
	295,3	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	52.412	80.696	124.244	191.294	294.528	453.472	698.193	1.074.979	
		192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	52.412	80.696	124.244	191.294	294.528	453.472	
			125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	52.412	80.696	124.244	191.294	
				81	125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	52.412	80.696	
					53	81	125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	22.109	34.041	
						34	53	81	125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	9.327	14.360	
							22	34	53	81	125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	3.934	6.058	
								14	22	34	53	81	125	192	295	455	700	1.078	1.660	2.555	
								-	9	14	22	34	53	81	125	192	295	455	700	1.078	
								-	-	6	9	14	22	34	53	81	125	192	295	455	
								-	-	-	4	6	9	14	22	34	53	81	125	192	
								-	-	-	-	3	4	6	9	14	22	34	53	81	
								-	-	-	-	-	2	3	4	6	9	14	22	34	
								-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	6	9	14	
								-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	
								-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	2	3	
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
regla de maximización del valor al término de los t : MAX(St-Inv;0)																					
S: valor del subyacente																					
Inv.: inversión necesaria para inicio de la siguiente fase (precio de ejercicio)																					
ÁRBOL BINOMIAL DEL PROYECTO CON LAS OPCIONES IMPLÍCITAS																					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
430,7	674,1	1.050	1.631	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011	52.382	80.666	124.215	191.264	294.498	453.442	698.163	1.074.949	1.655.071	2.548.262	
	272,6	430	673	1.050	1.631	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011	52.382	80.666	124.215	191.264	294.498	453.442	698.163	1.074.949	
			171	271	429	672	1.049	1.630	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011	52.382	80.666	124.215	191.264	294.498	
	-	-		105	169	270	428	672	1.049	1.630	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011	52.382	80.666	124.214	191.264
	-	-	-		63	104	168	269	427	671	1.048	1.630	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011	52.382	80.666
	-	-	-	-		37	62	102	167	268	426	671	1.048	1.630	2.526	3.905	6.028	9.297	14.330	22.080	34.011
	-	-	-	-	-		21	36	61	101	165	267	425	670	1.048	1.630	2.525	3.905	6.028	9.297	14.330
	-	-	-	-	-	-		11	20	34	59	99	164	266	425	670	1.048	1.630	2.525	3.904	6.028
	-	-	-	-	-	-	-		5	10	18	33	57	98	163	265	425	670	1.048	1.630	2.525
	-	-	-	-	-	-	-	-		2	5	9	17	31	55	96	162	265	425	670	1.048
	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1	2	4	8	15	29	53	95	162	265	425
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	1	1	3	6	13	26	51	95	162
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	0	0	1	2	4	10	23	51
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	0	0	0	0	1	2	4
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

fuelle: elaboración propia

Conforme se observa al desarrollar el árbol binomial de forma recurrente se obtiene el valor del proyecto con las opciones implícitas (continuar o abandonar) de USD430,7 millones.

Solo 15 escenarios de los 21 al término de la fase adquieren valor, lo que es consistente con el 70% de éxito esperado de la fase al inicio de las estimaciones.

Es necesario para registrar el fármaco invertir al inicio de la fase USD1 millón según las estimaciones a tales efectos, por lo que el Valor Actual Neto al inicio de la fase será USD429,7 siguiendo esta metodología.

De manera análoga podrá recorrerse fase a fase hasta lograr los valores del proyecto en cada fase (ver anexos)

4.1.11. CONCLUSIÓN

En el caso presentado, al estar el fármaco al inicio de la fase preclínica permite al decisor optar por determinadas formas de actuar frente a diferentes condiciones que afecten al proyecto, y la aplicación de opciones reales permite detectar estas situaciones y valorarlas, de modo que el valor del proyecto con las opciones implícitas asciende a USD97,16 millones de dólares estadounidenses.

La inversión necesaria para desarrollar la fase fue estimada en USD2.millones.

Por lo tanto el Valor Actual Neto del proyecto con sus opciones implícitas es de USD95,16 millones.

Este valor difiere sustancialmente del Valor Actual medio del proyecto determinado anteriormente de USD-3,10 millones.

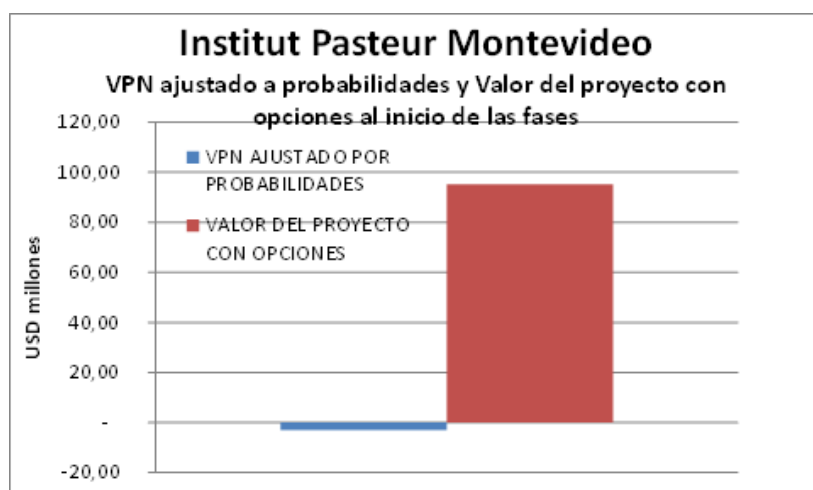
Esta diferencia va más allá de aspectos cuantitativos entre el valor del proyecto con las opciones implícitas y el valor del mismo determinado mediante la aplicación del VAN medio, ya que en este último caso debería rechazarse el proyecto ya que claramente destruye valor, o sea no cumple con la regla de aceptación del $VAN > 0$.

La diferencia del valor de las opciones implícitas menos el valor actual del proyecto sin sus opciones determina el valor de estas opciones que implícitamente contiene este emprendimiento; $USD95,16 - USD-3,10 = USD98,26$ (en millones de dólares estadounidenses)..

Lo expuesto denota lo valiosas que son las opciones implícitas del proyecto, ya que sin ellas se rechazaría el proyecto debido a que el VAN medio determinado fue negativo.

Sin embargo cabe reflexionar también acerca de la probabilidad de realizar el valor del proyecto, ya que la probabilidad condicionada del mismo es de tan solo 0,566% tal como se analizó.

Ilustración 43 Diferencias en medición de Valor. VPN ajustado por probabilidades y Valor del proyecto con opciones.



4.2.Caso de estudio 2 – MEGAMINERÍA A CIELO ABIERTO. ZAMIN FERROUS, MINERA ARATIRÍ URUGUAY -

Caso Aratirí, Megaminería Grupo Zamin Ferrous, Uruguay.¹⁸⁰

4.3.Validez de análisis por opciones reales ante situaciones de alta incertidumbre y posibilidades de alterar el curso de un proyecto

4.3.1. Situación actual año 2013.

A fines de 2011 Aratirí completó la entrega de los principales informes requeridos para obtener las autorizaciones oficiales.

El proyecto se encuentra bajo evaluación del Estado uruguayo en varios ministerios. Estas autorizaciones son un requisito para poner en marcha su proyecto productivo, industrial y logístico.

El diseño del proyecto incluyó también un **Estudio Definitivo de Factibilidad** elaborado junto con SNC-Lavalin en julio de 2011.

Ilustración 44 Estudio Definitivo de Factibilidad de la Minera Aratirí.

Estudio Definitivo de Factibilidad		
Elaborado junto con SNC-Lavalin, completado en julio de 2011		
Proyecto Minero Elaborado junto con Coffey Mining, entregado al MIEM en octubre de 2011	Terminal Portuaria Elaborado junto con Ausenco Sandwell, entregado al MTOP en setiembre de 2011	Estudio de Impacto Ambiental y Social Elaborado junto con 150 empresas, universidades y consultores, entregado al MVOTMA en octubre de 2011

Fuente: www.aratiri.com.uy

¹⁸⁰ Cabe destacar que para la valoración del presente proyecto se recurrió a información pública de la empresa debiéndose complementar con estimaciones debidamente fundamentadas en algunas variables cuando no fue posible contar con dicha información de manera precisa.

El Estudio de Impacto Ambiental y Social fue entregado el 13 de octubre de 2011 al MVOTMA¹⁸¹. El documento es complejo y extenso, contiene aproximadamente 6.500 páginas.

En particular el Estudio de Impacto Ambiental y Social recorre un proceso iterativo que incluye consultas y ajustes a solicitud de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del MVOTMA.

Ilustración 45 Minera Aratirí Próximas etapas de inversión.



Fuente: www.aratiri.com.uy

Próximas etapas

Una vez obtenida la Autorización Ambiental Previa (AAP) comenzará el diseño del Proyecto Ejecutivo y la etapa de construcción.

Una vez completada la construcción, y antes de comenzar la etapa de operación deberá obtener de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del MVOTMA la Autorización Ambiental de Operaciones (AAO).

Ilustración 46 Minera Aratirí. Proyecto Ejecutivo, Construcción de Plante y Operación.



Fuente: www.aratiri.com.uy

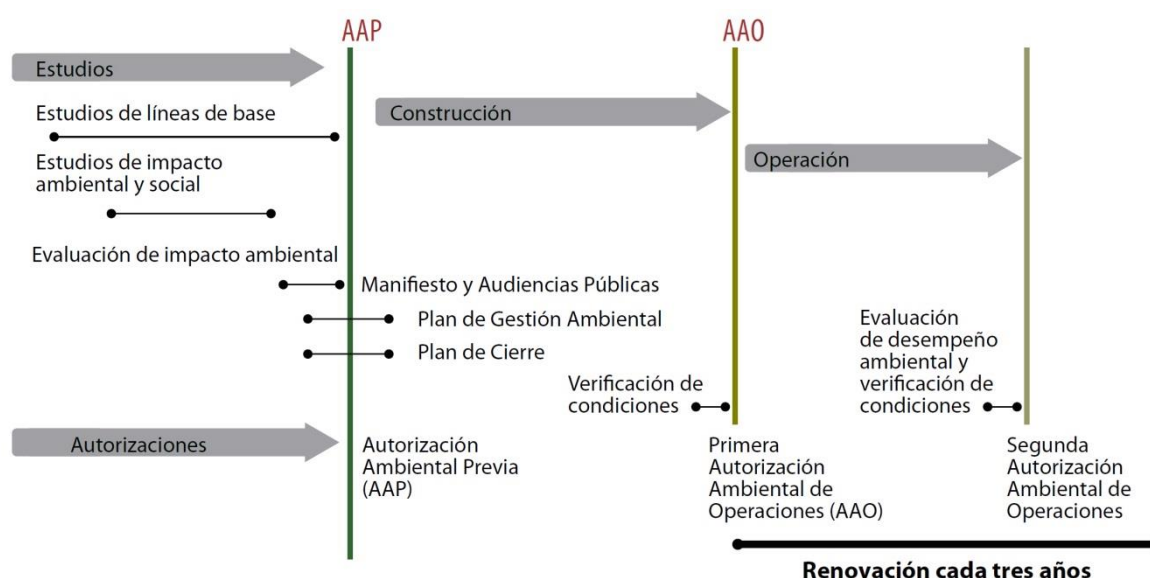
¹⁸¹ Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de la República Oriental del Uruguay

Con la AAP se podrá empezar la construcción de la planta industrial y demás componentes, pero sólo con la AAO se puede empezar con todo el ciclo productivo: complejo minero, planta industrial, mineroducto, acueducto y terminal portuaria.

Por su parte, la DINAMIGE¹⁸² del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) deberá otorgar también la Concesión para Explotar.

¿Cómo es el proceso de autorizaciones ambientales?

Ilustración 47 Proceso de autorizaciones ambientales en Uruguay.



Fuente: www.aratiri.com.uy

Toda investigación minera abarca tres etapas:

1. Prospección: relevamiento geológico del terreno

Es la primera etapa del proyecto, consiste en analizar los predios con el fin de determinar la cantidad y calidad de mineral de hierro existente en la zona.

¹⁸² DINAMIGE Dirección Nacional de Minería y Geología.

El trabajo es realizado por los geólogos, que ingresan a los campos para mapear los afloramientos rocosos donde se presume la existencia del mineral.

Previamente, se autorizan los permisos correspondientes ante la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) y se trabaja en coordinación con los propietarios de las fincas. En esta fase la presencia de los técnicos pasa desapercibida, ninguna maquinaria es introducida en los campos.



Fuente: www.aratiri.com.uy

2. Exploración: evaluación del yacimiento mediante perforaciones o cateos

La exploración es una etapa clave en el proyecto. Luego de analizada la prospección, los geólogos determinan los campos sobre los cuales se trabajará.

Un cerro contiene afloramientos rocosos que es necesario estudiar al detalle. Para eso, se realizan perforaciones de donde se extraen muestras a profundidades de hasta 500 metros y más. Esas muestras se trasladan al laboratorio donde son analizadas.

Mediante un software computarizado se determina la forma del yacimiento y el contenido de hierro que posee. Esta parte es llamada interpretación geológica y es una herramienta fundamental para el proceso de toma de decisión.

Ilustración 48 Trabajos de exploración



Fuente: www.aratiri.com.uy

Ilustración 49 Remediación de los trabajos de exploración



Fuente: www.aratiri.com.uy



Fuente: www.aratiri.com.uy

3. Diseño del proyecto: formulación integral del proyecto

Una vez completada la investigación geológica se elabora el proyecto productivo, industrial y logístico integrando todas sus dimensiones y componentes.

En esta etapa se formula el proyecto desde el punto de vista ambiental, productivo, logístico, financiero y social. Incluye parte de los desarrollos de ingeniería y todos los informes requeridos por las autoridades para proceder a su evaluación.

Hasta diciembre de 2011 la empresa ha invertido USD 170 millones en investigación y desarrollo del proyecto, en todos sus componentes (complejo minero, planta industrial, mineroducto y acueducto, terminal portuaria, líneas de alta tensión) y dimensiones (ambiental, social, productiva, financiera y logística).

Una pregunta que se impone es relativa a qué sucederá si la autorización ambiental previa (AAP) no se logra.

Necesariamente si éste fuera el caso la Firma desistirá de la inversión a efectuarse perdiendo más de USD170 millones que lleva invertido hasta el presente. Cabe destacar que en la actualidad sigue en estudio el permiso gubernamental no habiendo señales de riesgo de que no se apruebe.

Sin embargo, de aprobarse y de llevarse adelante la inversión principal, el proyecto se convertirá en un emprendimiento rentable para sus promotores.

De inmediato surge la pregunta acerca de cuál es el método más idóneo para evaluar este tipo de inversiones que contiene un alto grado de incertidumbre hasta su realización efectiva.

El tradicional método del Valor Actual Neto, metodología ampliamente aceptada por inversores y analistas desde hace décadas, se basa en la metodología de Descuento de Flujo de Fondos.

Este método cuenta con la limitante que al aplicarse a este tipo de proyectos, no tiene en cuenta la flexibilidad que pueda aplicarse durante la gestión del mismo.

Cabe recordar que esta metodología de DFC se originó para la valoración de bonos cupón cero, sin riesgo, la que puede expresarse de la forma siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+k)^t}$$

Donde VAN es el valor actual neto del proyecto a valorarse, la I es la inversión necesaria para acometer el mismo, los FC son los flujos de caja de cada período durante el horizonte de análisis, y k es la tasa de descuento ajustada al riesgo del proyecto a evaluarse.

Mascareñas, Lamothe, López y de Luna (2004) señalan que el uso de los métodos basados en DCF infravaloran los proyectos que tienen flexibilidad operativa ya que suponen que los flujos de caja futuros son ciertos y conocidos

desde el principio, desconociendo posibles alteraciones en la situación de mercado que pueden provocar la aceptación o rechazo de un proyecto a la luz de esta realidad cambiando su estatus inicial de aceptable a rechazado y viceversa.

Este tipo de situaciones justamente se observa en esta evaluación de proyecto minero.

A su vez, el uso del modelo de DCF asigna un cierto conocimiento del riesgo del proyecto recogido en su tasa de descuento, la que se mantiene generalmente fija en el tiempo, desconociendo variaciones de riesgo muy común en este tipo de proyectos modulares y de varios años de ejecución.

De acuerdo a lo señalado por Lamothe y Méndez (2006)¹⁸³ la proyección de los valores del activo subyacente puede inducir a errores importantes de estimación del valor real del proyecto.

Añaden los autores que, si se pone en contraste el método DCF con las características de un proyecto modular, con diferentes tipos de riesgos asociados, se observa:

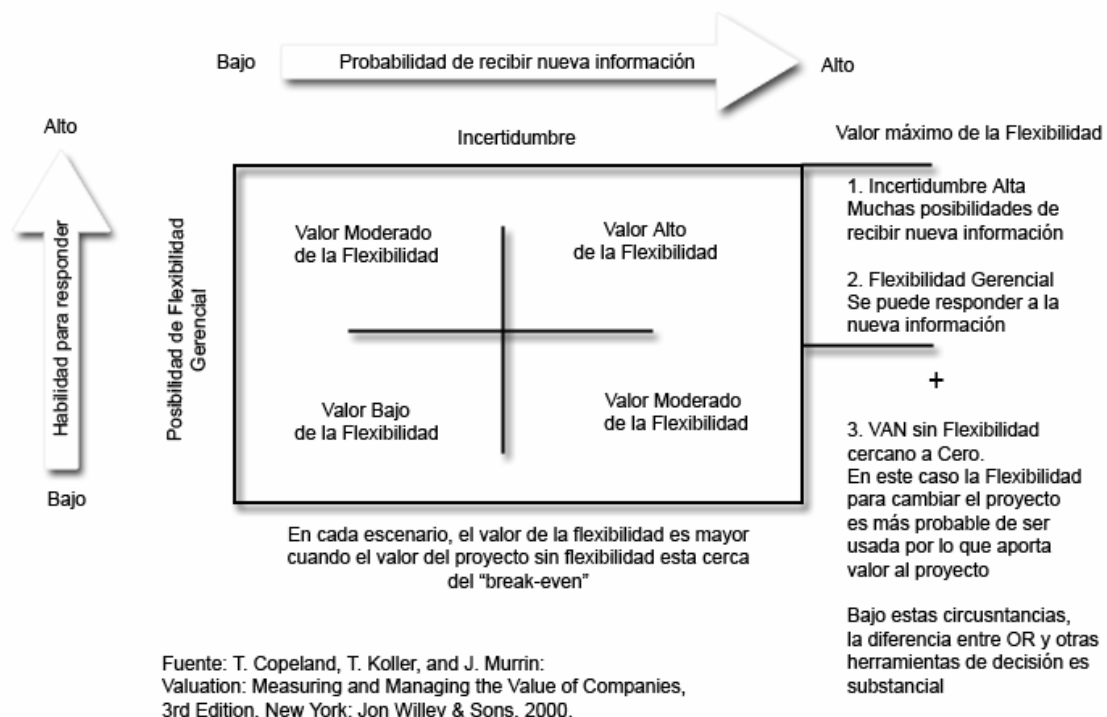
- El proyecto es concebido como una inversión secuencial donde se puede decidir invertir o no.
- Existe la posibilidad de abandonar el proyecto antes de su lanzamiento final.
- Existen riesgos privados “que solo se pueden desvelar a través de la inversión en el proyecto”.
- Existen riesgos de mercado que hacen variar el valor del proyecto a lo largo de toda su vida útil.

Los autores concluyen al respecto que la forma más adecuada de valorar este tipo de proyectos es a la luz de lo expuesto mediante la metodología de valoración de Opciones Reales.

¹⁸³ LAMOTHE Prosper y MÉNDEZ Mariano 2006 Valoración a través de una opción real compuesta de un parque eólico con riesgos de mercado y privados

Complementariamente a lo expuesto, considerando además la potencialidad de variación del valor del proyecto al contar con más y mejor información a lo largo de la vida del proyecto, en situaciones de elevada incertidumbre y de posibilidades de aplicar cambios por parte de la gerencia, se presenta el campo idóneo para la aplicación de las opciones reales a la luz del siguiente aporte de Copeland, Koller y Murrin (2000).

Ilustración 50 Flexibilidad e Incertidumbre.



Considerando las características de este tipo de proyectos en cuanto al desarrollo por etapas, con inversiones modulares que conjugan alta incertidumbre que abre la posibilidad de contar en el tiempo con nueva y valiosa información, y por otra parte alta capacidad para responder a nuevas situaciones por parte de la gerencia del proyecto o del emprendimiento, se generan las condiciones idóneas para la aplicación de la metodología de las opciones reales.

A su vez, estando ante casos que mediante la medición tradicional ofrecida por el VAN clásico que devuelve valores próximos al punto de

indiferencia entre rechazo o aceptación, el método de las opciones reales aparece como la forma óptima de medir el valor de este tipo de emprendimientos.

Claro está que en proyectos que no revistan estas características (alto grado de flexibilidad y alto grado de incertidumbre), poco valor ofrecen en la decisión, ya que no hay mucho valor añadido por la gestión a medir.

Para aplicar la metodología basada en opciones reales hay varias alternativas.

- a. Una de ellas son modelos analíticos basados en fórmulas como la de Black-Scholes. Éste según afirman Mascareñas, Lamothe, López y Luna, (2004) tiene un problema que es que no permite modelar todas las flexibilidades que puedan existir en los proyectos y además genera desviaciones respecto al valor, ya que sus hipótesis son poco realistas para aplicar a inversiones secuenciales en activos reales.
- b. Los árboles de decisión no pueden aplicarse directamente para valorar opciones ya que el riesgo del proyecto va cambiando a medida que se ejerce cada decisión en cada nodo, por lo que luego de cada decisión, cambia el riesgo y debería ajustarse la tasa ajustada al riesgo que se aplica. Puede ser una opción a aplicar los Árboles de Decisión adaptados a modelos binomiales tal como lo plantean Brandao, Dyer, Hahn, (2005)¹⁸⁴
- c. Los modelos binomiales (Cox, Ross, Rubinstein, 1979)¹⁸⁵ se planean como una alternativa a aplicar pero con la dificultad de uso en aquellos activos que no tengan activo de réplica en el mercado, ya que el desafío planteado es la determinación de la volatilidad del activo subyacente.
- d. La aplicación de Simulación de Monte Carlo puede tener gran utilidad a la hora de valorar opciones reales, pero a la vez puede aparecer como una caja negra para los inversores debido a su complejidad conceptual y la necesidad de un nivel de estadística y econometría muy alto para su total

¹⁸⁴ BRANDAO, Luiz E., James S. DYER, Warren J. HAHN. 2005. Using binomial trees to solve real-option valuation problems. *Decision Anal.* 2(2) 69-88

¹⁸⁵ COX, J., S. ROSS, M. RUBINSTEIN. 1979. Option pricing: a simplified approach. *J. Financial Economy.* 7 229-263.

compresión (Mascareñas, Lamothe, López, Luna 2004 y Longstaff, Schwartz, 2001).¹⁸⁶

La combinación de flexibilidad e incertidumbre y su asociación con el valor señaladas son referidas por Bastian-Pinto, C., Teixeira Brandao, L., Raphael, R., y de Magalhaes Ozorio, L. (2013)¹⁸⁷ citando a Vidal, Motta, Gomes y Oliveira (2011)¹⁸⁸ sosteniendo que las grandes expectativas de ingresos relacionadas con las empresas mineras sugieren la necesidad de reevaluar el valor de sus activos y en ocasiones orientarse hacia nuevos negocios. Brennan y Schwartz (1985) aplican la teoría de opciones reales a la valoración de minas, modelando la flexibilidad de cambiar la producción del mineral de acuerdo a la evolución de los precios de mercado del mismo, conjuntamente con la posibilidad de abandonar el proyecto si las condiciones no son las mejores. Los autores incluso consideran la posibilidad de cambio en el riesgo del proyecto durante su vida útil, debido al posible agotamiento de las reservas naturales y al azar en la variación de los precios.

4.4.El Proyecto Aratirí como una inversión secuencial con opciones de proseguir o abandonar en cada etapa.

Quizás la primera interrogante es verificar si realmente existen opciones reales en el proyecto a analizar.

¹⁸⁶ MASCAREÑAS J., LAMOTHE P., LÓPEZ F. y LUNA W. 2004. Opciones Reales y Valoración de Activos. Prentice Hall. Madrid.

LONGSTAFF, F. A., SCHWARTZ, E. 2001. Valuing American options by simulation. A simple least-squares approach. Rev. Financia1 Stud. 14(1) 113-147.

¹⁸⁷ BASTIAN-PINTO, Carlos, Teixeira BRANDAO, Luiz, RAPHAEL, Rafael, de MAGALHAES OZORIO, Luiz, (2013). Financial Valuation of operational Flexibilities in the Aluminum Industry Using Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

¹⁸⁸ VIDAL, A. P., MOTTA, L. F. J. d., GOMES, L. L., OLIVEIRA, D. L. d. (2011). Avaliação de um Projeto de Mineração aplicando a Teoria das Opções Reais In Mauad (Ed.), Investimentos em Infraestrutura (Vol. 1). Rio de Janeiro.

El proyecto minero Aratirí se puede considerar como una opción compuesta en sí mismo, ya que permite la realización de la inversión por etapas claramente bien diferenciadas entre sí, que da lugar a inversiones secuenciales, las que cada una da lugar a la siguiente. En caso que no convenga, puede abandonarse el proyecto en cualquiera de sus etapas.

Aplicando el método binomial para el análisis y edición de valor de las opciones contenidas en este proyecto minero, el valor del activo subyacente puede evolucionar con un movimiento de ascensos y descensos según la forma:

$$\text{Ascensos: } u = e^{(\sigma \cdot \Delta t)}$$

$$\text{descensos: } d = \frac{1}{u}$$

Estos ascensos y descensos tienen probabilidad de ocurrencia que se define de la siguiente forma:

$$\text{Probabilidad de ascenso } P = \frac{(1 + r) - d}{u - d}$$

$$\text{Probabilidad de descenso } q = 1 - p$$

Una ventaja que tiene este método es la posibilidad de observar todo el proceso de difusión del subyacente del proyecto basado en la información de mercado, lo que genera una visión objetiva del valor (Lamothe y Méndez, 2006)¹⁸⁹.

¹⁸⁹ LAMOTHE Prosper, MÉNDEZ Mariano 2006. Valoración a través de una opción real compuesta de un parque eólico con riesgos privados y de mercado, Documento de trabajo, Doctorado en Finanzas de

La información necesaria para la valoración por el método binomial es la siguiente:

- El valor actual de los flujos de caja esperados del proyecto (PV).

Esta información se obtuvo a partir de las propias estimaciones de ZAMIN FERROUS para el proyecto ARATIRI en Uruguay.

- La volatilidad esperada del rendimiento del proyecto (σ).

Este parámetro es clave para la valoración y no está determinado. Aunque puede accederse a publicaciones que se refieren a la volatilidad del hierro, y hasta determinarla directamente a partir de las cotizaciones internacionales de este mineral, solo se accedería a una de las fuentes de incertidumbre de este proyecto. No se cuenta con la volatilidad del proyecto en sí mismo. Se determinará a continuación aplicando la metodología desarrollada por Copeland y Antikarov (2001) llamada Marketed Asset Disclaimer (MAD assumption).

- El tipo de interés libre de riesgo (rf).

Esta información proviene de los mercados y es un dato cierto.

- Coste de la inversión para el lanzamiento del proyecto (I).

Proviene de estimaciones del propio emprendimiento, basadas en los recursos necesarios y sus presupuestos para este fin.

- Probabilidades estimadas de éxito en cada fase de decisión (s).

Son probabilidades estimadas basadas en antecedentes mineros y en la experiencia de los principales gestores del proyecto.

- Coste de las inversiones intermedias (C).

Estos costes de inversión son los presupuestados y estimados para el proyecto según su calendario de inversiones para diversas fases.

A los efectos de la aplicación de la metodología binomial puede resumirse en el siguiente procedimiento una vez que se cuenta con todos los inputs necesarios:

El proceso se desarrolla básicamente en las siguientes en cuatro fases:

FASE 1 : Creación del proceso de difusión del valor.

Se plantea el proceso de difusión del activo subyacente reflejando durante el horizonte de difusión cada movimiento de ascenso y descenso partiendo desde el momento cero esta evolución del Valor Presente de los flujos de fondos del emprendimiento.

Ilustración 51 Proceso de difusión de valor.

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
			PVu ³
		PVu ²	
	PV u		PVu ² d
PV		PV ud	
	PV d		PVu d ²
		PV d ²	
			PV d ³

FASE 2: Actualización a la tasa libre de riesgo.

Los valores del proceso de difusión del Valor Presente se expresan actualizados a la tasa libre de riesgo en cada nodo.

Ilustración 52 Actualización a la tasa libre de riesgo

	T_0	T_1	T_2	T_3
				$\frac{PV_u^3}{(1+r_F)^3}$
			$\frac{PV_u^2}{(1+r_F)^2}$	$\frac{PV_u^2 d}{(1+r_F)^3}$
		$\frac{PV_u}{(1+r_F)}$	$\frac{PV_{ud}}{(1+r_F)^2}$	$\frac{PV_u d^2}{(1+r_F)^3}$
		$\frac{PV_d}{(1+r_F)}$	$\frac{PV_{d^2}}{(1+r_F)^2}$	$\frac{PV_{d^3}}{(1+r_F)^3}$
PV				

FASE 3: Cálculo del valor de la opción, con valoración neutral al riesgo.

Para ello se procederá a comparar el valor actualizado a la tasa libre de riesgo resultante al final de la difusión del valor en el horizonte de análisis de cada brazo del proceso con la inversión necesaria para el lanzamiento del proyecto. Si de esa comparación surge la existencia de creación de valor medido como un neto positivo entre dicha comparación, se registra ese valor como valor de la opción (ROV), de lo contrario se le asigna valor nulo, ya que no interesará proseguir y se elegirá justamente esta acción, desistir de continuar adelante.

Desde el fin del proceso se transita el reticulado hasta el inicio ajustando por las probabilidades neutrales al riesgo para los casos de ascenso y de descenso de cada nodo.

Ilustración 53 Cálculo del valor de la opción

$$\begin{array}{rcl}
 & \dots\dots\dots & \text{MAX}((\text{PVU}^3 - I); 0) = \text{ROV}_{31} \\
 & & (1+r_F)^3 \\
 \text{ROV} = p\text{ROV}_{21} + q\text{ROV}_{22} & & \\
 & & \text{MAX}((\text{PVU}^2 d - I); 0) = \text{ROV}_{32} \\
 \text{ROV} = p\text{ROV}_{11} + q\text{ROV}_{12} & \dots\dots\dots & (1+r_F)^3 \\
 & & \\
 \text{ROV}_{12} = p\text{ROV}_{22} + q\text{ROV}_{23} & & \text{MAX}((\text{PVU} d^2 - I); 0) = \text{ROV}_{33} \\
 & & (1+r_F)^3 \\
 & \dots\dots\dots & \\
 & & \text{MAX}((\text{PVd}^3 - I); 0) = \text{ROV}_{34} \\
 & & (1+r_F)^3
 \end{array}$$

FASE 4: Cálculo del valor de la opción, teniendo en cuenta el riesgo privado.

La novedad quizás radica en añadir el riesgo privado al análisis en curso.

Durante el proceso multietapa del proyecto existen inversiones intermedias propias de cada fase así como probabilidades de éxito en cada una de ellas.

El procedimiento se aplicará a cada nodo donde existe una probabilidad de éxito (s) y un costo de inversión vinculada (C) mediante la siguiente regla de decisión:

Ilustración 54 Cálculo de valor con riesgo privado.

$$\text{ROV}_{ij} = \frac{\text{Máx} ((s\text{ROV}_{ij} - C) ; 0)}{(1+r_f)^{ij}}$$

4.5.El problema de la obtención de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la determinación de su valor.

Conforme se expuso, accediendo de forma más o menos directa a la información necesaria para la valoración del proyecto con sus opciones implícitas, aún existe un problema a solucionar: la determinación de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la valoración en esta metodología de Opciones Reales.

Heimlich (2009)¹⁹⁰ sostiene que la evaluación de proyectos mineros enfrenta un escenario complejo, debido no sólo a la incertidumbre de corto plazo, sino que en mayor medida a la que rodea las perspectivas de largo plazo. Esta incertidumbre se refleja en la variedad de opiniones respecto del precio de largo plazo, y también en la rapidez con que se suceden las actualizaciones de dichas estimaciones. La mejora sustancial en las perspectivas de largo plazo, sin embargo, se ve contrarrestada por alzas de magnitud semejante en los costos de inversión y los costos de operación proyectados. El problema es que la incertidumbre que rodea los precios no es equivalente a la de los costos. Los montos de inversión requeridos para poner en marcha un proyecto son relativamente conocidos, y al menos una parte de los costos de operación dependen de variables mineras relativamente determinadas.

Este emprendimiento de ZAMIN FERROUS es un desarrollo minero propio que no cuenta con volatilidad conocida, es un proyecto no negociado en los mercados de valores, por lo que no existe referencia de información histórica de su cotización para determinar su volatilidad, como sí se podría determinar con otros valores negociados..

Hay diversas aproximaciones para hallar la volatilidad de este proyecto.

¹⁹⁰ HEIMLICH, Erik. (2009). Comisión Chilena del Cobre. Dirección de Estudios y Políticas Públicas. Incorporación de riesgo a la evaluación de proyectos mineros

Podría buscarse un proyecto comparable que tenga cotización en algún mercado organizado.

Al igual que, al tratar de aplicar múltiplos al momento de valorar una firma, se plantea la interrogante acerca de cuál es un proyecto comparable.

Al respecto Gómez-Bezares, F. Madariaga, J y Santibáñez, J (1999)¹⁹¹ en su trabajo sobre la pirámide de ratios destacan la importancia de incorporar elementos novedosos de análisis financiero surgido en los últimos años como por ejemplo algunas herramientas que se centran en la gestión, como lo son la Gestión Basada en Valor (en inglés Value-Based Management), lo que destaca un acercamiento a otros aspectos más allá del cálculo de indicadores puro.

Los proyectos son únicos y justamente por esto, difícilmente se encuentre un proyecto que sirva de referencia sin caer en potenciales márgenes de error de estimación de la volatilidad.

Previamente se mencionó que la volatilidad del hierro sería fácilmente obtenible, ya sea por información manejada por el sector o bien por determinación propia directamente de las cotizaciones de los mercados organizados de *commodities*. Pero como también se mencionó, sería una visión parcial del problema de la variabilidad que tendría este proyecto ya que existen otros factores que inciden en la potencialidad de alteración de cambios de su valor.

Una interesante alternativa es la propuesta por Copeland y Antikarov (2001) llamada “Marketed Asset Disclaimer” (MAD Assumption) que se basa en la hipótesis de que ante un proyecto que no tiene una cotización directa en el mercado ni un activo de referencia que refleje su valor como estimación, el mejor estimador de ese proyecto es él mismo.

Metodológicamente se miden los rendimientos desde un período a otro, desde el momento 0 al momento 1, estimando así la volatilidad del propio proyecto.

¹⁹¹ GÓMEZ-BEZARES, Fernando, MADARIAGA, José, SANTIBAÑEZ, Javier. (1999) Algunas reflexiones y novedades acerca de la pirámide de ratios. Boletín de Estudios Económicos N°167, agosto 1999, pp 329-359.

Partiendo del valor presente del proyecto ARATIRI descontados sus flujos a la tasa promedio de costo del capital invertido¹⁹² (WACC) se determina el valor presente de los mismos (PV_0).

Una vez modeladas las incertidumbres propias del proyecto procedemos a simular múltiples casos aleatorios mediante simulación Montecarlo, para lograr un histograma con la distribución de los valores presentes en el momento 0 y en el momento 1 con el añadido en ese momento futuro de los flujos de caja anuales esperados en ese momento.

La volatilidad, según Copeland y Antikarov estaría expresada por un valor Z calculada manteniendo el valor constante en $t=0$ (PV_0) de esta forma:

$$Z = \ln \left(\frac{PV_1 + FCF_1}{PV_0} \right)$$

el PV_1 incluido en la fórmula descrita por Copeland y Antikarov es:

$$PV_1 = \sum_{t=2}^n \frac{FCF_t}{(1+WACC)^{t-1}}$$

Esta volatilidad hallada en base a este estimador del rendimiento entre 0 y 1 sigue una distribución lognormal con volatilidad constante.

Cox, Ross y Rubinstein (1979) para modelar la evolución del valor del activo subyacente utilizan el método binomial, lo que simplifica mucho la visión en perspectiva de procesos complejos, asumiendo que este proceso estocástico del valor del subyacente, sigue un movimiento geométrico browniano.

La determinación de las opciones reales contenidas en este proyecto se hará mediante las fórmulas de maximización en cada nodo que represente una

¹⁹² Nótese que los flujos de fondos del proyecto ya operativo se descuentan la tasa promedio de costo de capital (WACC) ya que recogen los costos de los aportantes de los fondos necesarios recogiendo en sus tasas el riesgo para cada aportante.

oportunidad para así calcular cuál es el valor que lo representa, invirtiendo solo si el valor esperado del proyecto en ese momento es mayor que el valor del desembolso necesario para acometer el proyecto y seguir adelante, y si el valor es inferior a ese desembolso el proyecto toma en ese punto el valor 0. Este valor esperado en este caso de inversiones secuenciales con probabilidad de éxito en cada fase, deberá ajustarse por dicha probabilidad de suceso.

Ilustración 55 información de partida para cálculo de valor de la explotación minera

INFORMACIÓN GENERAL

USD EN MILLONES

INGRESOS NETOS ESTIMADOS PARA LA EXPLOTACION MINERA A FINALES DE AÑO 4	6.129,23
TOTAL INVERSIONES PROYECTADAS EN EL HORIZONTE DE ANÁLISIS	3.170,00

	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
	FASES I Y II		FASE III		FASE IV		FASE V	
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
INVERSIONES	-40	-120		-10				-3000
CASH FLOWS								6.129.23

FASES DEL PROYECTO

INVESTIGACION GEOLÓGICA - INVESTIGACION Y DESARROLLO

FASE I

PROSPECCIÓN

MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	10
PROBABILIDAD DE ÉXITO	45%

FASE II

EXPLORACION I

MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	30
PROBABILIDAD DE ÉXITO	50%

FASE III

EXPLORACION II

MOMENTO	SEM 2
COSTO (USD MILLONES)	120 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	50%

FASE IV

PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL

MOMENTO	SEM 4
COSTO (USD MILLONES)	10 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 4
PROBABILIDAD DE ÉXITO	50%

FASE V

PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION

MOMENTO	SEM 8
COSTO (USD MILLONES)	3000 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 8
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

FASE DE COMERCIALIZACION/EXPORTACION

VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL

MOMENTO	SEM 8
VALOR ESPERADO (USD)	6.129,23 VALOR PRESENTE A LA TASA WACC POR 8 SEMESTRES
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

Una evaluación de la inversión por aplicación de NPV simple, sin considerar las probabilidades de suceso sería la siguiente considerando un costo promedio del capital para un semestre de 7%.

Ilustración 56 Análisis del VAN simple

		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
		Rf SEM		1,51%					
		NPV SIMPLEWACC SEM		7%					
npv simple		FASES I Y II		FASE III		FASE IV		FASE V	
		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
	INVERSIONE	-40	-120		-10				-3000
	CASH FLOWS								6.129,2
		-40 -	123,7		-	10,6			-
									3.382,5
									10.531,2
	CASH FLOW	-40 -	123,7	-	-	10,6	-	-	-
	CAPM	7%							7.148,7
	NPV	4.304,31							

Solo a los efectos de ilustrar una simple aplicación del reconocido método de descuento de flujos de caja, se plantea el mismo demostrando cómo puede ser mal interpretado un resultado. Este análisis de *DCF* ofrece una información errónea ya que considera que tanto los ingresos como las inversiones son ciertas, desconociendo no sólo aspectos propios de la flexibilidad empresarial sino que no toma en cuenta la probabilidad de suceso de cada fase.

Sin embargo, perfeccionando la aplicación del reconocido método, al mismo proyecto y siguiendo los principios del *DCF* pero ajustado a la probabilidad de cada fase, el resultado aún sigue ofreciendo condiciones de aceptabilidad pero muy próximo a las condiciones de rechazo, o sea próximo a límite de $VAN < 0$.

Ilustración 57 Cálculo de VAN ajustado por la probabilidad.

	PV momento	probabilidad	prob. Acumulada
PROSPECC Y EXPLORACION I	- 40	23%	23%
EXPLORACION II	- 120	50%	11%
PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL	- 10	50%	5,6%
PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION	- 3.000	100%	
	-		
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL	6.129	100%	

	PV momento	probabilidad	PV ajustado
PROSPECC Y EXPLORACION I	- 40	100%	- 40
EXPLORACION II	- 120	100%	- 120
PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL	- 10	100%	- 10
PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION	- 3.000	5,6%	- 169
Coste total del proyecto			339
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL	6.129	5,6%	345

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USD) 6

El cuadro que precede explica que el VAN considera que una vez iniciado el proceso de inversión, éste es irreversible, no destacando casos donde el mercado sea desfavorable, o desde la visión positiva, estados del mercado donde éste sea muy favorable y brinde oportunidades al *management* para aprovechar estas circunstancias de diversa forma.

Si se observa tanto el valor presente del emprendimiento como la inversión en la planta de procesamiento y lanzamiento de la explotación, ambas están afectadas por la probabilidad condicionada resultante luego de considerar cada fase del 5,6%. El procedimiento supone que los desembolsos intermedios son ciertos.

Como resultado final, el VAN ajustado por la probabilidad es de tan solo de 6 millones de dólares.

Probablemente ante una mirada técnica estricta, se decida emprender el proyecto ya que cumple con la regla de aceptación de $VAN > 0$.

También es probable que cierta racionalidad empresaria concluya por parte de algunos analistas que no es atractivo un negocio minero que promete una generación de valor de 6 millones y demanda una inversión superior a 3.000 millones.

Sin embargo, también es probable que por la intuición empresarial propia de muchos emprendedores, éstos hagan caso omiso del magro resultado obtenido luego de los análisis de conveniencia, y confiando en sus habilidades empresariales y expectativas sobre el negocio no duden en acometerlo y sigan adelante fase a fase.

Estos últimos intuitivamente están comprendiendo el riesgo total que incide sobre el emprendimiento como factor de atención, así como la probabilidad de accionar sobre el proyecto.

Modelado los flujos de fondos, identificadas las fuentes de incertidumbre, y aplicando el método de *MAD assumption* ya descrito, se determinó que la volatilidad media del proyecto es del orden de 65% luego de realizar 1.000 simulaciones para el primer período. El método asume volatilidad constante en cada período subsiguiente¹⁹³.

En el siguiente cuadro se observa de modo parcial (para los primeros 10 años)¹⁹⁴ la estimación de la volatilidad anual para cada período así como el promedio obtenido para todo el proyecto que será importante *input* para el desarrollo binomial.

Tabla 17 Estimación de las volatilidades anuales del proyecto ARATIRI

ESTIMACION DE LA VOLATILIDAD. EXHIBICIÓN DE LOS PRIMEROS AÑOS DONDE EXISTE UNA ETAPA DE DESARROLLO Y OTRA COMERCIAL												
MONEDA: usd (en miles)												
MOM "0"	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10		
FCF	40	120	10	3.000								
	0	0	0	0	-	840	840	840	840	840	840	840
VN0	3.151	3.608	4.131	4.729	5.415	5.359	5.296	5.223	5.140	5.045	4.936	4.936
VN1	3.151	3.608	4.131	4.729	5.415	6.199	6.136	6.063	5.980	5.885	5.776	5.776
DESUDIO	60,80%	60,80%	60,80%	60,80%	60,80%	62,16%	65,54%	67,30%	68,04%	69,43%	69,70%	69,70%
DESV PROM	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%
Z	0,135317297	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173	0,1353173

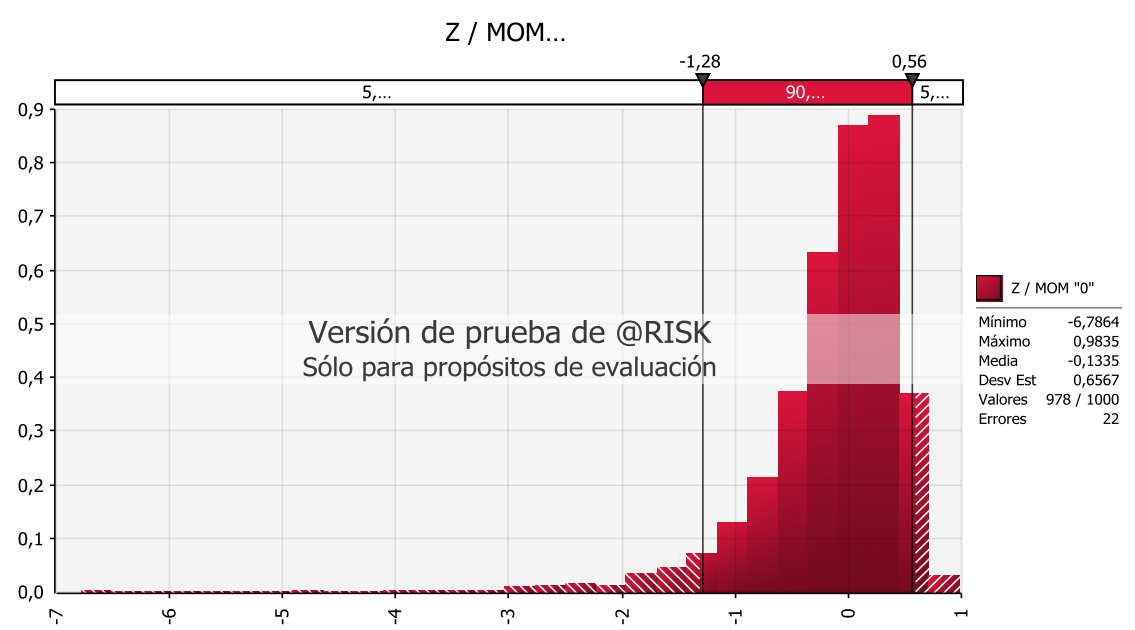
Fuente: elaboración propia

¹⁹³ A los efectos de determinar la volatilidad del propio proyecto se estimó la variable "Z" definida por Copeland y Antikarov para cada año del horizonte de análisis, efectuándose luego el promedio de las volatilidades obtenidas.

¹⁹⁴ Ver desarrollo completo en los anexos.

Gráficamente se aprecia la distribución de los casos aleatorios simulados para la determinación de la volatilidad señalada.

Ilustración 58 visualización de la estimación anual de la volatilidad del proyecto.



Fuente: elaboración propia

4.6.El desarrollo binomial

La aplicación del desarrollo binomial de los flujos de fondos del proyecto asume que siguen un Movimiento Geométrico Browniano (GBM sus siglas en inglés) con una tasa de crecimiento μ y volatilidad σ .

En suma, el valor del proyecto evolucionará en cierto período T, con un crecimiento medio esperado μ de la siguiente forma;

$$E(PV_T) = PV_0 e^{\mu T}$$

El desarrollo binomial viene a modelar este proceso de difusión del valor de los flujos de caja, donde los parámetros de ascenso (u) y descenso (d) de cada fase, y las probabilidades p y q están definidas de modo que la media y la varianza de la binomial son iguales a la media y varianza del GBM (Lamothe y Méndez, 2006).

Tabla 18 Parámetros para el desarrollo binomial.

DEVIATION ESTANDAR	65,00% (luego de 1.000 eventos aleatorios)		
TASA LIBRE DE RIESGO ANUA	3,00% (Tasa libre de riesgo anual)		
T. LIBRE DE RIESGO SEM. r_f_s	1,51%	SEMESTRAL	0,5
u	1,5835	Parámetro de escenarios ascendentes	
d	0,6315	Parámetro de escenarios descendentes	
p	$\frac{(1+r_f)-d}{u-d}$	0,384	40,30% probabilidad neutral al riesgo de ascenso
(1-p)		0,952	59,70% probabilidad neutral al riesgo de descenso

Fuente: elaboración propia

Tabla 19 Desarrollo binomial

Desarrollo Binomial									
6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620	152.995	242.263	
	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620	
		2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	
			1.544	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	
				975	1.544	2.444	3.871	6.129	
					616	975	1.544	2.444	
						389	616	975	
							246	389	
								155	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4					
-40		-120		-10				3.000,00	VA
23%		50%		50%				100%	Prob de éxito
239.262,93									
Desarrollo Binomial con valores descontados a la tasa libre de riesgo									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	
6.129,23	9.561	14.914	23.264	36.290	56.609	88.304	137.745	214.868	
	3.813	5.948	9.278	14.473	22.577	35.218	54.936	85.694	
		2.372	3.700	5.772	9.004	14.046	21.910	34.177	
			1.476	2.302	3.591	5.602	8.738	13.630	
				918	1.432	2.234	3.485	5.436	
					571	891	1.390	2.168	
						355	554	865	
							221	345	
								138	
6.129,23	9.561	14.914	23.264	36.290	56.609	88.304	137.745	214.868	PROBABILIDAD NEUTRAL AL RIESGO
-	3.813	5.948	9.278	14.473	22.577	35.218	54.936	85.694	P 0,403 ascenso
-	-	2.372	3.700	5.772	9.004	14.046	21.910	34.177	Q 0,597 descenso
-	-	-	1.476	2.302	3.591	5.602	8.738	13.630	
-	-	-	-	918	1.432	2.234	3.485	5.436	
-	-	-	-	-	571	891	1.390	2.168	
-	-	-	-	-	-	355	554	865	
-	-	-	-	-	-	-	221	345	
-	-	-	-	-	-	-	-	138	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4					
-	40	-	120	-	10	-	-	3.000	VA
-	23%	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%	100%
-									Prob de éxito
valor de la opción	162	1.655	2.916	10.154	16.635	53.609	85.304	134.745	211.868
status de mercado	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620	152.995	242.263
decisión	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
		384	804	3.317	5.780	19.577	32.218	51.936	82.694
		3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620
		CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
			100	858	1.655	6.181	11.046	18.910	31.177
			2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534
			CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
				157	320	1.404	2.898	5.738	10.630
				1.544	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368
				CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
					47	159	396	982	2.436
					918	1.432	2.234	3.485	5.436
					CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
						83	-	-	-
						616	975	1.544	2.444
						GO	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR
							139	-	-
							389	616	975
							CONTINUAR	ABANDONAR	ABANDONAR
								232	-
								246	389
								CONTINUAR	ABANDONAR
									155
									ABANDONAR
SEMESTRE 0	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4	SEMESTRE 5	SEMESTRE 6	SEMESTRE 7	SEMESTRE 8	
PROBABILIDAD DE ÉXITO	23%	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%	100%
INVERSION	- 40	-	- 120	-	- 10	-	-	-	- 3.000
FASE	PROSPECCIÓN		EXPLORACION II		PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL				PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION
	EXPLORACION I								VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL

Este proyecto minero tiene gran apertura de posibilidades ofrecida por su alta volatilidad. Si se observa, se distinguen situaciones de mercado que van desde apenas USD156 millones hasta estados del mercado sumamente elevados, extremos como el que se observa como máximo de USD242.000 millones.

Sin embargo el valor medio es de tan solo algo más de 6.000 millones, lo que demuestra el alto nivel de volatilidad a que está sujeto este proyecto.

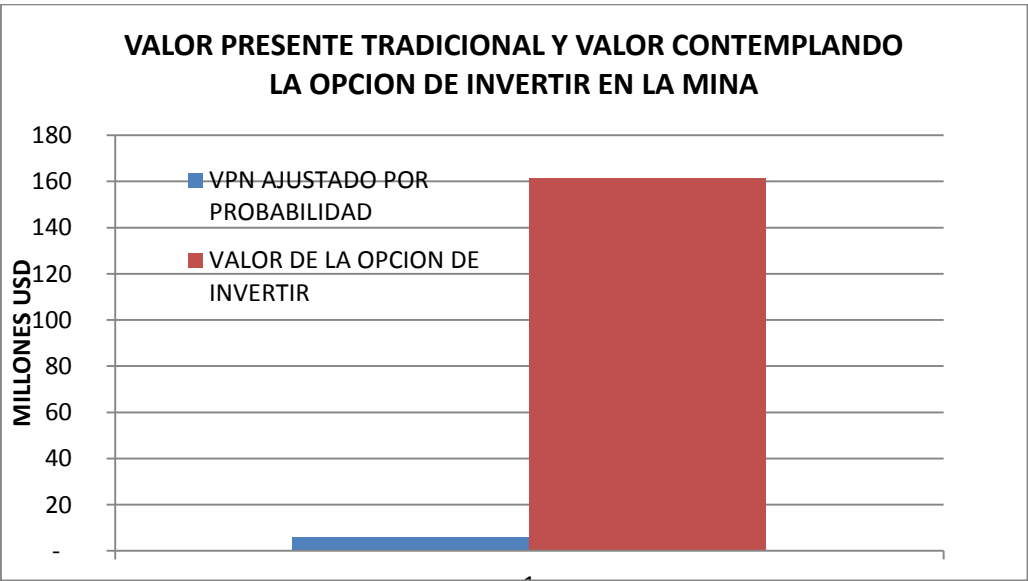
Si se observa el valor de la opción de invertir y se compara con el Valor Actual Neto, sin opciones se determinará el valor de la opcionalidad del proyecto.

VAN ajustado por la probabilidad sin flexibilidad + opciones del proyecto
= Van ampliado

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USD)	6
VALOR DE LA OPCION DE INVERTIR	162
VALOR DE LA OPCIONALIDAD	156

Gráficamente se aprecia claramente la diferencia entre ambas formas de valorar el proyecto que da lugar al valor de la opcionalidad contenida en el proyecto.

Ilustración 59 Comparación entre VPN tradicional y la opción de invertir



Fuente: elaboración propia

4.7. Conclusión del caso

La aplicación de desarrollos binomiales en la aplicación de opciones reales al caso de un proyecto minero como el expuesto, permite ver con mayor claridad el desarrollo de diversos estados de mercado, valores de la opción así como cuál será la decisión a adoptarse a la luz de las probabilidades de ocurrencia de cada fase e inversiones previstas para acometer el proyecto en cada una de ellas. Como contrapartida, una valoración del proyecto mediante la tradicional manera enseñada por el VAN, aunque se ajuste a las probabilidades de éxito de las fases, no refleja con exactitud el valor contenido en cada proyecto así como las opciones contenidas también pudiendo capturar y medir opciones como son las de abandonar el proyecto cuando las condiciones no son las óptimas, ya que da por ciertas todas las inversiones hasta la llegada al mercado desconociendo diversos cursos de acción que puedan afectar la naturaleza del proyecto minero.

Generalmente la información para evaluar las diversas opciones está relativamente accesible, ya sea de forma directa (por ejemplo la tasa libre de riesgo) o bien con algún cálculo de estimación necesario (determinación de los flujos futuros en la etapa comercial, o bien las inversiones en cada etapa). Sin embargo la estimación del valor de las opciones no está exento, de alguna dificultad para la determinación del resto información vital. La clave en este tipo de desarrollos binomiales está en la determinación de las fuentes de incertidumbre y su eventual comportamiento futuro asociado a funciones de probabilidad que permitan modelar los flujos de fondos esperados, simular su comportamiento y así poder determinar, a partir de la distribución de los valores obtenidos medidos de un momento a otro, la volatilidad existente, clave ésta para la determinación del reticulado binomial que dará origen al valor del proyecto y sus opciones.

Existiendo la certeza que el proyecto minero cuenta con las condiciones necesarias para la existencia de opciones valiosas de modo que siguiendo a Kester (1984) las opciones son exclusivas y la competencia es mínima:

- a. La competencia minera en Uruguay es baja.
- b. Las empresas dominantes (como es el caso de Aratirí, la mayor empresa minera de Uruguay y con mayor área de explotación) son capaces de capturar para sí mismas el mayor valor de las opciones.
- c. No hay peligro que otra minera se adelante en la misma explotación ya que está regulada por las Autoridades. Además, existen otros aspectos propios de la empresa que la posicionan como la firma de condiciones óptimas a tales efectos.
- d. Hay posibilidad de retener las opciones hasta su vencimiento.

Otros aspectos refuerzan la existencia de valor más allá de la medición por flujo de fondos descontados.

- a. Existencia de derechos contingentes a lo largo del período de inversión. En el campo del desarrollo real del proyecto, sus directores podrán optar varias veces durante el desarrollo del mismo si continúan o no, otorgándoles derechos contingentes que les evitará desembolsos innecesarios en caso que los negocios no sean promisorios conforme a diversas circunstancias que afecten al activo subyacente.
- b. La valoración de las opciones reales contenidas como respuesta al valor reconocido por el mercado: cuando el mercado reconoce valores que van más allá de los ofrecidos por metodologías tradicionales es necesario acudir a otras formas de medición como las ofrecidas por las opciones reales. Para reforzar esto se puede interrogar respecto al por qué se insiste por parte de la Compañía (empresa internacional de minería con explotaciones en varias partes del planeta desde hace décadas) en las aprobaciones estatales y en seguir adelante con un proyecto cuyo VAN esperado está próximo al umbral de aceptación.

De esta forma y conforme se ha desarrollado, se demuestra que el proyecto minero con sus opcionalidades tiene un valor 25 veces mayor que

evaluándolo tradicionalmente, sin considerar las opciones propias contenidas en el mismo.

4.8.Caso de Estudio 3- MINA DE ORO en Paranaita, Matto Grosso, Brasil. COUGAR BRASIL MINERAÇÃO S.A.

4.8.1. Generalidades

El presente caso trata de una mina de oro en funcionamiento, la Mina propiedad de Cougar Brasil Mineração S.A, en el estado de Matto Grosso de Brasil, la que consta de diversas fases de desarrollo, que conllevan a inversiones secuenciales, y por lo tanto con diferentes valores de dicho proyecto en cada una de ellas.

De los diversos métodos existentes para valorarlas se acudirá a uno de los más recibidos y aceptados tanto por la academia como por las empresas, el Valor Actual Neto Esperado para el proyecto, y por otra parte se evaluará el proyecto considerando la flexibilidad operativa del mismo y las diferentes opciones que dan lugar a otras (opciones compuestas contenidas en el proyecto minero). Para ello se acudirá a la metodología de las opciones reales, específicamente utilizando el método binomial¹⁹⁵.

Metodológicamente, se valorará la inversión secuencial en la mina mediante ambas metodologías para posteriormente extraer conclusiones acerca de cuál de los enfoques se ajusta más a la realidad de dicho emprendimiento y sus características.

Este tipo de proyectos conllevan una serie de inversiones para su puesta en marcha y desarrollo y años más tarde comienzan los flujos positivos de fondos.

La aplicación de la metodología de opciones reales, a diferencia de la de los flujos de fondos descontados, permite medir y hasta ayudar a la visión

¹⁹⁵ A los efectos de la aplicación de las metodologías de valoración se accedió a información parcial de la empresa debiendo complementarse con otra información de otras fuentes previamente verificadas la razonabilidad de su cuantificación.

empresarial de diversas circunstancias de detención temporaria e incluso hasta de abandono evitando mayores desembolsos y evitando mayores pérdidas.

En concreto es lo que sucede en la vida real, ante situaciones adversas, el empresario modifica el curso de sus planes e incluso ejecuta otros contingenciales como ser el abandono, que se acomete para evitar males mayores.

En síntesis, este caso demostrará como una explotación minera como la de COUGAR MINERAÇÃO BRASIL tiene un valor que se traduce en un valor de licencia de explotación pese a tener un Valor Actual de los flujos de fondos bajo, próximo al umbral del rechazo conforme a los tradicionales parámetros de medición de la conveniencia o no de una inversión.

4.8.2. El proyecto minero COUGAR MINERAÇÃO BRASIL.

Este yacimiento de oro abarcará cuatro fases antes que comience la explotación del mineral.

Las fases pueden resumirse en :

- i. Exploración
- ii. Ingeniería de perfil
- iii. Ingeniería conceptual
- iv. Ingeniería básica

ETAPAS DE UN PROYECTO MINERO ¹⁹⁶

Ingeniería de Perfil: Es la etapa de identificación de las oportunidades para el desarrollo de los proyectos. En Codelco (Chile), de acuerdo al Sistema de Inversión de Capital (SIC), esta

¹⁹⁶ Codelco: Proyecto Chuquicamata, www.codelco.com.

etapa la realiza el Cliente, vale decir la División que operará el futuro activo cuando el proyecto esté terminado.

Ingeniería Conceptual (Prefactibilidad): Es la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos. En Codelco, esta etapa la realiza el Gestor – Ejecutor, vale decir la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP).

Ingeniería Básica (Factibilidad): Es la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada. En Codelco, esta etapa la realiza la VCP.

Ejecución de las Inversiones: Es la etapa que completa el diseño detallado del activo que se va a construir y en que se realiza la construcción, montaje y puesta en marcha del mismo, donde se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad. En Codelco, esta etapa la realiza la VCP.

Operación: Es la etapa en que el nuevo activo entra en producción, siendo operado de acuerdo con el diseño del proyecto. En Codelco, esta etapa la realiza el Cliente.

Entre una y otra fase se generan las inter etapas, para los procesos de revisiones y aprobaciones

Cada una de estas fases está condicionada a cierta probabilidad de suceso y a determinada inversión para acometerla, de lo contrario no se emprende la siguiente.

También es característica de ciertas inversiones modulares como la minera, que los desembolsos son progresivos, por lo que, si se decide abandonar en etapas tempranas, se evitarán importantes pérdidas en caso que haya mérito para desistir.

Tabla 20 Fases técnicas y comercial de la Mina, probabilidades e inversiones involucradas.

	2012	2013	2014	2015	2016 y ss	Probabilidad	% Inversión	Inversión
Cant.de Trim.	0	4	8	16		Éxito	Total por Fase	USD
Ing. Perfil						50%	2%	(54.310)
Ing. Conceptual						70%	3%	(81.465)
Ing. Básica						90%	10%	(271.550)
Lanzamiento						100%	85%	(2.308.174)
							100%	(2.715.498)
horizonte de ejecución técnica del proyecto					fase comercial>>>>>			

Fuente: elaboración propia.

Ya hacia fines de 2012 se ha culminado con la fase exploratoria y cabe una interrogante; ¿Cuánto vale la mina? O bien traducido a derechos de explotación; ¿Cuánto vale su licencia?

Habiendo finalizado la fase exploratoria mencionada y a partir del mayor conocimiento del yacimiento ha sido posible extraer algunas conclusiones respecto a información primaria (cantidad de mineral, capacidad de extracción, calidad del mismo, equipamiento necesario, entre otras):

Cantidad del material,

Extracción diaria estimada:30 toneladas de mineral bruto.

Vida útil de la mina: 6 años.

Ley media oro: Normal (0,0015; 0,00015)

La ley media es la parte esperada de oro en el mineral bruto medido en porcentaje contenido de oro. En este caso es una media de 15 grs. por tonelada de mineral bruto.

Recuperación del mineral : Triangular(0,85, 0,87, 0,9)

Considerando determinada cantidad de mineral en una tonelada de material, solo se puede extraer parte de este mineral, o sea la tasa de recuperación del mineral. Así se extrae el concentrado de mineral.

Ley de concentrado: Lognormal (0,30;0,03)

El mineral concentrado no es puro, sino que tiene una determinada cantidad de metal. Esta cantidad nos indica la ley de concentrado¹⁹⁷.

Este tipo de inversiones como las mineras, que son realizadas por etapas relativamente bien diferenciadas entre sí, pueden dar lugar a la evaluación del proyecto por partes, por fase, permitiendo así decidir si se acomete la siguiente fase o no, con la condición siempre presente que el valor del emprendimiento al principio de esa fase supere la inversión necesaria para acceder a la misma.

Sin embargo cabe la pregunta acerca de que es lo que caracteriza la inversión modular a evaluar, como este caso de una mina, que las hace diferente a otras de inversión definida en una sola etapa y comienzo de ejecución inmediato.

Las respuestas se centran en que las decisiones de inversión son fragmentadas conforme a las fases que compongan el emprendimiento, por lo que en cada fase se puede decidir si se sigue adelante con el proyecto o no conforme la regla de decisión¹⁹⁸ señalada que demuestra que la inversión inherente en cada una de ellas no es superior al valor que el proyecto tiene en ese momento.

Cada fase puede ir marcando el camino del proyecto a cambio de pequeñas inversiones en relación a los mayores desembolsos próximos a su puesta en marcha. Generalmente, aunque no en la totalidad de los casos, las primeras fases están asociadas a fases del proyecto que demandan inversiones relativamente pequeñas considerando la globalidad del proyecto, ofreciendo al decisor la posibilidad de renuncia si hay mérito para ello ahorrándose importantes desembolsos futuros. Este es un valor que se puede

¹⁹⁷ La mina cuenta con condiciones mínimas para la fundición de metal ya que sería necesario contar con una concentración mínima de 30% de metal en concentrado para proceder con métodos de separación por fundición . www.gama-peru.org.

¹⁹⁸ Se corresponde a una opción tipo europeo, con vencimiento de ejercicio correspondiente a plazo hasta el lanzamiento, con regla de decisión Valor de la mina de oro= máximo(Valor Actual de la mina en esa fase – Inversión en la fase ; 0)

individualizar y medir mediante procedimientos como los seguidos por las opciones reales.

Este tipo de proyectos como el minero en este caso, están sujetos a una importante incertidumbre que aunque su principal variable de riesgo sea la variabilidad del precio del oro, no es la única fuente de incertidumbre, lo que genera alta volatilidad a los flujos de caja esperados y ofrece mayor probabilidad de existencia de opciones a ejercer por parte del *management* del proyecto.

Expuesta la asimilación de este tipo de proyectos a una suma de opciones europeas, cabe destacar que existe una excepción en la fase de lanzamiento comercial, en la última fase, ya que el tiempo de ejercicio no existe, es inmediato, ya que se invierte y comienza la ejecución de la operativa por lo que se procederá a evaluar esta parte del proyecto mediante la metodología de flujos descontados.

Cabe la pregunta; ¿a qué tasa se descontarán estos flujos futuros comerciales de la mina?

La respuesta se orienta hacia una tasa que contemple además de una tasa libre de riesgo, un riesgo por el negocio en sí, contemplando su riesgo financiero y operativo, por lo que la tasa adecuada es el costo promedio ponderado de los fondos aplicados en esta fase comercial (WACC), fase que incorpora los riesgos de mercado.

Como interrogante siguiente ¿a qué tasa se deben descontar las inversiones restantes hasta llegar a esta tasa comercial?

De manera similar que en otros casos donde se aborda el riesgo privado se deberán descontar a la tasa que refleje el mismo para llevarlas a cabo, un riesgo que no incorpore el riesgo de mercado, cuya tasa representativa es la libre de riesgo.

Valoración del proyecto minero aplicando el Valor Actual Neto esperado.

Como primera aproximación se valorará el proyecto minero aplicando la metodología ampliamente aceptada de flujos de caja descontados para la determinación del Valor Actual Neto Esperado.

El VAN esperado involucra al concepto de la esperanza matemática de ese VAN, que se asocia a probabilidades de ocurrencia del mismo.

La determinación del VAN del proyecto se practica aplicando el descuento de fondos de la forma tradicional a la tasa que refleje el riesgo del proyecto.

Una vez obtenido ese VAN, como su ocurrencia no es cierta, deberá ajustarse a la correspondiente probabilidad condicionada final luego de pasar por cada una de las fases precedentes a la ejecución comercial, asumiendo que cada fase es irrenunciable y se debe desembolsar de cualquier forma.

Entonces; ¿Cuál es la probabilidad de ocurrencia de ese VAN?

Es la probabilidad resultante de pasar con éxito cada fase precedente.

Tabla 21 Probabilidad por fase y probabilidad condicionada

Probabilidad de la fase	50%	70%	90%	100%
Probabilidad condicionada	32%	63%	90%	100%

No es posible para esta forma de evaluación contemplar algún tipo de flexibilidad hasta su ejecución.

Este proyecto de minería tiene su propia evaluación conforme a la fórmula del VAN Esperado.

De esta forma es necesario actualizar los flujos de fondos a una tasa de descuento que incluya el riesgo del proyecto.

¿Cuál es el período de aplicación de esa actualización a una tasa ajustada al riesgo?

Es durante el período comercial del proyecto, o visto de otra forma, durante el período que el proyecto minero está influenciado por el riesgo comercial o de mercado.

Luego de ese período que va desde el lanzamiento comercial al futuro hasta el "momento cero", esa actualización se efectúa a una tasa libre de riesgo (beta cero).

Una vez actualizados los flujos se afectarán por sus probabilidades condicionadas en cada momento.

De esta forma se contará con el Valor Actual Neto Esperado del proyecto

Tabla 22 Valor Actual de los flujos de caja esperados e inversiones necesarias ajustados a las probabilidades de cada fase

USD	2012	2013	2014	2015
Cant.de Trimestres	0	4	8	16
Ing. Perfil	(54.310)			
Ing. Conceptual	(79.057)	(81.465)		
Ing. Básica	(255.736)	(263.524)	(271.550)	
Lanzamiento	(2.047.166)	(2.109.512)	(2.173.756)	(2.308.174)
Total de Inversión	(2.436.270)	(2.454.497)	(2.445.298)	(2.308.158)
Valor Presente Flujos de Caja	2.506.237	2.582.563	2.661.214	2.825.774
VAN	69.967	128.066	215.916	517.616
	Ing. Perfil	Ing. Conceptual	Ing. Básica	Lanzamiento
Probabilidad de la fase	50%	70%	90%	100%
Probabilidad condicionada	32%	63%	90%	100%
VAN ajustado por probabilidad	22.040	80.682	194.324	517.616

Fuente: Elaboración propia

En suma; como resultado de esta evaluación, el VAN Esperado es de poca importancia relativa para un emprendimiento de este tipo, pero si se consideran las opciones contenidas en el proyecto minero, el valor es claramente superior.

4.8.3. Valoración por opciones reales, la búsqueda de un valor más ajustado a la realidad de un proyecto minero con posibilidad de acción de parte del *management*

Desde la perspectiva de las opciones, cada fase puede ser apreciada como una opción que da lugar a la siguiente.

En sí es una opción compuesta.

En cada fase en la que existe una inversión determinada se compara ésta (sería el valor de ejercicio, o *strike* en inglés) con el valor actual del proyecto (asimilándose éste al valor de la opción).

La comparación entre el precio de ejercicio y el valor del proyecto deberá realizarse mediante la aplicación de probabilidades neutrales al riesgo de cada posibilidad que ofrezca el método binomial, de modo que cada valor estará condicionado a la probabilidad neutral al riesgo correspondiente para llegar a la fase.

Esta aplicación ofrecerá al decisor un resultado, un status del proyecto, que en caso de ser negativo no se continúa con el proyecto, asumiendo el nodo el valor nulo.

Slade (2001)¹⁹⁹ valora la flexibilidad en la gestión de las inversiones en la minería del cobre en Canadá. Su estudio se centra en la flexibilidad de las operaciones, haciendo hincapié en el hecho de que los paros técnicos que se observan en la realidad (no contemplados por la mayoría de las evaluaciones) son más comunes que la apertura o el cierre de las operaciones. El autor, a los efectos de sus investigaciones, desarrolla un estudio del comportamiento esperado de los precios mediante el uso del Modelo de Reversión a la Media (MRM) estocástico, en lugar de recurrir al uso del Modelo del Movimiento

¹⁹⁹ SLADE, M. (2001). Valuing managerial flexibility: An application of real-option theory to mining investments. *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 193-233

Geométrico Browniano (GBM), una premisa adoptada también por Bessembinder, Coughenour, Seguin y Smoller (1995)²⁰⁰ y Schwartz (1997)²⁰¹.

Este mismo enfoque de un modelo de reversión a la media (MRM) es utilizado por Bastian-Pinto, Brandão y Hahn (2009)²⁰², en un análisis de la flexibilidad de que disponen en la producción de biocombustibles a partir de la caña de azúcar en Brasil. Las plantas de producción de etanol en este país pueden cambiar fácilmente de la salida de etanol o azúcar de la misma fuente, y utilizar esta flexibilidad según sean las condiciones del mercado. Utilizan un modelo discreto binomial bivariado tanto para los precios estocásticos del azúcar como del etanol. Los resultados muestran que el modelado MRM parece ser más adecuado para tales precios y que GBM modelado tiende a sobrestimar el valor de opción de cambio, cuando los productos básicos de modelado precios

4.9.El precio del oro como principal fuente de incertidumbre de este proyecto. La aplicación del modelo de reversión a la media.

Como se mencionó previamente, el precio del oro, si bien no es la única fuente de incertidumbre de este proyecto minero, es una de las principales, y seguramente se deberán extremar los esfuerzos para establecer a mediano y largo plazo el comportamiento del precio de este mineral.

Damodaran (2013)²⁰³ se pregunta si el oro tiene un valor fundamental o intrínseco. Señala el académico que desde que el metal no tiene flujos de caja a generar no puede estimarse su valor intrínseco. Su valor depende también de la tasa de crecimiento de su precio y de su riesgo.

²⁰⁰ BESSEMBINDER, H., COUGHENOUR, J. F., SEGUIN, P. J., SMOLLER, M. M. (1995). Mean Reversion in Equilibrium Asset Prices: Evidence from Futures Term Structure. [Note]. Journal of Finance, 50(1), 361-375

²⁰¹ SCSHWARTZ, E. S. (1997). Valuing Long Term Commodity Assets. Working Paper #7-97, UCLA. 23.

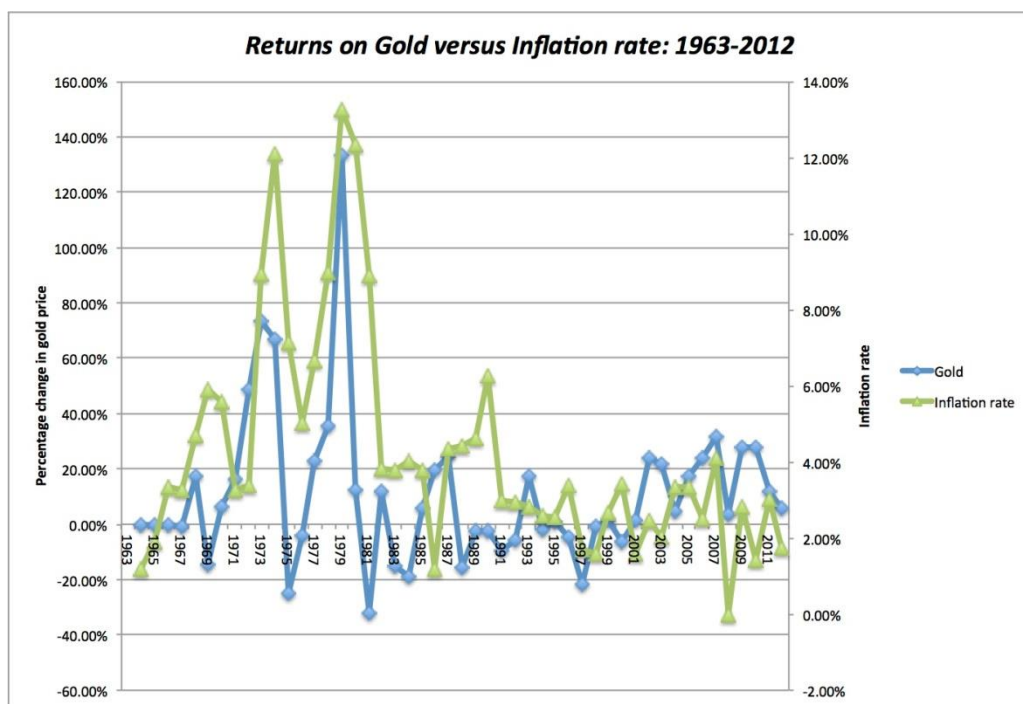
²⁰² BASTIAN-PINTO, C., BRANDAO, L., HAHN, W. J. (2009). Flexibility as a source of value in the production of alternative fuels: The ethanol case. Energy Economics, 31(3), 411-422.

²⁰³ DAMODARAN, Aswath, (2013) "The Golden Rule? Thoughts on gold as an investment, aswathdamodaran.blogspot.com April 20, 2013.

Damodaran plantea que si no tiene un valor intrínseco, ¿qué es lo que produce su valor?

Inflación: Analiza si la evolución del precio del oro responde en términos de refugio contra la inflación.

Al respecto plantea la correlación entre ambas variables en el siguiente gráfico.



Fuente Damodaran A.(2013)

Damodaran analiza ambas variables pero relativizando su correlación, señalando que la primera duda es que el coeficiente de determinación de la regresión es de sólo 20%, lo que sugiere que otros factores distintos de la inflación tienen un efecto significativo en los precios del oro. La segunda duda es que la eliminación de la década de 1970 esencialmente elimina gran parte de la importancia de esta regresión. De hecho, mientras que el gran movimiento de los precios del oro en la década de 1970 se explica por la alta inflación ocurrida inesperadamente durante la década, el aumento de los precios del petróleo entre 2001 y 2012 no puede atribuirse a la inflación. De hecho, echar un vistazo más de cerca a los datos, es evidente que el oro es más una cobertura en contra a los inesperados movimientos extremos de la

inflación y realmente no ofrecen mucha protección contra cambios de inflación más pequeños.

Refugio en períodos de crisis: respecto al precio del metal y fuentes externas, Damodaran concluye)al analizar la variación del precio del oro con el temor a diversas crisis ocurridas en el pasado), que las regresiones efectuadas sobre estas variables sugieren poca o ninguna relación entre los diferenciales de los bonos en situaciones de default y los precios del oro sino, al contrario, una relación positiva, aunque con ruido considerable entre los precios del oro y de las primas de riesgo de renta variable. Por lo tanto, los precios del oro parecen moverse más con el miedo en los mercados de renta variable que con preocupaciones en el mercado de bonos. Cada aumento de 1% en las primas de riesgo de renta variable se traduce en un incremento del 8,91% en los precios del oro.

Tasas reales de interés: Ante tasas de interés reales altas Damodaran sostiene que son negativas para los precios del oro, y viceversa, ante tasas de interés reales bajas o las tasas de interés reales negativas como es el caso hoy en día, existe un empuje los precios del oro hacia valores altos.

El modelo de reversión a la media aplicado al precio de la onza troy de oro explica la tendencia de su precio medio a largo plazo, por lo que si se parte de determinada cotización, habrá un ajuste al alza o a la baja dependiendo de su cotización.

Damodaran concluye su análisis sosteniendo que siente incomodidad al analizar el valor del oro ya que reconoce dos fuentes de incertezas, una es la limitación que ofrece no contar con flujos de caja ciertos y la otra es el carácter más emocional que financiero que los inversores le otorgan al oro. Concluye acerca del alto valor que es sabido que el oro es un seguro al que recurren muchos inversores pero en el presente el precio de este seguro es muy alto.

Entonces y de acuerdo en la dificultad planteada por Damodaran, pero también en la necesidad de estimar el valor del oro para el presente proyecto ¿cuál es el abordaje apropiado para estimar el precio de este bien?.

Considerando las cotizaciones mensuales del oro²⁰⁴ correspondientes al período 2000-2012, se observa una constante apreciación del valor nominal de la onza Troy a lo largo de más de una década, con cierta moderación reciente y comienzo de relativa caída desde los más de USD1.700 por onza de mediados de 2012, hasta unos USD1.600 que dominan el primer trimestre de 2013.

Ilustración 60 Cotización histórica Oro 2000-2012



Fuente: elaboración propia.

Las preguntas que se imponen son entorno al futuro de la cotización; si retomará la presión alcista, o bien se modera para ajustarse a mediano plazo a un determinado valor.

Contrariamente a la modelización geométrica Movimiento Browniano (GBM), con el modelo de Reversión a la Media (MRM) hay una tendencia de la incertidumbre en cuanto los precios vuelven a un valor de equilibrio a largo plazo. La lógica que subyace a este razonamiento, que se aplica también a la mayoría de los precios de los productos básicos, proviene de la microeconomía: cuando los precios están por debajo de su media a largo plazo, la demanda aumentará, mientras que la oferta tiende a caer debido a su baja remuneración y por lo tanto, haciendo que los precios de nuevo.

²⁰⁴ Base: London Metal Exchange. Y <http://www.sonami.cl> Sociedad Nacional Minera de Chile

Lo contrario ocurrirá cuando los precios están muy por encima del nivel de equilibrio a largo plazo. Bastian-Pinto, C., Teixeira Brandao, L., Raphael, R., y de Magalhaes Ozorio, L. (2013)²⁰⁵

La elasticidad de precio de la acción de una mina (por extensión del valor de un proyecto o empresa minera) con el precio del cobre que se obtienen al efectuar simulaciones, se ajustan fuertemente a los observados en datos reales, y esta similitud se mantiene cuando se asume que las expectativas futuras de precios de cobre se generan con un proceso de Reversión a la Media con parámetros obtenidos a partir de datos históricos. (Sánchez, 2011)²⁰⁶

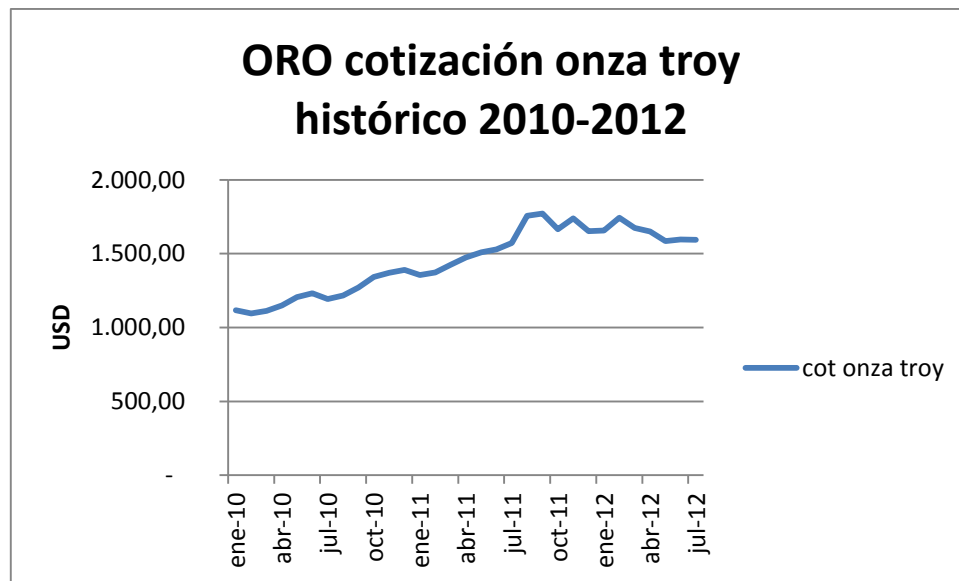
La aplicación de reversión a la media a la larga serie considerada permite estimar un posible comportamiento de ajuste a un valor futuro promedio con cierta velocidad de ajuste a ese valor.

En el siguiente gráfico se aprecia la moderación en la cotización observada hacia mediados de 2012 que se perpetúa hacia 2013.

²⁰⁵ BASTIAN-PINTO, Carlos, Teixeira BRANDAO, Luiz, RAPHAEL, Rafael, de MAGALHAES Ozorio, Luiz, (2013) Financial Valuation of operational Flexibilities in the Aluminium Industry Using Real Option Theory Annual International Real Options Conference, Tokio

²⁰⁶ SÁNCHEZ BRAVO, Cristian Marcelo (2011) Tesis Magister Acciones de empresas mineras en el ciclo de precios de commodities . Universidad de Chile

Ilustración 61 Cotización Oro 2010-2012



Fuente: elaboración propia

Ilustración 62 cotización oro histórica 2000-2012 y proyección 2012-2020

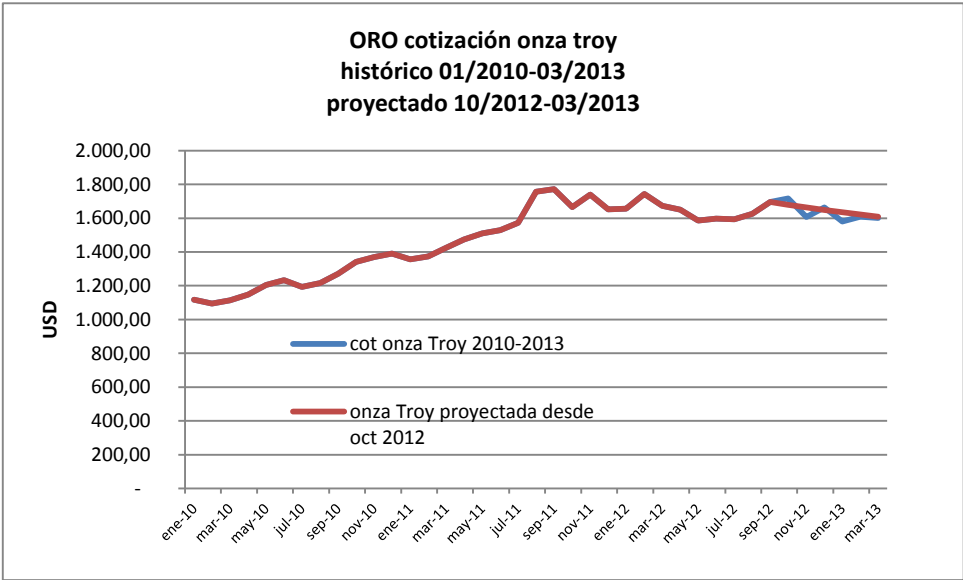


Fuente: elaboración propia

Otra interrogante que surge es acerca del grado de ajuste que tiene este método con la realidad de mercado del oro.

A los efectos de la constatación de la aplicación del mismo a este caso, se observó la cotización ocurrida en el último trimestre de 2012 y primero de 2013, observándose que en esos meses el grado de ajuste es bueno.

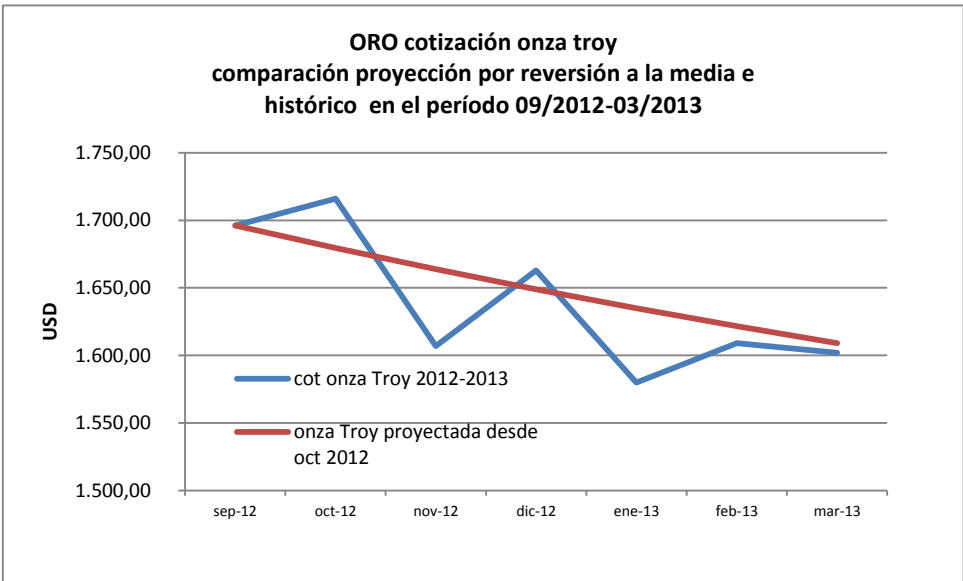
Ilustración 63 grado de ajuste de proyección del precio de oro.



Fuente: elaboración propia

Observando en mayor grado de detalle el período de comparación entre lo proyectado y lo ocurrido se observa un razonable grado de predicción.

Ilustración 64 Ajuste de proyección por reversión a la media y últimas cotizaciones históricas



Fuente: elaboración propia

Tabla 23 comparación de la estimación por reversión a la media efectuada en base a serie 2000-2012 a cotizaciones más recientes en el tiempo.

ORO : USD/ONZA TROY			
mes	estimado	real	variación
sep-12	1.696,00	1.696,00	
oct-12	1.679,44	1.716,00	2,2%
nov-12	1.663,78	1.607,00	-3,4%
dic-12	1.648,96	1.663,00	0,9%
ene-13	1.634,95	1.580,00	-3,4%
feb-13	1.621,70	1.609,00	-0,8%
mar-13	1.609,17	1.602,00	-0,4%

Fuente: elaboración propia

En suma, se observa cierta caída en la cotización promedio tendiendo hacia la media determinada para el largo plazo. El método demuestra razonable confiabilidad a los efectos de la aplicación para la predicción del precio de oro para las proyecciones del proyecto del caso.

4.9.1. Estimación de la Volatilidad del proyecto

Un paso necesario a dar para la aplicación del método binomial para la valoración de la mina es la determinación de la volatilidad del proyecto en su conjunto.

Una forma eficiente de proceder es la aplicación de la metodología expuesta por Copeland y Antikarov (2001) MAD, y la aplicación expuesta por Lamothe y Méndez (2007).

Conforme ya se expuso este proyecto comenzará a generar flujos de fondos a partir de su entrada en el mercado, o sea desde su fase productiva.

Previamente a ella existirán fases de inversión donde el predominio del riesgo es privado.

El oro como se señaló previamente no es la única fuente de volatilidad del proyecto pero es una de las principales.

4.9.2. La volatilidad del oro como fuente principal de incertidumbre.

La volatilidad histórica del oro se ha calculado por separado, y la simulación de su comportamiento futuro en función de la reversión a la media aplicada será una de las variables a considerar al calcular la volatilidad total del proyecto.

Tabla 24 volatilidad histórica del oro

Fecha		USD/oz		log (pcio)	log(pi/pi-1)	log(pi/pi-1)-media	(log(pi/pi-1)-media)^2	
nov-10	1	1.370		7,218				
dic-10	2	1.391		7,233	0,015	0,007	0,000	
ene-11	3	1.356		7,208	- 0,025	- 0,032	0,001	
feb-11	4	1.373		7,220	0,012	0,004	0,000	
mar-11	5	1.424		7,257	0,037	0,029	0,001	
abr-11	6	1.474		7,291	0,034	0,027	0,001	
may-11	7	1.510		7,316	0,025	0,017	0,000	
jun-11	8	1.529		7,328	0,012	0,004	0,000	
jul-11	9	1.573		7,356	0,028	0,021	0,000	
ago-11	10	1.756		7,466	0,110	0,102	0,011	
sep-11	11	1.772		7,475	0,009	0,002	0,000	
oct-11	12	1.665		7,413	- 0,062	- 0,070	0,005	
nov-11	13	1.739		7,456	0,043	0,036	0,001	
dic-11	14	1.652		7,405	- 0,051	- 0,059	0,003	
ene-12	15	1.656		7,408	0,002	0,005	0,000	
feb-12	16	1.743		7,458	0,051	0,043	0,002	
mar-12	17	1.674		7,418	- 0,040	- 0,048	0,002	
abr-12	18	1.650		7,404	- 0,014	- 0,022	0,000	
may-12	19	1.586		7,364	- 0,040	- 0,047	0,002	
jun-12	20	1.597		7,371	0,007	0,001	0,000	
jul-12	21	1.594		7,369	- 0,002	- 0,009	0,000	
				media	0,008	suma	0,031	
				error típico		0,061935701		
				varianza			0,0015	
				desv mensual			3,91%	
				desv anual			13,54%	

La volatilidad global de este proyecto tiene la particularidad que, al observarse la variabilidad de los flujos de caja por fases, en la que al simular los casos aleatorios para la determinación del histograma de los rendimientos esperados, las primeras fases donde no existen ingresos de caja, la volatilidad no cambia. Esto se da porque no existirán cambios en los rendimientos, algo

diametralmente opuesto a lo que sucede en la fase de ejecución comercial del proyecto.

4.9.3. Volatilidad de la Mina una vez modelado el proyecto

Una vez determinada la potencial variabilidad de los principales *inputs* de los flujos de caja, se seguirá la metodología expuesta por Copeland y Antikarov (2001) MAD, y la aplicación expuesta por Lamothe y Méndez (2007) de modo poder determinar la volatilidad para cada año del horizonte de planeamiento del proyecto (fases de desarrollo técnicas más la fase comercial explícita).

Dicha volatilidad no varía durante la fase técnica dado que las variables sujetas a variación estadística tienen directa incidencia sobre la fase comercial.

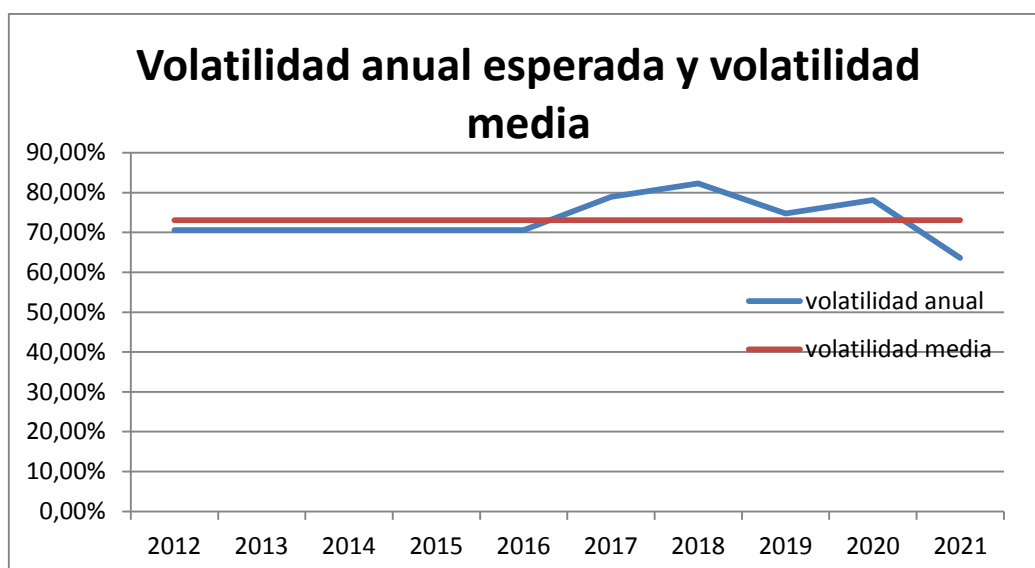
De esta forma para cada año se determinará una salida simulada del tipo que se muestra en el gráfico que sigue (ver en anexos la totalidad de inputs y salidas del modelo):

Tabla 25 Aplicación de MAD (Copeland y Antikarov), Volatilidad anual resultante y volatilidad promedio

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
z	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%
sigma	70,59%	70,59%	70,59%	70,59%	70,59%	78,96%	82,34%	74,75%	78,11%	63,58%
sigma media	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%

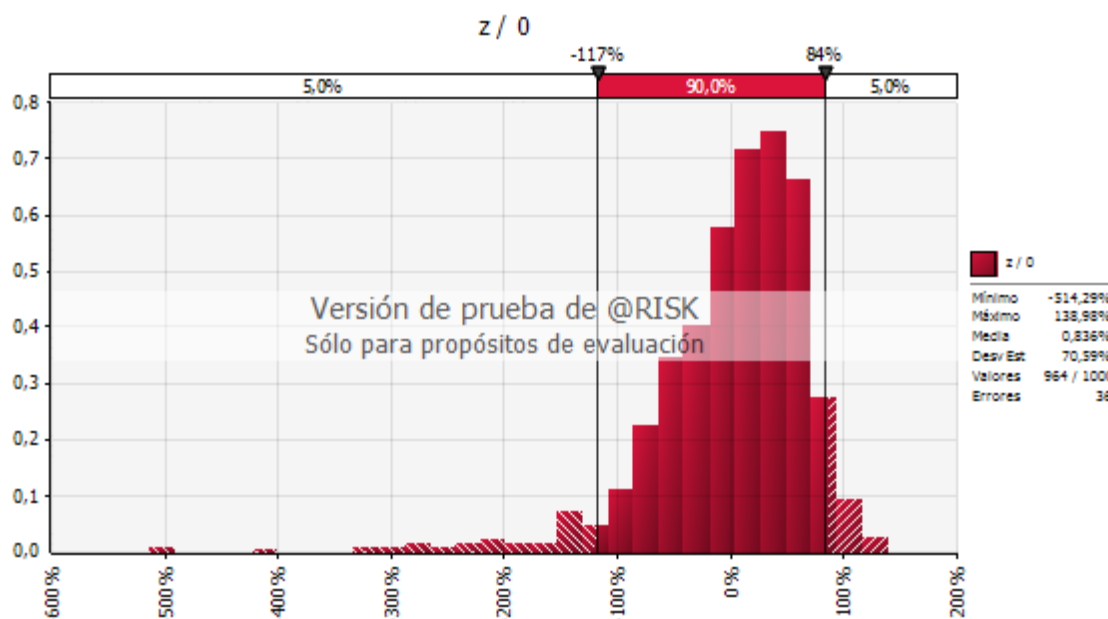
Fuente: elaboración propia

Ilustración 65 Gráfico de la volatilidad anual y la promedio de la mina de oro



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 66 Histograma para el año 2012 de los retornos esperados luego de 1000 simulaciones probabilísticas.



4.9.4. Proyección del valor del oro como input básico del modelo

Una de las variables principales del modelo es el valor futuro del oro y recurriendo nuevamente a la reversión a la media, previa determinación de

existencia o no de saltos en la cotización relevantes; se pudo determinar la siguiente proyección.

Tabla 26 cotizaciones y rendimientos del oro promedio, desvíos, máximas y mínimos

MEDIA, DESVIACIONES, PRECIOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS

Precio Medio 1.575 USD/Oz
Desv Típica 135,6 (mensual)
Precio Mínimo 1.356
Precio Máximo 1.772

Rend.medio 0,008 (mensual)
desv típica 3,91% (mensual)
Rend. Máx 0,110 (mensual)
Rend Mín - 0,062 (mensual)

ANÁLISIS DE LOS SALTOS DE RENDIMIENTOS Y SU RELEVANCIA

Rendim Medio 0,008
desviación std 3,91%
3 desv std 11,7%
media + 3 desv 0,125 criterio de relevancia del salto
rendimientos por encima 0 No relevancia
rendimientos por debajo 0 No relevancia

Conforme se ha visto, si bien existen saltos en la cotización, no superan ni las subidas ni las bajadas el criterio de tres desvíos para ser considerados. De no ser así existen formas de tratar a dichos saltos e incluirlos en el modelo de reversión a la media conforme detallan Lamothe y Méndez (2013).

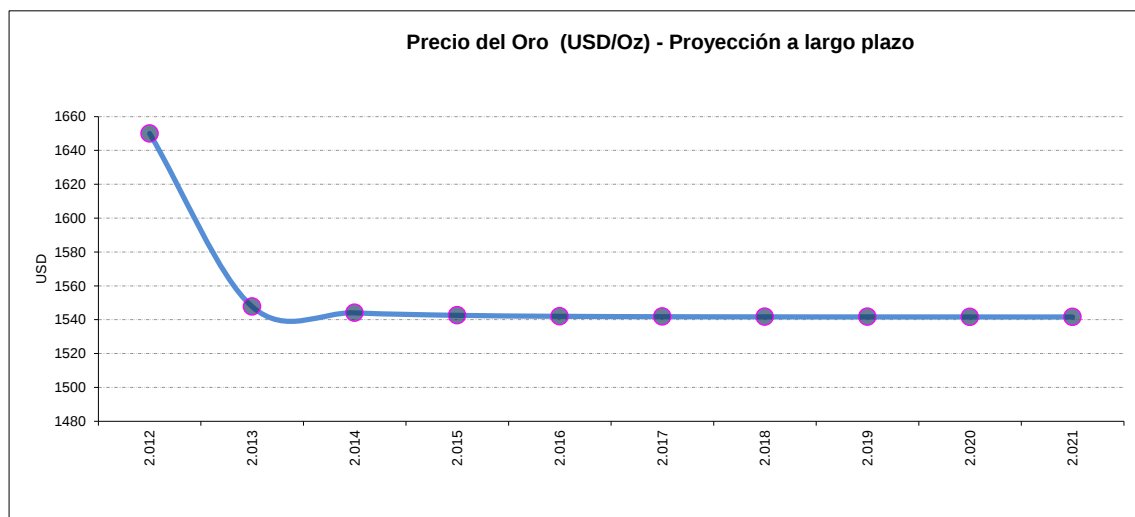
Tabla 27 Proyección de precio de oro por reversión a la media

Parámetros		
Variable	Oro	
Precio inicial	1650	USD/oz
Variación de tiempo, Δt	1	años
Horizonte Temporal, T	10	años
Precio Medio a Largo Plazo	1557	USD/oz
Ln(Precio medio), x	7,35	
Velocidad de Reversión Anual, η	0,46	
Veloc. Revers. x Variac. Tiempo	0,46	
Half Life (tiempo para alcanzar la mitad del camino a la media)	1,50	años
Volatilidad Anual	13,54%	
Frecuencia (λ_u) jump up	0,00%	
Frecuencia (λ_d) jump down	0,00%	
Tamaño medio jump up	0,00%	
Tamaño medio jump down	0,00%	
Var(ϕ)	0,01	

		dz					
Año	# años	ε_{Au}	$x(t)_{Au}$	Jump U Au?	Jump D Au?	Jump Size Au	P au
2.012	0	0,00	7,35	no	no	0,00	1650,00
2.013	1	0,00	7,35	no	no	0,00	1547,71
2.014	2	0,00	7,35	no	no	0,00	1544,04
2.015	3	0,00	7,35	no	no	0,00	1542,59
2.016	4	0,00	7,35	no	no	0,00	1542,01
2.017	5	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,78
2.018	6	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,69
2.019	7	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,66
2.020	8	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,64
2.021	9	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,64
2.022	10	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.023	11	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.024	12	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.025	13	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.026	14	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.027	15	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.028	16	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.029	17	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.030	18	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.031	19	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.032	20	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63

Fuente: elaboración propia

Ilustración 67 Proyección precio del oro a largo plazo



Fuente: elaboración propia

4.9.5. Valoración del proyecto y sus opciones contenidas

Una vez determinados los parámetros necesarios para la realización del desarrollo binomial, y a partir del valor del activo subyacente en el momento cero resultante luego de su actualización fase a fase a la tasa libre de riesgo, y aplicando las probabilidades neutrales al riesgo y la correspondiente regla de decisión o de optimización, se llega al valor de la opción de invertir en la primera fase de desarrollo de la mina.

Nota: Ver en ANEXOS cuadros desarrollos binomiales

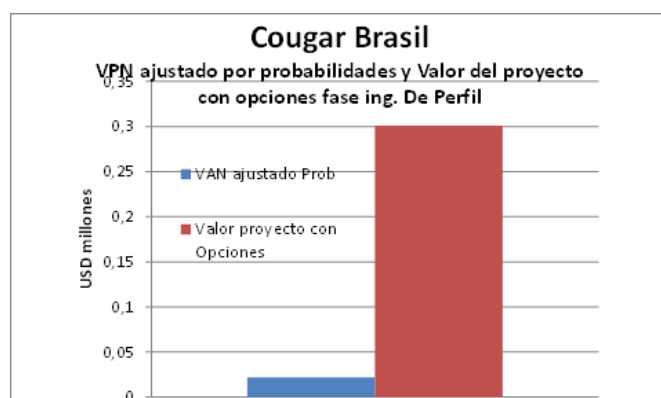
Si se compara el valor esperado hallado (VAN Esperado) con el valor de la opción se observa una diferencia importante entre ambas mediciones. Esto se debe básicamente que la valoración por opciones reales considera el valor de la flexibilidad.

Tabla 28 Comparativo de Valores considerando las opciones contenidas y el VAN Esperado de la Mina

FASE	comparación Valor Mina						
	VAN Opción	VAN Esperado	Opción	c/opcs. Vs.VANE (%)	VA Opción	Val Neto * Prob	Prob. Cond.
Ing. Perfil	301.894	22.040	279.854	1370%	301.894	22.040	32%
Ing. Conceptual	607.808	80.682	527.126	753%	589.844	80.682	63%
Ing. Básica	765.905	194.324	571.581	394%	721.303	194.324	90%

Fuente: elaboración propia

Ilustración 68 Comparativo entre VPN ajustado por probabilidades y el Valor del proyecto con opcionalidades a nivel de Ingeniería de Perfil.



Fuente: elaboración propia

4.9.6. Conclusiones generales

Como conclusión final se puede destacar que la inclusión de la flexibilidad de acción que tienen los gestores del proyecto genera un valor adicional al proyecto en comparación a la tradicional valoración por VAN.

Este tipo de proyectos secuenciales como el citado en este caso de explotación minera en Brasil, tienen involucradas inversiones graduales por fases, que frecuentemente son pequeñas en relación al total a desembolsar, ya que antes del lanzamiento de la explotación comercial, hay inversiones importantes en activos específicos (planta, equipos etc.) y aun antes de estas inversiones hay fases intermedias con inversiones menores. Por esa razón, cuando no existe mérito para continuar con el emprendimiento, las opciones de abandono tempranas, evitarán desembolsos muy importantes futuros minimizando las pérdidas del proyecto.

De manera contraria, el método del VAN supone estos desembolsos como irreversibles desde el inicio, por lo que en estos casos que hayan opciones implícitas como la de abandono, el método del VAN infravalora los proyectos con estas características.

Quizás como reflexión final y poniéndose en lugar del emprendedor, del propietario de la mina, cabe la pregunta acerca de cuál de los métodos devuelve el valor más próximo a su valor real.

El emprendedor, el gerente o gestor en su caso, tiene la convicción más allá de cualquier método de valoración aplicado, que maximizará sus beneficios tomando todas aquellas decisiones posibles para evitar las pérdidas y aumentar las ganancias, maximizará el valor de su participación en el emprendimiento, lo hará tratando de generar siempre valor para el accionista, valor para sí mismo en caso de tener participación en el paquete accionario o bien ser el propietario de la firma, destacando que la idea de la responsabilidad

primaria de la dirección de las empresas es el aumento del valor para el accionista tal como lo destacaba Alfred Rappaport (1998)²⁰⁷.

Jeffrey A. Timmons (1993)²⁰⁸ afirma que tanto el empresario como los gestores que tienen a cargo el gerenciamiento del proyecto o empresa, tienen ambos en común como característica inherente a su rol altas habilidades gerenciales en el sentido de cómo efectuar los negocios (aunque no necesariamente tienen la misma capacidad de creatividad e innovación) y ello les ofrece oportunidades para operar sobre las empresas o proyectos frente a cada evento que deban transitar.

Por dicha razón, con frecuencia, pese al resultado de algunas valoraciones no muy prometedoras por métodos ampliamente aceptados como el VAN, siguen adelante obedeciendo cierta voz interna que los anima a seguir. Esa voz interna es la convicción que se puede operar sobre el proyecto a la luz de los acontecimientos pese al resultado de algunas mediciones.

²⁰⁷ RAPPAPORT, Alfred (2005) Creating shareholder value: a guide for managers and investors 2nd. Edition, The Ferr Press, Simon&Schuster Inc., Nueva York.

²⁰⁸ TIMMONS Jeffrey A. (1993) The Entrepreneurial Mind, Brick House Publishing Company, Acton, Massachusetts.

5. Caso de estudio 4- Inversión en infraestructura portuaria LOBRAUS PUERTO LIBRE S.A. URUGUAY.

5.1.CASO LOBRAUS PUERTO LIBRE S.A., URUGUAY.

Validez de análisis por opciones reales ante situaciones de alta incertidumbre y posibilidades de alterar el curso de un proyecto ofrecen posibilidades de financiamiento privado cuando existen bancos que rechazan financiar un proyecto con VAN negativo.

5.2.Situación de LOBRAUS actual en síntesis (año 2013).

A principios de 2010 LOBRAUS PUERTO LIBRE S.A. estaba encaminando un viejo proyecto empresarial, la construcción de una torre de oficinas y grandes depósitos en el Puerto de Montevideo, Uruguay.

LOBRAUS en la década de los 90 se afianzó en Uruguay como operador logístico, ofreciendo servicios diversos a las cargas marítimas que ingresan y salen de Uruguay por este puerto así como mercaderías en tránsito para la región y el Mercosur en general, más otras cargas hacia el resto del mundo.

Dadas las condiciones locales y regionales de alto crecimiento sostenido del PIB por varios años, el movimiento de cargas ha crecido sistemáticamente y la tendencia es de crecimiento al menos por los próximos 10 años, según analistas.

LOBRAUS en la actualidad tiene una participación de mercado del orden de poco más del 1% del total de cargas que se movilizan en el Puerto Metropolitano de Montevideo.

Esta porción de mercado difícilmente pueda incrementarse en las condiciones actuales dada la limitada capacidad operativa de la firma. Las principales restricciones están relacionadas a la dimensión de los depósitos.

5.3.El Proyecto TORRE LOBRAUS

El proyecto de desarrollo empresarial que la empresa se presta a ejecutar es llamado Proyecto TORRE LOBRAUS, que consta de una torre de 22 pisos de últimas tecnologías de construcción, automatismos, así como optimización de uso de energías, más depósitos que ofrecerán más de 40.000 m³ de capacidad de almacenamiento en compartimientos “*rackets*” automatizados, con sistemas informáticos para la adecuada administración de cargas.

La totalidad de esta inversión asciende a USD55.000.000.

5.4.Un proyecto en terrenos públicos portuarios

La característica más destacable de este proyecto empresarial es que será en terrenos públicos y aun siendo una empresa muy rentable, contará con valor residual nulo al cabo del período de concesión por lo que al fin de éste, toda inversión en inmuebles o activos específicos no recuperables se torna en un coste más para la firma, algo negativo para cualquier evaluación de proyectos.

Se trata de un proyecto en etapas.

Para obtener la anhelada capacidad de respuesta al mercado creciente primero LOBRAUS deberá obtener la autorización de construcción y operación mediante un contrato de concesión con la Administración Nacional de Puertos de Uruguay.

Para acceder a esa concesión, hay pasos previos que deben ser cumplidos

Existe una licitación a ganar por LOBRAUS, que da lugar a ese contrato. Pero antes LOBRAUS deberá plantear el proyecto en todos sus términos; análisis de mercado, económicos, financieros y técnicos más el proyecto

arquitectónico para su aprobación previa por la Administración Nacional de Puertos como iniciativa privada.

En suma, las fases que LOBRAUS deberá pasar una a una hasta la explotación son las siguientes:

Fase 1 – Elaboración del proyecto técnico, estudios de mercado económicos, financieros y legales para la elaboración de un Plan de Negocios a efectos de su presentación a las autoridades portuarias.

Fase 2- Casi concomitantemente con la Fase 1 deberá realizarse y presentarse el proyecto arquitectónico (Memoria constructiva y Proyecto arquitectónico) para su aprobación por parte de las autoridades.

Fase 3 – Presentación ante la Administración Nacional de Puertos de la Iniciativa Privada en el marco de las leyes que la regulan, y de ser concedida, se obtendrá entre otros beneficios ventajas a la hora de efectuarse un llamado a licitación, tal cual lo exige la Ley de Contabilidad y Administración Financiera que regula este tipo de acuerdos.

Fase 4 .- Llamado a Licitación Pública

Fase 5 – Una vez ganada la licitación, se comenzará a construir la torre y depósitos por 18 meses aproximadamente.

Fase 6- Próximo a fin de obra y listos para el lanzamiento comercial, está previsto un importante plan de comercialización que abarcará no solo acciones en la región sino en diversos puertos de interés mundial de USA, UE y Asia donde LOBRAUS ya opera, pero con las limitaciones logísticas mencionadas.

Cada fase tiene sus propias inversiones y probabilidades de éxito asociadas a la misma.

Luego de culminadas las fases y ya operando, la firma promete importantes flujos de fondos por el período de la concesión que han sido estimados en USD150.000.000.(ver anexo).

Tabla 29 Lobraus: etapas de las inversiones, probabilidades y desembolsos correspondientes

INFORMACIÓN GENERAL

USD EN MILLONES

INGRESOS NETOS ESTIMADOS PARA LA FASE COME	150,00
TOTAL INVERSIONES PROYECTADAS EN EL HORIZON	55,50

	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
	FASES I Y II		FASE III	FASE IV		FASE V		
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
INVERSIONES	-0,4	-0,05		-0,05	-55			
CASH FLOWS								150.00

FASES DEL PROYECTO

INVESTIGACION DE MERCADO Y ANALISIS DE POSIBILIDADES COMERCIALES, ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

FASE I	INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.
MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	0,2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	80%
FASE II	PROYECTO ARQUITECTÓNICO TORRE Y DEPÓSITOS PORTUARIOS
MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	0,2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	90%
FASE III	APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP
MOMENTO	SEM 2
COSTO (USD MILLONES)	0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	80%
FASE IV	LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS
MOMENTO	SEM 4
COSTO (USD MILLONES)	0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 4
PROBABILIDAD DE ÉXITO	30%
FASE V	CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS
MOMENTO	SEM 5
COSTO (USD MILLONES)	55 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 5
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%
FASE VI	LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA
MOMENTO	SEM 8
COSTO (USD MILLONES)	5 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 8
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%
FASE DE COMERCIALI: VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	
MOMENTO	SEM 8
VALOR ESPERADO (USD MILL)	150,00 VALOR PRESENTE A LA TASA WACC POR 8 SEMESTRES
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

Tabla 30 Lobraus: Probabilidad condicionada.

La probabilidad acumulada reduce las probabilidades finales de éxito.

		Val. Presente m "C	p(éxito)	Probabilidad acumulada
FASE I y II	INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.	-0,4	72%	72,0%
FASE III	APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP	-0,05	80%	57,6%
FASE IV	LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS	-0,05	30%	17,3%
FASE V	CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS	-55	100%	17,3%
FASE VI	LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA	-5	100%	17,3%
	VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	150	100%	17,3%

Algunas de las fases condicionadas a tasas de éxito pueden no cumplirse por diversas causas; entonces, de ser así, en los hechos; ¿cómo afectaría el valor del proyecto?

En este sentido, ampliando este eventual desarrollo del proyecto una pregunta que se impone ante los proponentes del mismo es que sucederá si no conceden la aprobación de la iniciativa privada²⁰⁹, o bien, si se pierde la licitación pública, fases de relativa dificultad dada la complejidad de la propuesta, la poca experiencia de la Administración de Puertos en este tipo de propuestas innovadoras, y la cantidad de interesados que hay en operar en un puerto que crece año a año y con muestras de no detenerse durante varios años más.

Necesariamente, si éste fuera el caso, la Firma desistirá de la inversión a efectuarse perdiendo las inversiones ocurridas en las fases anteriores dependiendo su monto de cuál sea la fase fallida.

Sin embargo, de aprobarse y de llevarse adelante la inversión principal el proyecto se convertirá en un emprendimiento rentable para sus promotores conforme se ha analizado.

De inmediato, una vez más surge la pregunta acerca de cuál es el método más idóneo para evaluar este tipo de inversiones que contiene un alto grado de incertidumbre hasta su realización efectiva.

El tradicional abordaje por el método del Valor Actual Neto, metodología ampliamente aceptada en Uruguay por inversores, analistas, y en particular por el sector bancario necesario para el financiamiento de las obras, se basa en la metodología de Descuento de Flujo de Fondos y, conforme se ha expresado anteriormente, no considera la flexibilidad que pueda aplicarse durante la gestión del mismo.

Quizás aquí se presenta el primer problema al querer demostrar las bondades del proyecto TORRE LOBRAUS.

²⁰⁹ En Uruguay las empresas que deseen proponer su iniciativa de inversiones públicas con un fundamento claro de beneficio general para el país, en caso de ser aprobado por el Estado, procede luego un llamado a licitación pública abierta a todo oferente que desee presentar su propuesta. En esa licitación quien propone la iniciativa tiene diversos beneficios frente a otros concurrentes.

5.5.El financiamiento de un proyecto con VAN negativo, un problema a resolver.

Si este proyecto se valora mediante el VAN Esperado, al ajustarse al riesgo de las fases no devuelve un VAN positivo por lo que no se presenta como financiable para la mayoría de los entes financiadores. Es más, la presentación de un proyecto de este tipo a cualquier banco local, implica el inmediato rechazo por parte de sus analistas y difícilmente un Directorio de una Institución financiera procederá a financiar un proyecto con informe técnico negativo..

Tabla 31 Lobraus VAN y probabilidad acumulada.

	PV momento 0 (USD'000)	probabilidad	prob. Acumulada
INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.	- 0,40	72%	72%
APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP	- 0,05	80%	58%
LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS	- 0,05	30%	17,3%
CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS	- 55	100%	17,3%
LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA	- 5	100%	17,3%
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	150	100%	17,3%

	PV momento 0 (USD'000)	probabilidad	PV ajustado
INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.	- 0,40	100%	- 0,40
APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP	- 0,05	100%	- 0,05
LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS	- 0,05	100%	- 0,05
CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS	- 55	100,0%	- 55
LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA	- 5	17,3%	- 0,86
Coste total del proyecto			- 56
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	150	17,3%	25,9

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USD) - 30,44

Fuente: elaboración propia

Mascareñas, Lamothe, López y de Luna (2004), señalan que el uso de los métodos basados en *DCF* infravaloran los proyectos que tienen flexibilidad operativa ya que suponen que los flujos de caja futuros son ciertos y conocidos desde el principio, desconociendo posibles alteraciones en la situación de mercado que pueden provocar la aceptación o rechazo de un proyecto a la luz

de esta realidad cambiando su estatus inicial de aceptable a rechazado y viceversa.

Este tipo de situaciones justamente se observa en esta evaluación de proyecto portuario.

Lamothe y Méndez (2006)²¹⁰ mencionan que, si se pone en contraste el método DCF con las características de un proyecto modular, con diferentes tipos de riesgos asociados, la forma más adecuada de valorar este tipo de proyectos es mediante la metodología de valoración de Opciones Reales, ya que se observa en ellos los siguientes elementos que no son debidamente recogidos por la metodología de Flujo de Fondos Descontados:

- El proyecto es concebido como una inversión secuencial donde se puede decidir invertir o no.
- Existe la posibilidad de abandonar el proyecto antes de su lanzamiento final.
- Existen riesgos privados “que solo se pueden desvelar a través de la inversión en el proyecto”.
- Existen riesgos de mercado que hacen variar el valor del proyecto a lo largo de toda su vida útil.

A los efectos de otra forma de valoración y considerando además la posibilidad de alteración en el valor del proyecto LOBRAUS al contar con más información en el futuro, en situaciones de elevada incertidumbre y de posibilidades de aplicar cambios por parte de la gerencia, se presentan las condiciones idóneas para la aplicación de opciones reales, conforme entre otros autores afirman Copeland, Koller y Murrin (2000).

El proyecto TORRE LOBRAUS conjuga ambas características, que lo hacen idóneo para la aplicación de opciones reales, a diferencia de otros casos

²¹⁰ LAMOTHE Prosper y MÉNDEZ Mariano (2006) Valoración a través de una opción real compuesta de un parque eólico con riesgos de mercado y privados

que no tienen estas características (alto grado de flexibilidad y alto grado de incertidumbre) y podrían evaluarse por otros métodos, ya que en ellos no hay mucho valor añadido por la gestión a medir.

5.6.El Proyecto TORRE LOBRAUS visto como una inversión secuencial con opciones de proseguir o abandonar en cada etapa

Este Proyecto puede ser visto como una opción compuesta en sí misma, ya que permite la realización de la inversión por etapas claramente diferenciadas entre sí.

Cada etapa da lugar a inversiones secuenciales una tras otras con sus probabilidades de ocurrencia claramente individualizadas.

En caso que no se supere una etapa, ya sea por conveniencia o por no acceder a la licitación o a la aprobación del proyecto por parte de las autoridades, puede abandonarse el proyecto en cualquier momento evitándose la consideración de innecesarios desembolsos posteriores.

Se procederá en consecuencia a valorar al Proyecto por método de opciones reales.

Aplicando el método binomial los parámetros se determinarán a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{Ascensos: } u = e^{(\sigma \Delta t)}$$

$$\text{descensos : } d = \frac{1}{u}$$

Estos ascensos y descensos tienen probabilidad de ocurrencia que se define de la siguiente forma:

$$\text{Probabilidad de ascenso} \quad P = \frac{(1 + r) - d}{u - d}$$

$$\text{Probabilidad de descenso} \quad q = 1 - p$$

A diferencia de otros métodos como Black y Scholes, una ventaja que tiene el método binomial es la de brindar al analista la posibilidad de observar todo el proceso de difusión del subyacente del proyecto basada en la información de mercado, lo que genera una visión objetiva del valor (Lamothe y Méndez, 2006)²¹¹.

La información necesaria para la valoración por el método binomial es la siguiente:

- El valor actual de los flujos de caja esperados del proyecto (PV).

Esta información se logró obtener a partir de la realización de los flujos de fondos para el período de concesión de 30 años para el Proyecto TORRE LOBRAUS en Uruguay.

- La volatilidad esperada del rendimiento del proyecto (σ).

Una vez más, como sucede en empresas no cotizadas, este parámetro no está disponible y es clave para la valoración. En consecuencia, así como en otros casos no cotizados, se determinará aplicando la metodología desarrollada por Copeland y Antikarov (2001) llamada *Marketed Asset Disclaimer (MAD assumption)*.

²¹¹ LAMOTHE Prosper, MÉNDEZ Mariano (2006). Valoración a través de una opción real compuesta de un parque eólico con riesgos privados y de mercado, Documento de trabajo, Doctorado en Finanzas de empresas Universidad Complutense y Universidad Autónoma de Madrid, ISSN1698-8183, documento de trabajo 0603, Madrid.

- El tipo de interés libre de riesgo (r_f).

Esta información proviene de los mercados y es un dato cierto.

- Coste de la inversión para el lanzamiento del proyecto (I).

Proviene de estimaciones y presupuestos de la Firma.

- Probabilidades estimadas de éxito en cada fase de decisión (s).

Son probabilidades estimadas basadas en antecedentes y en la experiencia de los principales gestores y técnicos del proyecto LOBRAUS.

- Coste de las inversiones intermedias (C).

Estos costes de inversión son los presupuestados y estimados para el proyecto según su calendario de inversiones para diversas fases.

A los efectos de la aplicación de la metodología binomial se cuenta con todos los *inputs* necesarios.

5.7.El problema de la obtención de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la determinación de su valor.

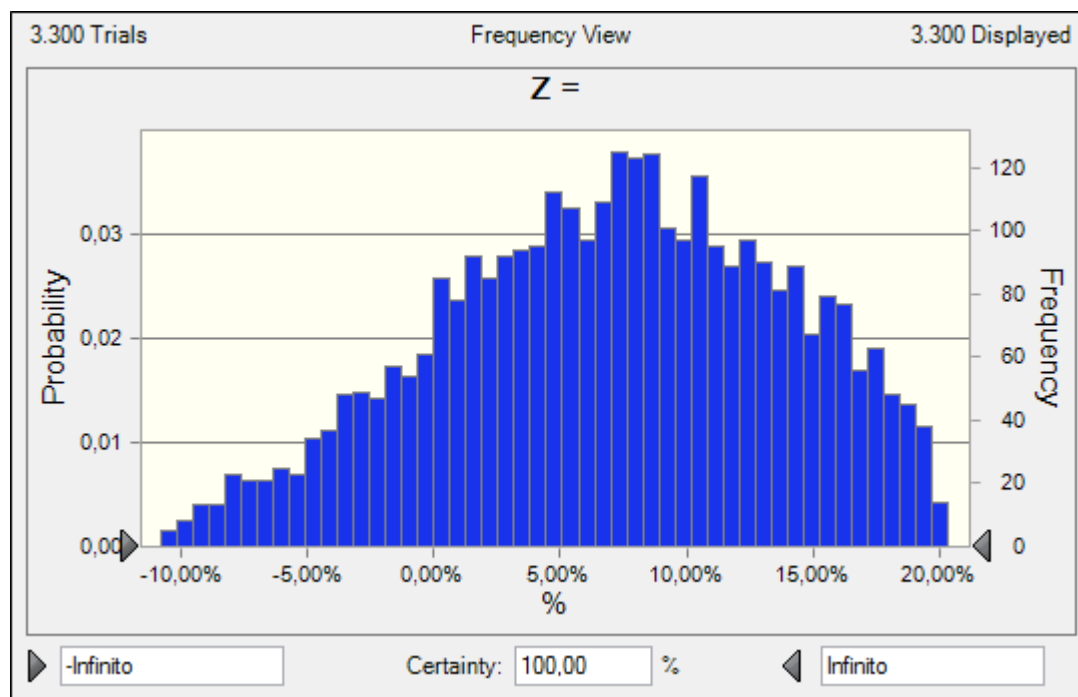
Conforme se expuso, aún existe un problema a solucionar, la determinación de la volatilidad del proyecto, parámetro clave para la valoración en esta metodología de Opciones Reales.

Este emprendimiento de LOBRAUS PUERTO LIBRE S.A. es un desarrollo propio que no cuenta con volatilidad conocida. Es un proyecto no negociado en los mercados de valores, por lo que no existe referencia de información histórica de su cotización para determinar su volatilidad, como sí se puede con otros valores negociados.

Recurriendo a Copeland y Antikarov (2001) se determinará la volatilidad aplicando el “*Marketed Asset Disclaimer*” (*MAD Assumption*) que se basa en la

hipótesis que ante un proyecto que no tiene una cotización directa en el mercado ni un activo de referencia que refleje su valor como estimación, sugiere que el mejor estimador de ese proyecto es él mismo.

Ilustración 69 Estimación de la volatilidad del proyecto mediante simulación



Conforme las simulaciones efectuadas (3.300 casos aleatorios) la desviación estándar es próxima a 10%.

Volviendo a la propuesta original de Cox, Ross y Rubinstein (1979) para plantear la evolución del activo subyacente recurriendo al método binomial, asumiendo que este proceso estocástico del valor del subyacente, sigue un movimiento geométrico browniano.

Una vez planteada esta difusión de valor y determinar las opciones reales contenidas, buscará la maximización del valor del proyecto.

Sin embargo, el mismo proyecto y siguiendo los principios del DCF pero ajustado a la probabilidad de cada fase, el resultado ofrece condiciones de rechazo, o sea de $VAN < 0$.

5.8.El desarrollo binomial

La aplicación del desarrollo binomial de los flujos de fondos del proyecto asume que siguen un Movimiento Geométrico Borwniano (GBM sus siglas en inglés) con una tasa de crecimiento μ y volatilidad σ .

En suma, el valor del proyecto evolucionará en cierto período T, con un crecimiento medio esperado μ de la siguiente forma;

$$E(PV_T) = PV_0 e^{\mu T}$$

El desarrollo binomial viene a modelar este proceso de difusión del valor de los flujos de caja, donde los parámetros de ascenso (u) y descenso (d) de cada fase, y las probabilidades p y q están definidas de modo que la media y la varianza de la binomial son iguales a la media y varianza del GBM (Lamothe y Méndez, 2006).

Tabla 32 Lobraus: Parámetros y desarrollo binomial

DEVIATION ESTANDAR	10,00%	(luego de 3.300 eventos aleatorios)	
TASA LIBRE DE RIESGO ANUAL rf_a	3,00%	(Tasa libre de riesgo anual)	
T. LIBRE DE RIESGO SEM. rf_s	1,51%	SEMESTRAL	0,5
u	1,0733	Parámetro de escenarios ascendentes	
d	0,9317	Parámetro de escenarios descendentes	
p	$\frac{(1+rf)-d}{u-d}$	0,083	58,91%
			probabilidad neutral al riesgo de ascenso
(1-p)		0,142	41,09%
			probabilidad neutral al riesgo de descenso

Desarrollo Binomial									
150	161	173	185	199	214	229	246	264	
	140	150	161	173	185	199	214	229	
		130	140	150	161	173	185	199	
			121	130	140	150	161	173	
				113	121	130	140	150	
					105	113	121	130	
						98	105	113	
							91	98	
								85	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4					
-0,4		-0,05	-0,05	-55				5,00	VA
72%		80%	30%	100%				100%	Prob de éxito

Inversión proyectada
probabilidad éxito

259,10

Desarrollo Binomial con valores descontados a la tasa libre de riesgo									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	
150,00	159	168	177	187	198	210	222	234	
	138	146	154	163	172	182	192	203	
		126	134	141	149	158	167	177	
			116	123	130	137	145	153	
				106	113	119	126	133	
					98	103	109	115	
						90	95	100	
							82	87	
								76	

150,00	159	168	177	187	198	210	222	234	
-	138	146	154	163	172	182	192	203	
-	-	126	134	141	149	158	167	177	
-	-	-	116	123	130	137	145	153	
-	-	-	-	106	113	119	126	133	
-	-	-	-	-	98	103	109	115	
-	-	-	-	-	-	90	95	100	
-	-	-	-	-	-	-	82	87	
-	-	-	-	-	-	-	-	76	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4					
-	0,40	-	0,05	-	55	-	-	5	VA
72%	0%	80%	0%	30%	100%	0%	0%	100%	Prob de éxito

PROBABILIDAD NEUTRAL AL RIESGO

P	0,589	ascenso
Q	0,411	descenso

valor de la opción	15	24	26	35	38	138	205	217	229
status de mercado	150	161	173	185	199	214	229	246	264
decisión	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	19	20	28	31	112	177	187	198	
	140	150	161	173	185	199	214	229	
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	
	16	22	24	89	153	162	172		
	130	140	150	161	173	185	199		
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR		
	17	19	70	132	140	148			
	121	130	140	150	161	173			
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR			
	14	53	114	121	128				
	106	113	119	126	133				
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR				
	40	98	104	110					
	105	113	121	130					
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR					
	89	90	95						
	98	105	113						
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR						
	89	82							
	91	98							
	CONTINUAR	CONTINUAR							
	71								
	85								
	CONTINUAR								
SEMESTRE 0	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4	SEMESTRE 5	SEMESTRE 6	SEMESTRE 7	SEMESTRE 8	
PROBABILIDAD DE ÉXITO	72%	0%	80%	0%	30%	100%	0%	0%	100%
INVERSIÓN	0,40	-	0,05	-	0,05	55,00	-	-	5,00

CRITERIOS DE DECISION

CONTINUAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES >0
ABANDONAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES <0

El proyecto TORRE LOBRAUS tiene importantes posibilidades de crecimiento y a su vez no tiene situaciones de abandono, contrario a lo que

demostraba la metodología de Descuento de Flujos de Fondos. Se presenta entonces como un proyecto de interesantes perspectivas, pese a su vida limitada a 30 años y eventuales posibilidades de no superar alguna de sus fases.

Inclusive la volatilidad no es muy alta, no genera escenarios de muy alto valor ni de valor muy deprimido, no obstante el proyecto tiene sus atractivos para sus gestores y quienes participen en él, pero no para los bancos que se ciñen a la evaluación tradicional.

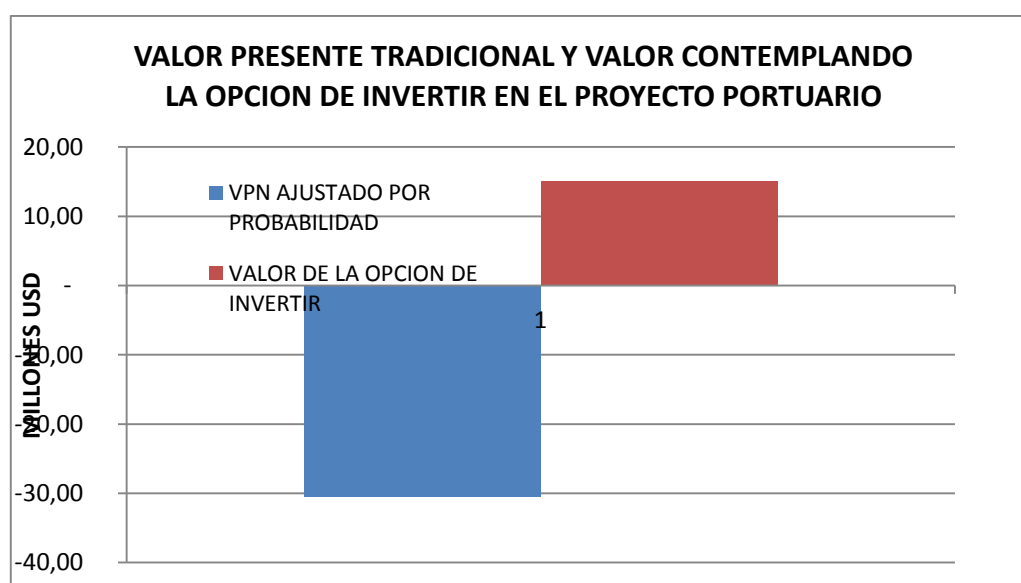
Si se observa el valor de la opción de invertir y se compara con el Valor Actual Neto sin opciones, se determinará el valor de la opcionalidad del proyecto.

VAN ajustado por la probabilidad sin flexibilidad + opciones del proyecto
= Van ampliado

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USI -	30,44
VALOR DE LA OPCION DE INVERTIR	15,09
VALOR DE LA OPCIONALIDAD	45,54

Gráficamente se aprecia claramente la diferencia entre ambas formas de valorar el proyecto que da lugar al valor de la opcionalidad contenida en el mismo, destacándose la valoración negativa ofrecida por el VAN esperado y el valor de la opción de invertir en el proyecto TORRE LOBRAUS. La diferencia entre ambas es el valor de la opcionalidad, muy importante por cierto en este caso no solo en magnitud, sino que refleja el pasaje desde una situación de destrucción de valor hacia una posición generadora de valor al considerar las opciones comprendidas.

Ilustración 70 Lobraus: VAN ajustado por probabilidad y valor de la opción de invertir en el proyecto



5.9.La necesidad de financiamiento de un proyecto con fuertes expectativas y opciones contenidas pero con VAN negativo

Llegado el momento de proceder a la ejecución de este proyecto se plantea el problema siguiente; ¿cómo obtener financiamiento para un proyecto que tiene VAN Esperado negativo?

Siguiendo los lineamientos tradicionales ningún ente financiador ofrecerá financiamiento a un emprendimiento con VAN Esperado negativo.

Sin embargo puede aparecer como una contradicción que tanto los titulares de las acciones de LOBRAUS como otros interesados del sector estén detrás de la ejecución de este emprendimiento.

Antes de proseguir con el análisis del caso, cabe destacar que el VAN Esperado involucra probabilidades asociados a los flujos esperables expuestos como probabilidades y recorridos de una variable que expresa la esperanza matemática de ese VAN, en esas condiciones.

Para interpretar el significado correcto de este resultado hay que pensar en múltiples escenarios y en el largo plazo.

A los efectos de observar el VAN Esperado desde otro ángulo, Gómez-Bezares (2004) destaca que el principal problema de este criterio es que se basa en la esperanza matemática y que para su absoluta validez, es preciso que la decisión estudiada se vaya a repetir muchas veces. Dentro de las decisiones financieras la repetición es algo poco común, pueden haber algunas repeticiones a corto plazo pero a largo plazo esta característica es inusual. Seguramente decisiones financieras respecto a descuento de documentos en bancos o decisiones de volúmenes de efectivo a mantener en caja pueden tener alguna frecuencia de repetición en el corto plazo, pero las grandes decisiones de inversión o financiación se repiten pocas veces en la vida de una empresa.

Concluye el profesor Gómez-Bezares que el criterio de esperanza matemática fundamenta su validez en que sea aplicado sobre decisiones repetitivas o que al menos se aplique sobre muchas decisiones de similar dimensión.

La clave para la comprensión de tan opuestas posiciones es que simplemente se trata de negocios distintos (el portuario y el bancario) y la forma de visualizar el riesgo es totalmente diferente.

Los empresarios tienen una preocupación que aborda el riesgo total y las instituciones financieras tienen su foco de atención en una parte de este riesgo, al concentrarse en los resultados de los flujos de caja descontados el tipo de descuento se ajusta de acuerdo al riesgo no diversificable del proyecto, el riesgo sistemático del mismo.

Esta visión del análisis crediticio por parte de instituciones bancarias locales desde una visión tradicional y no considerando un análisis acudiendo a las opciones reales, restringe un adecuado abordaje al análisis de crédito.

Bancos y empresas miden sus riesgos de forma muy diferente²¹², provocando alejamiento de acuerdo de financiamiento en ciertas circunstancias.

Martín Marín J. y Trujillo Ponce, A (2003)²¹³ destacan que, con la ejecución del Acuerdo de Capital de Basilea (acuerdo de Basilea 1988) más de cien países se han incorporado a su legislación, aunque a pesar de ello, la mayor sofisticación del negocio bancario ha supuesto un creciente alejamiento entre el capital regulatorio y el capital económico. En consecuencia, reconociendo este apartamiento el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea propuso una nueva propuesta que contempló este problema para el nuevo acuerdo de Basilea (Basilea dos). Esto denota la preocupación existente.

Los autores concluyen que “los modelos de valoración de opciones constituyen una alternativa valiosa en el establecimiento de sistemas propios de medición de riesgos, que permitirían a la entidad financiera adoptar, en última instancia, un enfoque de rating internos avanzado, con la consecuente mejora en los requerimientos de capital y por ende en la rentabilidad obtenida.”

Justamente en economías con mercado de valores muy poco desarrollados (por ejemplo como la uruguay donde tiene lugar esta inversión) no es observable la correlación entre el sistema total de mercado y un activo de referencia del sector en ausencia de la propia cotización en bolsa de valores, por lo que el riesgo sistemático así como el no sistemático es de muy difícil medición.

²¹² En Uruguay es frecuente que los bancos cubran parte de su riesgo con importantes respaldos solicitados a las empresas que financiarán, como activos reales que constituyan garantía real hipotecaria, operaciones *stand-by* y recientemente se han implementado algunos fideicomisos tanto de garantía como financieros para respaldar estas operaciones crediticias. La perspectiva ante el riesgo que tienen las instituciones bancarias hacen que tiendan a cubrirse en exceso conforme lo aseguran los sectores tomadores de préstamos y por ello operaciones importantes son difícilmente garantizadas. A todo esto si se le añade la visión tradicional del análisis técnico de inversiones que los bancos tienen basada en métodos de flujo de caja descontado, es difícil que este tipo de emprendimientos logre financiamiento bancario.

²¹³ MARTIN MARIN, José L. y TRUJOLLO PONCE, Antonio, LOS MODELOS DE VALORACION DE OPCIONES EN LA GESTION DE RIESGO DE CREDITO:¿UNA ALTERNATIVA?, Universidad Pablo Olavide, Sevilla, Boletín de Estudios Económicos, Vol. LVIII, Nº179, agosto 2003, pp329-365.

La visión del riesgo por parte de empresarios y analistas por lo tanto es incompleta, buscando soluciones tan particulares como adaptar tasas de rendimiento externas a la realidad del mercado local, añadiendo primas de riesgo por riesgo país, pequeñas empresas, etc. lo que redundaría generalmente en aumentos de las tasas de descuento con poca justificación.

Como resultado de lo expuesto, los resultados obtenidos tienen el efecto de la aplicación de tasas elaboradas, visiones parciales del riesgo así como un tanto de subjetividad.

Por su parte, el método de las opciones reales focaliza el riesgo en su totalidad, alineado con el pensamiento de los empresarios (Amram y Kulatilaka, 2000)²¹⁴

5.10. Las acciones de la empresa como opciones sobre el activo de la misma. Una solución para la búsqueda de financiamiento

El problema del financiamiento necesario para el proyecto y el rechazo de las instituciones financiadoras obligan a buscar alternativas.

En la búsqueda de financiamiento, hay aspectos que adquieren cierta relevancia. Es indudable que, además de las estimaciones cuantitativas se deben considerar aspectos tales como la situación y perspectivas del sector en el que se desarrolla la empresa así como las cualidades del equipo directivo, por lo que la capacidad de operar por parte de la dirección sobre el curso de los negocios y del propio proyecto no deben ser desestimada.

Alcalá, F. (1995)²¹⁵ sostiene que los criterios utilizados para la valoración de proyectos pueden ser de carácter cuantitativo (rentabilidad, cuota de mercado, etc.) como de índole cualitativa (calidad del equipo directivo,

²¹⁴ AMRAM, M KULATILAKA, N. 2000, Opciones Reales Evaluación de Inversiones en un mundo incierto, Ediciones Gestión 2000 SA, Barcelona.

²¹⁵ ALCALÁ OLID, Francisco (1995) El Capital de riesgo en España: Análisis del procedimiento de actuación. Universidad de Jaén. Editorial Civitas, Madrid.

sector de actuación de la empresa que solicita los recursos, etc.). De la conjunción de todas estas variables surgirá la decisión de la entidad financiadora sobre la aceptación o rechazo del proyecto solicitante.

Reafirmando aspectos que van más allá de los cuantitativos Gladstone, D. y Gladstone, L (2002)²¹⁶ destacan que existen interrogantes de los agentes financiadores frente al financiamiento solicitado por proyectos que se basan en la capacidad de generar excesos de flujos de caja libres asociados al carácter “único” de la propuesta tratando de responder por qué el potencial cliente comprará la oferta del proyecto. Asociado a ello, destacan la importancia del equipo director del proyecto como respaldo del éxito anhelado, (experiencia, honestidad, potencialidad para acompañar el proyecto, entre otros).

Además de destacar las proyecciones y retornos contemplados para el proyecto, los autores proponen un análisis de la opción de salida del negocio –desde una óptica del financiador - en caso que sea necesario, que se asemeja mucho a la opción de abandono contenida en algunos emprendimientos como el analizado.

Agregando a lo expuesto, el aspecto que adquiere importancia especial en este caso es que esta explotación por parte de LOBRAUS de servicios portuarios en un régimen legal de puerto libre constituye un derecho de la firma casi exclusivo o a lo sumo oportunidades compartidas por escasos operadores logísticos en el puerto de Montevideo.

Sin embargo, el financiamiento de un proyecto relativamente importante como el de LOBRAUS no es fácilmente obtenible desde la banca tradicional.

Siguiendo el razonamiento a la luz de las opciones reales, aparece la posibilidad de considerar a las acciones ordinarias de la empresa como opciones sobre los activos de la firma.

²¹⁶ GLADSTONE David y GLADSTONE, Laura (2002) Venture Capital Handbook, Pearson Education, Prentice Hall Inc., New Jersey.

Mascareñas (2007)²¹⁷ plantea que desde el punto de vista financiero y teniendo en cuenta la responsabilidad limitada de los accionistas, se puede considerar que las acciones ordinarias vienen a ser una opción de compra sobre los activos de la compañía. Una vez que el inversor ha adquirido una acción ordinaria pagando su precio de mercado (que equivale a la prima de la opción) puede ganar una cantidad, que en teoría es ilimitada, o perder como máximo ese valor pagado por dicha acción (la prima).

El autor amplía el citado paralelismo entre las acciones y las opciones de compra señalando que se puede contemplar a la acción ordinaria como una opción de compra sobre el activo de la compañía que ha sido emitida por los acreedores, siendo su precio de ejercicio el valor nominal de la deuda (su valor contractual) más el cupón a pagar a la fecha de la amortización, siendo 'esta la fecha de ejercicio.

Partiendo de la base de que el tenedor de una acción de una sociedad anónima es propietario legítimo de parte de la misma, cuando ésta tiene endeudamiento deberá antes de determinar el valor final del activo, deducir el servicio de deuda existente.

En un escenario negativo, en el caso que la empresa no pueda afrontar las obligaciones correspondientes a la deuda contraída con los fondos provenientes de las operaciones de la empresa, deberá responder con sus activos hasta donde pueda cubrir esas obligaciones.

En suma, considerando el límite de responsabilidad existente de los accionistas frente a las deudas contraídas por la Firma, se puede considerar que cada acción son una "opción de compra" sobre los activos (netos) de la empresa.

Cada vez que un accionista compra una acción ordinaria, paga un precio estipulado, un precio de mercado, compra el derecho sobre activos netos, a

²¹⁷ MASCAREÑAS, Juan 2007 "Las acciones ordinarias como opciones sobre el activo de la empresa" Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas, ISSN:1988-1878, Universidad Complutense de Madrid.

ganar cierto dinero, pero también puede perder lo pagado por la acción (debido a que su responsabilidad se limita a la participación accionaria).

Análogamente puede verse a esta acción ordinaria como una opción de compra sobre el activo de la compañía, la que ha sido emitida por los acreedores de la empresa (obligacionistas, prestamistas).

El precio de ejercicio de esta opción será el valor nominal del préstamo más su cupón a pagar a su vencimiento.

La fecha de ejercicio es el término de la opción, es cuando se hace exigible.

En síntesis, a la fecha de ejercicio en el caso que el activo de la empresa valga más que el endeudamiento, las acciones ordinarias tomarán un valor positivo, en el caso contrario cero, ya que los accionistas no ejercerán opción de compra sobre el activo o sea que el activo pasa a manos del acreedor.

5.11. Financiamiento de terceros como opción de compra de acciones ordinarias de la propia empresa

El financiamiento necesario para el desarrollo del Proyecto Torre Lobraus por parte de terceros, puede ser considerando como una opción de compra sobre estas participaciones accionarias en la Firma, cuyo precio de ejercicio será el valor de la deuda al término del plazo estipulado, y el comprador el inversor actual de Lobraus, quien desarrolla el proyecto.

Trascurrido este plazo, si el valor de Lobraus supera el precio de ejercicio, el desarrollista del proyecto ejercerá esa opción y se quedará con las participaciones accionarias luego de pagar a los financistas el valor de ejercicio.

Si al expirar el plazo el valor es nulo (dado que el valor de Lobraus es inferior al precio de la deuda o precio de ejercicio) los actuales propietarios de las acciones de Lobraus no ejercerán la opción. Los financistas mantienen los activos.

No obstante sea mucho o poco el valor de Lobraus en este escenario (de valor menor al precio de ejercicio), los acreedores son quienes se quedan con los activos.

5.12. Opción de venta sobre los activos en poder de los propietarios

Se puede contemplar también a los propietarios como tenedores de una opción de venta sobre ellos activos, que se ejercerá sobre un precio de ejercicio equivalente al valor nominal de la deuda al término del plazo, siempre que el valor de la Firma sea inferior a dicho precio de ejercicio.

5.13. El valor actual de la empresa y el efecto de la deuda

Al contemplar a Lobraus como un proyecto que tiene un endeudamiento con terceros para su desarrollo, sus acciones ordinarias serán la diferencia entre el valor actual de la empresa y el valor actual del endeudamiento con riesgo.

Acciones Ordinarias = Valor actual de la Empresa – Valor actual de la deuda con riesgo.

A su vez:

Valor actual de la empresa con riesgo = valor actual de la deuda libre de riesgo – opción de venta.

Nota: si no existiese riesgo, los acreedores cobrarían siempre el 100% de la deuda más intereses, y el valor de la opción de venta es nulo).

5.14. Propuesta de financiamiento como opción de compra

Necesidades de financiación y condiciones propuestas:

Capital a financiar: USD30.000.000

Interés anual: 10%

Plazo: 3 años.

Valor futuro de la deuda: USD39.930.000

La estimación de la volatilidad es clave para esta estimación.

Para ello se estima la variabilidad esperada para las principales variables.

La volatilidad histórica de los flujos de fondos de LOBRAUS podrían ser una aproximación para el conocimiento de su volatilidad.

Sin embargo lo que interesa es la volatilidad futura, que es desconocida en el presente, pero puede estimarse a partir del comportamiento proyectado de sus principales variables.

Aplicando directamente a los flujos de fondos proyectados, donde las principales variables consideradas son:

1. Ingresos de la unidad de negocios Depósito; donde se conjugan las variables precio de los servicios, volúmenes colocados, así como otros ingresos derivados de la prestación de servicios logísticos.
2. Costos de funcionamiento de la unidad depósito.
3. Inversión en el depósito.
4. Ingresos por arrendamiento en la torre conjugando en este caso algunas alteraciones de precios con las áreas arrendadas cada año.
5. Inversión en la construcción y equipamiento de la torre.

Una vez modelado los correspondientes flujos con sus variables, se recurrió nuevamente al método planteado por Copeland y Antikarov (MAD) y se determinó una relación entre valores secuenciales que ilustran la volatilidad del proyecto desde una perspectiva de los cambios de su valor registrados de un año a otro.

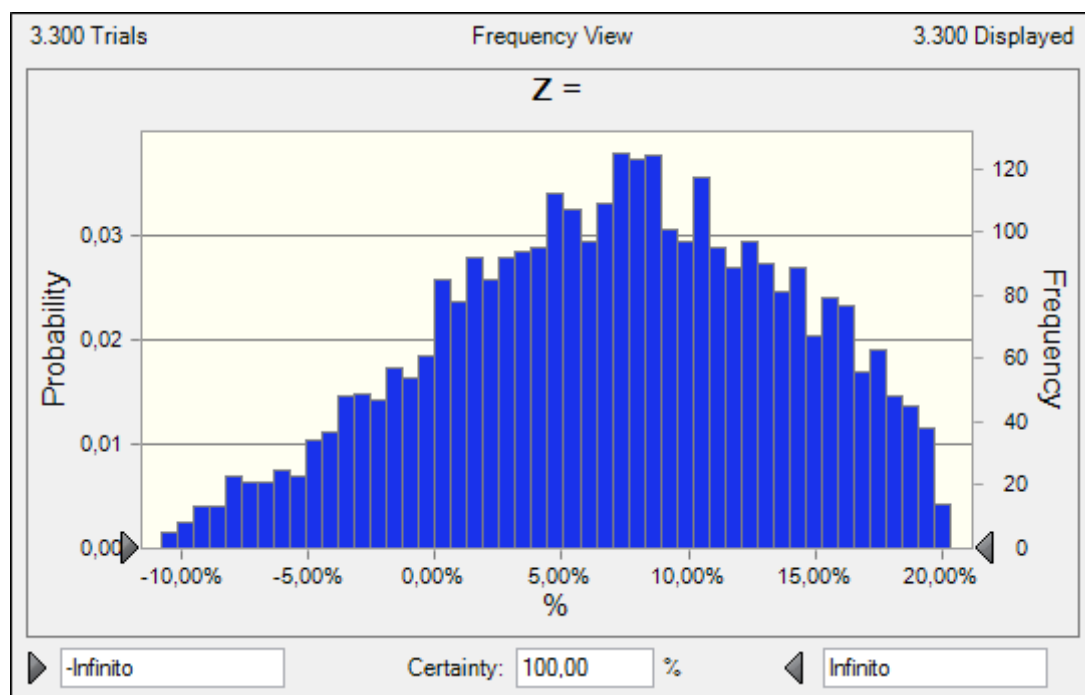
$$PV_t/PV_0 = r^t$$

$$Z = \ln((PV_1 + FCF_1)/PV_0)$$

$$PV_1 = \sum (FCF_t / (1 + WACC)^{(t-1)})$$

PV0= valor actual en el momento 0, en nuestro caso año 2012.

Ilustración 71 Lobraus: histograma de rendimientos simulados



En suma: el proceder de esta forma se obtuvo un proxy a la volatilidad de algo menos del 10%.

Al aplicar al subyacente (valor del proyecto TORRE LOBRAUS) la volatilidad y los parámetros de ascenso, descenso y probabilidades neutrales al

riesgo resultantes, los valores esperados al cabo de los primeros tres años de actividad se observan al final del árbol que sigue a continuación.

Tabla 33 Lobraus desarrollo binomial para la aplicación de opciones sobre acciones de la compañía.

		AÑO 1				AÑO 2				AÑO 3			
		TRIM 1	TRIM 2	TRIM 3	TRIM 4	TRIM 1	TRIM 2	TRIM 3	TRIM 4	TRIM 1	TRIM 2	TRIM 3	TRIM 4
VOLATILIDAD	10,00%												
VOLATILIDAD TRIMESTRAL	5,00%												
INTERÉS NOM SIN RIESGO	3%												
INTERÉS NOM SIN RIESGO TRIMESTRAL	0,75%												
PRECIO DE EJERCICIO DE OPCION DE COMPRA	39.930,00 A 36 MESES												
		10% TASA DE FINANCIACION TEA				PROPUESTA K				30.000,00			
						INT				10%			
						PLAZO				3 AÑOS			
VALOR ACTUAL SUBYACENTE	>>>>>>>	150.000,00	157.690,66	165.775,64	174.275,14	183.210,41	192.603,81	202.478,82	212.860,13	223.773,70	235.246,83	247.308,19	259.987,95
VALOR DE LA OPCION DE COMPRA	>>>>>>>	124.141,03	131.269,14	138.706,93	146.467,86	154.565,96	163.015,89	171.832,93	181.033,02	190.632,82	200.649,68	211.101,72	222.007,86
			142.684,41	150.000,00	157.690,66	165.775,64	174.275,14	183.210,41	192.603,81	202.478,82	212.860,13	223.773,70	235.246,83
			114.977,39	121.707,38	128.729,76	136.057,23	143.703,04	151.681,02	160.005,61	168.691,86	177.755,50	187.212,90	197.081,18
U (factor de ascenso)	1,051271		135.725,61	142.684,41	150.000,00	157.690,66	165.775,64	174.275,14	183.210,41	192.603,81	202.478,82	212.860,13	223.773,70
D (factor de descenso)	0,951229		106.325,55	112.679,66	119.309,83	126.228,04	133.446,82	140.979,22	148.838,87	157.039,98	165.597,39	174.526,58	183.843,70
p (prob. de asc.neutral al riesgo)	0,562			129.106,20	135.725,61	142.684,41	150.000,00	157.690,66	165.775,64	174.275,14	183.210,41	192.603,81	202.478,82
q (prob de des.Neutral al riesgo)	0,438			98.156,93	104.156,15	110.416,01	116.947,84	123.763,43	130.875,14	138.295,81	146.038,88	154.118,34	162.548,82
					122.809,61	129.106,20	135.725,61	142.684,41	150.000,00	157.690,66	165.775,64	174.275,14	183.210,41
					90.444,54	96.108,70	102.018,94	108.185,94	114.620,88	121.335,38	128.341,60	135.652,20	143.280,41
						116.820,12	122.809,61	129.106,20	135.725,61	142.684,41	150.000,00	157.690,66	165.775,64
						83.162,91	88.510,71	94.090,85	99.913,42	105.988,95	112.328,44	118.943,34	125.845,64
							111.122,73	116.820,12	122.809,61	129.106,20	135.725,61	142.684,41	150.000,00
							76.287,96	81.337,08	86.605,56	92.102,93	97.839,13	103.824,55	110.070,00
								105.703,21	111.122,73	116.820,12	122.809,61	129.106,20	135.725,61
								69.796,99	74.564,11	79.538,33	84.728,67	90.144,49	95.795,61
									100.548,01	105.703,21	111.122,73	116.820,12	122.809,61
									63.668,55	68.169,42	72.865,82	77.766,27	82.879,61
										95.644,22	100.548,01	105.703,21	111.122,73
										57.882,40	62.131,88	66.565,99	71.192,73
											90.979,60	95.644,22	100.548,01
											52.419,41	56.431,55	60.618,01
												86.542,47	90.979,60
												47.261,54	51.049,60
													82.321,75
													42.391,75

5.15. Una oportunidad adicional para la promoción del proyecto.
El financiamiento del proyecto a una tasa inferior a la correspondiente al nivel de riesgo del proyecto.

Considerando el eventual financiamiento en las condiciones expresadas (Capital USD30.000.000 a 3 años con una tasa de 10% anual), el valor futuro a cancelar (cupón cero) será de USD39.930.

El valor actual de la deuda como diferencial del valor de la firma menos el de las acciones en el presente es de USD25.890.000.

Por consiguiente la tasa resultante de financiación de equilibrio para la operación sería del orden de casi 55% para el período, lo que representa un 15,6% anual efectiva, sustancialmente mayor a la propuesta al financista.

Tabla 34 Lobraus diferencial de rendimiento del financiamiento y las opciones sobre acciones

EL VALOR ACTUAL DE LA OPCION DE COMPRA (DE LAS ACCIONES ORDINARIAS)				124.141,0	
VALOR ACTUAL DE LA DEUDA = VALOR DE EMPRESA MENOS VALOR DE ACCIONES ORDINARIAS				124.141,0	IGUAL
LA TASA DE DESCUENTO QUE DEBERÍA EXIGIRSE A ESA DEUDA:					25.859,0
25.859,0	X	(1+)	=	39.930,00	
25.859,0	x	(1+)	=	39.930,00	
por lo tanto i es igual a				54,4%	PERIODO 15,6% ANUAL
la tasa aplicada fue de :				10% anual 33,1% total período	PERIODO 10,0% ANUAL
conclusión , la tasa aplicada se corresponde a un nivel de riesgo menor al determinado.					desv típica usada

Fuente: elaboración propia

En suma: existe margen para financiar la empresa pagando tasas superiores a la propuesta inicial de 10% anual en dólares estadounidenses. Por cierto, una tasa ofrecida del 10% anual efectiva en dólares estadounidenses, es considerada por potenciales interesados como razonable, ya que esta tasa de rendimiento está ligada al riesgo financiero de aplicar capital a un negocio en desarrollo que lleva varios años de crecimiento sostenido con importante rentabilidad, por lo que la prima de riesgo del emprendimiento no es necesariamente muy elevada para cualquier inversor racional con aversión al riesgo moderada.

5.16. Conclusiones generales

Este caso, representado por una empresa portuaria que desarrollará un proyecto en terrenos públicos bajo el régimen de concesión de parte de la Administración de Puertos de Uruguay, demuestra una vez más, al igual que en los otros casos citados en esta tesis, que existen proyectos cuyos desembolsos son graduales, por fases, donde cada una de ellas tiene ciertas probabilidades de éxito. Logrado ese éxito de fase, le otorga a quien emprende

la opción de continuar si las condiciones dadas prometen ingresos superiores a los desembolsos necesarios de la etapa, y así sucesivamente hasta la llegada al mercado, donde el valor actual de los ingresos netos futuros se enfrentará a las inversiones necesarias para desarrollar las acciones comerciales en esa etapa final.

Una vez más se conjugan riesgos técnicos y de mercado en el proyecto, riesgos que inciden en el negocio de forma diferente, por lo que deben ser tratados de forma distinta en cada fase.

Varios de estos proyectos ofrecen a sus proponentes opciones que no son compartidas con otros concurrentes al sector. Los directores tienen dentro de un marco de alta incertidumbre la posibilidad de incorporar información y operar en el desarrollo de los acontecimientos del proyecto.

Todo lo expuesto justifica la existencia de opciones y ellas tienen valor, frecuentemente elevado, que los métodos tradicionales no logran incorporar.

El caso de LOBRAUS demuestra que, al medir la conveniencia desde una perspectiva tradicional acudiendo por ejemplo al VAN Esperado, se obtienen valores negativos, que sugieren destrucción de valor frente a esta medición. Conclusión inmediata, se debería desistir de este inversión.

Una principal derivación de este tipo de medición de la conveniencia y rentabilidad del emprendimiento es el rechazo de instituciones bancarias a financiar el proyecto.

Sin embargo; ¿por qué la Dirección de LOBRAUS con su amplia experiencia internacional sigue interesada en desarrollar el proyecto?

Yendo un poco más lejos en este sentido; ¿por qué la Dirección de LOBRAUS recibe diversas propuestas de asociación por otros operadores portuarios también con probada experiencia en este tipo de negocios?

Seguramente la perspectiva de riesgo de un banco tradicional uruguayo y de estos empresarios portuarios con experiencia internacional es muy diferente.

Quizás la perspectiva de riesgo total de los emprendedores ofrece una visión muy diferente del riesgo y la posibilidad real de operar en cada proyecto ofrece ciertas garantías a quien emprende acerca de aumentar valor en ciertos casos, así como reducir o eliminar pérdidas innecesarias cuando las circunstancias lo demuestren.

En el otro extremo de los análisis, la aplicación de metodologías basadas en Opciones Reales destacan valores importante contenidos en opciones que otorgan al proyecto un valor muy diferente, muy superior.

Justamente en base a este tipo de enfoques, ya dejando de lado tradicionales enfoques de valoración y evaluación de emprendimiento como los aplicados por la mayoría de inversores y financiadores, se dan las condiciones para plantear negocios entre partes como por ejemplo la propuesta de acordar opciones sobre las acciones de LOBRAUS.

Esta es una interesante alternativa de financiamiento que se aparta de los canales más tradicionales de financiamiento, que no tendría sentido si no se reconociese y valorase las opciones contenidas en el proyecto LOBRAUS.

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Verificación de las hipótesis planteadas inicialmente

Yendo directamente a las hipótesis planteadas y su demostración se puede concluir lo siguiente:

HIPOTESIS 1. En proyectos de inversión con diversas etapas sujetas a determinadas probabilidades de éxito en cada una de ellas, inversiones en cada fase previas a su llegada al mercado, que combinan riesgo privado y de mercado, es posible operar positivamente sobre ellos y generar importante valor a partir de dichas acciones.

La verificación de la Hipótesis se ve claramente al observar los resultados de las valoraciones efectuadas. En ellas existen opciones contenidas en cada proyecto, muy valiosas, que desde una perspectiva tradicional no es posible observarlas y menos aún medir su valor para cada caso.

Tabla 35 Resumen de valores obtenidos en los proyectos analizados

empresa/organización	proyecto		VAN Esperado	Van c/ opciones	Valor Opciones
			(en mill. USD)	(en mill. USD)	(en mill. USD)
Institut Pasteur Montevideo	desarrollo de fármaco para dolor profundo	<i>Fase Pre-clínica</i>	-3,1	95,16	98,26
Lobraus Puerto Libre Uruguay SA	construcción de torre de servicios, depósitos y áreas de almacenaje de contenedores		-30,44	15,09	45,53
Cougar Mineração Brasil	explotación minera de oro en pequeña escala	<i>Fase Ing Perfil</i>	0,022	0,301	0,279
		<i>Fase Ing Conceptual</i>	0,08	0,607	0,527
		<i>Fase Ing Básica</i>	0,194	0,765	0,571
Minera Aratirí Uruguay	Mega explotación de mineral de hierro en gran escala a cielo abierto		6,02	162	155,98

Fuente: elaboración propia

Sintéticamente se puede extraer importantes conclusiones generales del cuadro de resumen que antecede. El valor neto determinado para cada inversión en arreglo con las probabilidades condicionadas en cada caso son sustancialmente inferiores que el mismo valor de esos proyectos considerando las opciones implícitas en cada caso.

Lo señalado implica que las opciones son valiosas por sí mismas y pueden apreciarse en la correspondiente columna. Estas opciones generalmente son captadas claramente o percibidas al menos como factibles por los directivos.

Dependiendo del tipo de valoración que se efectúe, será el valor resultante.

Lo señalado sugiere que en ciertos casos los métodos tradicionales devuelven valores inferiores que la metodología de Opciones Reales, o sea que los métodos, según sea el aplicado pueden infravalorar proyectos..

HIPOTESIS 2 En dichos proyectos las valoraciones realizadas por métodos estáticos y dinámicos pueden devolver resultados tan dispares que pueden ser base para adoptar conclusiones contradictorias respecto a la viabilidad de los mismos.

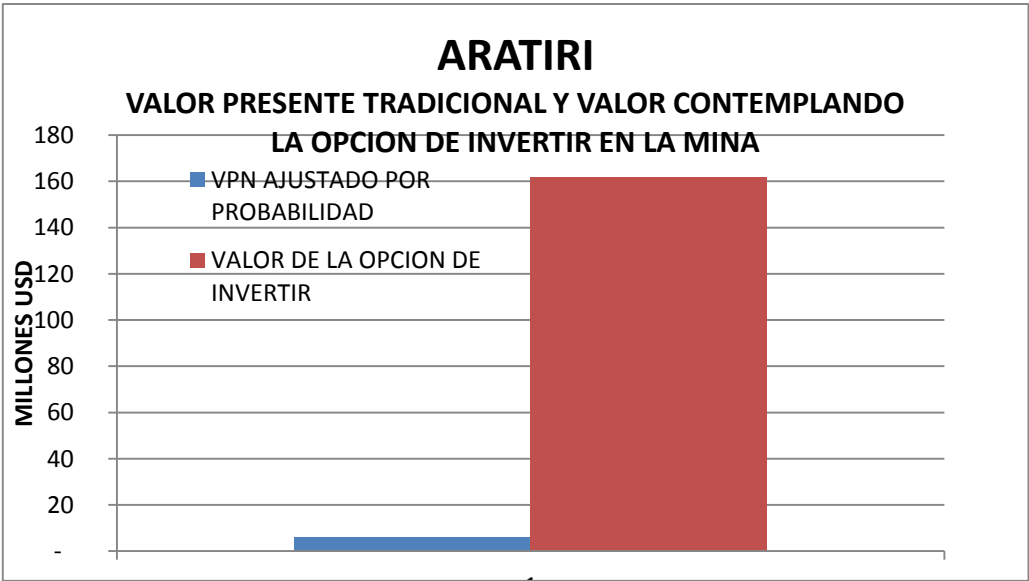
La literatura financiera acepta la teoría de las opciones reales la que en un marco de diversos aportes que ofrece, está la valoración de las opciones contenidas en los proyectos, en las empresas en si misma.

Tal como se ha demostrado en los casos analizados, los valores derivados de la aplicación de métodos tradicionales basados en DCF son sustancialmente menores de los resultantes por la aplicación de cálculos basados en el método de Opciones Reales.

Yendo más allá de la diferencia de los resultados obtenidos, estas eventuales diferencias están conceptualmente acorde con la definición de ambas metodologías. Las basadas en DCF que son básicamente determinísticas y asumen que las inversiones son irreversibles y desconocen la flexibilidad empresarial, y la basada en Opciones Reales que trata de reconocer y evaluar cada alternativa empresarial, por ejemplo no solo destacando posibilidades de expansión o crecimiento sino otras varias como detenciones transitorias y abandonos que evitarían costes de inversión futuros.

Estos resultados dispares que generan las diferentes metodologías pueden en ocasiones al utilizar DCF ofrecer resultados próximos a la indiferencia para la toma de decisiones o bien muy poco atractivos (VAN próximo a cero) como se observan en los casos del Institut Pasteur, la mina de Cougar en Brasil y el desarrollo de Aratirí presentados²¹⁸

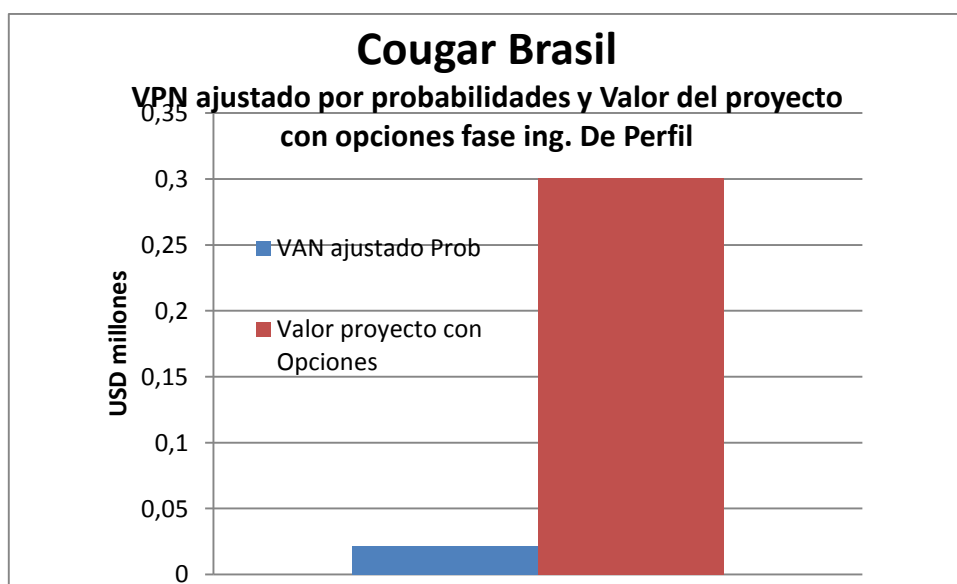
Ilustración 72 Explotación minera Aratirí, Uruguay. Comparativo de VPN ajustado por probabilidad y Opción de invertir



Fuente: elaboración propia

²¹⁸ Estos tres ejemplos si bien el DCF no devuelve un VAN igual a cero, si devuelven valores actuales mínimos (aunque técnicamente aceptables por ser mayor a cero) que muchos emprendedores si se ciñeran a ellos exclusivamente no proseguirían con los proyectos dada su escasa magnitud.

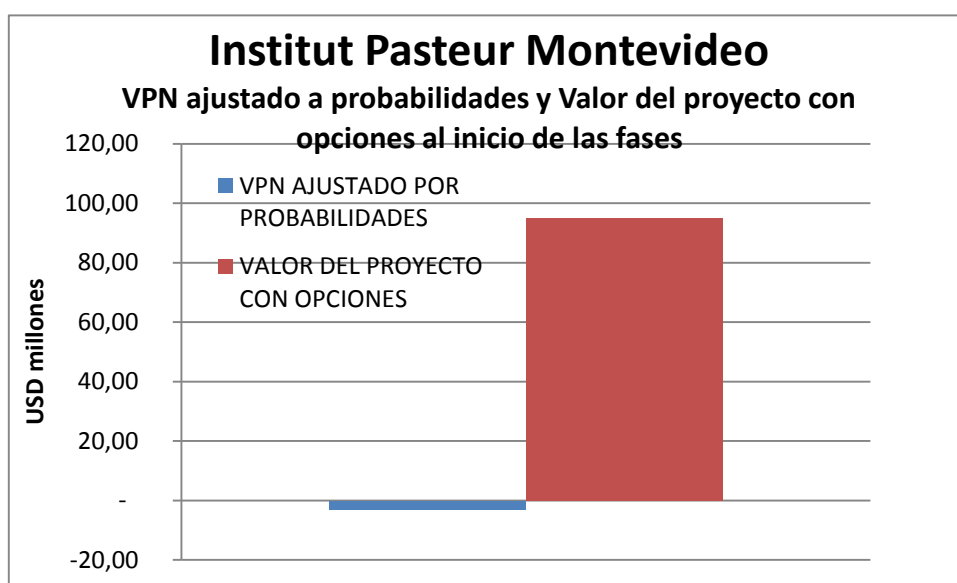
Ilustración 73 Cougar Brasil Mina de Oro. VPN ajustado por probabilidades y Valor del proyecto con opciones



Fuente: elaboración propia

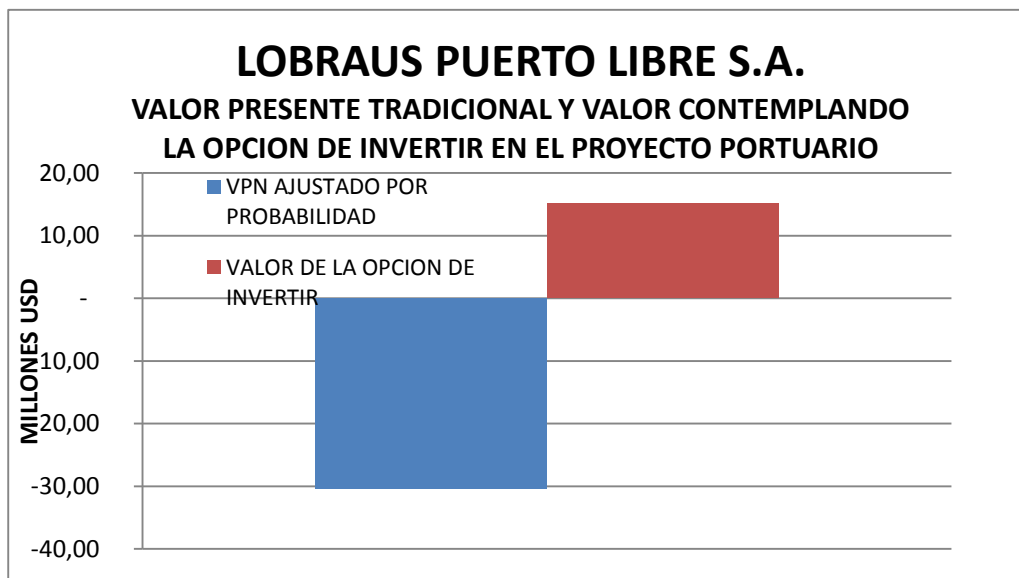
Otras valoraciones como la realizada para el caso de Lobraus o el Institut Pasteur la metodología seguida por DCF ponderado por el riesgo ofrece un valor actual neto negativo, en síntesis una destrucción de valor, la que cualquier empresario que se ajuste al resultado de los indicadores no proseguiría con el proyecto.

Ilustración 74 Institut Pasteur de Montevideo. Valor del proyecto con opciones al inicio de sus fases.



Fuente: elaboración propia

Ilustración 75 Lobraus Valor presente ajustado por la probabilidad y valor de la opción de invertir.



Fuente: elaboración propia

Es más, los bancos locales, instituciones relativamente rígidas y burocráticas, ante este resultado de una evaluación, ningún directorio procedería a conceder un millonario financiamiento.

Sin embargo, el método de las opciones reales no dice lo mismo.

Muestra y valora diversas opciones contenidas, lo que implica que el resultado de esta valoración es sustancialmente mayor que la tradicional.

La realidad apoya a la teoría de las opciones reales cuando ante la existencia de opciones futuras en los negocios aparecen potenciales acuerdos diversos.

Ejemplo claro de ello de ello son recurriendo al caso de Lobraus (recordando que el sistema bancario no financió este proyecto con VAN tradicional negativo) son actuales acuerdos empresariales de asociación y hasta una propuesta de opciones sobre acciones (descrita en el caso).

En suma, en proyectos que están caracterizados por la existencia de etapas claramente definidas, con probabilidades de éxito o fracaso preestablecidos, etapas que condicionan futuras inversiones y la llegada al

mercado, en un marco de riesgo privado y de mercado, se impone la necesidad de valorar los mismos contemplando las opciones contenidas ya que de otra forma se minusvaloran esos emprendimientos llegando incluso a la posibilidad de obtener situaciones de decisión contradictorias por un método u otro, resultado éste que no condice con la actitud empresarial, demostrando que la dinámica de las opciones reales está más próxima a la filosofía empresarial que otras alternativas.

HIPOTESIS 3 Los métodos de valoración basados en la teoría opciones reales ofrecen el marco teórico necesario para valorar este tipo de proyectos.

La realidad empresarial frecuentemente se apoya en la teoría de las ciencias empresariales para llevar a cabo sus negocios pasando por toma de decisiones que se enmarcan en las teorías más recibidas en materia de estrategia, administración y finanzas.

Sin embargo con frecuencia los inversores toman decisiones respecto a sus proyectos que no están alineados con los resultados de los estudios y evaluaciones de los mismos.

Es así que hay proyectos cuyo valor actual de los flujos futuros determinado de manera tradicional es bajo, e incluso casos con VAN Esperado ajustado al riesgo negativos, los que serían técnicamente rechazados por la teoría financiera son llevados igualmente a cabo por sus promotores.

Frente a estos indicadores de baja creación de valor (y destrucción en algunos casos) los directivos tienen diversas respuestas que no siempre se contemplan en los cálculos, y esas respuestas se apoyan en la flexibilidad operativa que tienen en los emprendimientos. (crecer, abandonar, cambiar destino de activos, reducir escalas de producción entre otros).

Los directivos tienen muchas opciones de operar en este tipo de proyectos, donde cada etapa con sus probabilidades de éxito o fracaso se constituyen en un desafío por si mismas, pudiendo continuar, abandonar de

modo temporal o definitivamente el proyecto, e incluso invertir más aun dependiendo de las condiciones de mercado.

El único método que contempla estas acciones que generan directamente mayor valor o disminuyen las pérdidas es el método de las Opciones Reales. Es más, recurriendo a otras formas de valoración tradicionales destacando las más utilizadas y aceptadas como las basadas en el DCF, métodos éstos que desde su visión estática no contemplan muchas de las potenciales acciones que la dirección de los proyectos puede ejercer, ofrecerían resultados en varias de dichas evaluaciones tan bajas o bien hasta negativas que de basarse exclusivamente en ellas para la toma de decisiones empresarial no se proseguiría con dichos emprendimientos, muchos de ellos exitosos pese a esas evaluaciones.

La filosofía empresarial en los hechos, ante emprendimientos que ofrecen alternativas diversas en su horizonte de ejecución y posibilidad de accionar sobre los mismos, no se queda estático, se mueve, negocia, trata de aprovechar al máximo las oportunidades, y ante adversidades busca otras alternativas que minimicen el impacto y si la situación es irreversible a su juicio, abandona el negocio. Esta características naturales del accionar empresarial parece estar desalineadas con la visión estática de los métodos tradicionales y quizás mucho más próxima a metodologías más dinámicas, que recojan esas alternativas, las valoren y las pongan en un contexto de estrategia empresarial.

En suma el Método de Opciones reales se constituye como el método idóneo para la valoración de proyectos multietapa, que combinan riesgos privados y de mercado, con inversiones dosificadas en el tiempo.

6.2.Conclusiones finales

En el mundo real, para quien emprende una inversión ya sea en forma aislada o en el marco de una empresa en marcha, es un hecho que diversos eventos influirán positiva y negativamente en su desarrollo y con frecuencia, dependiendo de las características de esa inversión, el decisor podrá operar sobre la misma alterando constantemente su valor.

Maboussin (2006) ²¹⁹ destaca que es necesario observar el mundo exterior para comprender sus efectos internamente en las empresas, y señala en este sentido la existencia de un reconocimiento de la fuerte influencia del mundo exterior en la vida de cada emprendimiento.

Ante la innegable realidad de la existencia de estos impactos externos en los proyectos y en las empresas, se impone una pregunta; ¿son sus efectos adecuadamente considerados por los decisores y claramente medidos?

Para estimar el valor de una firma o determinado negocio, la visión tradicional de valoración de empresas considera a los flujos de fondos generados en el período explícito de la proyección y proyectados hacia un futuro.

Conforme lo señalado es claro que no se está considerando desde esta perspectiva ni la flexibilidad operativa, ni la estrategia ni diversas opciones como sería las de crecimiento.

En consecuencia, el enfoque tradicional, al no considerar este tipo de características que podrían derivar en un mayor valor para cada proyecto o empresa, minusvalora en su resultado el valor medido.

Este problema de minusvaloración se agrava, entre otras causas, por la aplicación a la actualización de los flujos de caja, de costos de capital que muchas veces no reflejan la prima de riesgo adecuada, teniendo un efecto negativo en el valor actualizado.

²¹⁹ MABOUSSIN, Michael (2004) "Decision-Making for Investors, Theory, Practice and Pitfalls", Mauboussin on Strategy Legg Mason Funds Management May 24, 2004

Al respecto Mauboussin (2004)²²⁰ destaca entre los puntos que analiza como revisables del método de Flujo de Caja Descontados justamente la determinación del costo de capital, destacando, entre otros aspectos, el concepto de costo de capital como la velocidad de ajuste de los flujos para reflejar su valor presente, que depende del costo del capital propio que en muchas empresas puede determinarse de manera transparente (por ej. a partir de obligaciones contractuales de pagos de cupones entre otros) pero cuando se acude al método de Fijación de Precios de Activos de Capital (CAPM) con tasa libre de riesgo (generalmente accesible), riesgo de mercado y Beta, su determinación ya se torna más difícil. Mauboussin señala que hay diferencias entre la teoría y la práctica acerca de estos dos términos de la fórmula de CAPM.

Como ha sido bien documentado (Dixit y Pindyck (1994), Trigeorgis (1996), Copeland y Antikarov (2001)), el método DCF asume que todos los flujos de fondos futuros son estáticos, y no prevé cambios de valor asociado con la flexibilidad de gestión que se aplique en cada caso. Esa flexibilidad o capacidad de actuar sobre los proyectos, implica capacidad de actuar sobre el valor de los mismos. Para tener en cuenta el valor de esta flexibilidad, se han propuesto numerosos enfoques prácticos para su aplicación en las opciones reales. Borison (2005)²²¹ estudia los principales enfoques utilizados en la práctica, y señala que cada método tiene sus fortalezas y debilidades así como problemas respecto a su aplicación.

Laryshyn (2013)²²² sostiene que uno de los enfoques más prometedores es el MAD, el método propuesto por Copeland y Antikarov (2001). Varios consultores empresariales han utilizado el método MAD en el tiempo (Pendharkar (2010))²²³, sin embargo, se debate la base teórica para dicho

²²⁰ MAUBOUSSIN Michael, (2006) "Common Errors in DCF Models", Mauboussin on Strategy Legg Mason Funds Management March 16, 2006

²²¹ Borison, A. (2005). Real options analysis: Where are the emperor's clothes? Journal of Applied Corporate Finance 17 (2), 17{31

²²² LARYSHYN Yuri 2013 Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

²²³ Pendharkar, P. (2010). Valuing interdependent multi-stage it investments: a real options approach. European Journal of Operational Research 201 (3), 847{859

modelo. Brandao, Dyer y Hahn (2012) han puesto de relieve los problemas con la forma en que la volatilidad es considerada en el enfoque de MAD y recomiendan algunos ajustes.

Los enfoques clásicos (Dixit y Pindyck (1994) Smith y Nau (1995))²²⁴ reconocen que la mayoría de proyectos se componen por una combinación de riesgos de mercado (sistemático / exógeno) y de riesgo privado (interno / endógena). Es posible valorar el riesgo de mercado de un proyecto a través de la cobertura con activos negociables apropiados mientras que el riesgo privado se valora mediante el descuento de los valores previstos a la tasa libre de riesgo.

Amram y Kulatilaka (2000) señalan que, desde una perspectiva tradicional, cuanto mayor sea la incertidumbre, menor es el valor del activo, algo contrario a lo que se plantea en el marco de las opciones reales cuando la incertidumbre es asociada a un mayor valor, siempre y cuando los directivos la identifiquen y mediante su uso respondan ante la misma con flexibilidad. (Los Autores lo representan claramente en su explicación del aumento del valor ante la incertidumbre y su acuñado “cono de incertidumbre”).

Llegado a este punto, cabe preguntarse hasta qué punto es aplicable la metodología de DCF. Como ya se explicó, es una metodología reconocida y aceptada, de fundamentos correctos, pero que su aplicación falla en algunos casos. Esto es cuando existen opciones reales a ser medidas e incorporadas al valor dando como resultado un VAN ampliado.

Lamothe y Méndez (2013) indican que características como las siguientes pueden dar lugar al aprovechamiento de opciones sobre los activos;

- a. La presencia de directivos inteligentes, con acceso al capital, capacidad de interpretar las opciones existentes.
- b. Empresas líderes en su mercado con gran capacidad de aprovechar economías de escala.

²²⁴ Smith, J. and R. Nau (1995, May). Valuing risky projects: Option pricing theory and decision analysis. Management Science 41 (5), 795{816.

- c. Mercados con un alto nivel de incertidumbre como son los englobados en la “Nueva Economía” como las tecnológicas y biotecnológicas.

Ante la existencia de opciones reales, son cuatro los métodos generalmente aceptados para su evaluación, partiendo por el primer método propuesto por Black-Scholes (1973) que es en la práctica muy poco aplicado debido a sus hipótesis. Cox, Ross y Rubinstein (1979) plantean el abordaje para valorar las opciones siguiendo el método binomial, siendo uno de los métodos más utilizados por diversas cualidades que tiene en comparación con los otros. La simulación Montecarlo es también frecuentemente utilizada, ya que permite observar la totalidad de un proyecto en proceso de simulación a partir de diversas estimaciones de las principales variables, y por último el método propuesto por Longstaff y Schwartz (2001) para opciones americanas que es muy útil desarrollándolo de forma combinada con la simulación Montecarlo.

Lamothe y Méndez (2013) destacan la convergencia de los resultados entre los métodos, por lo que su aplicación dependerá del proyecto que se trate.

En suma, sin dudas existen herramientas para la medición del valor de las opciones existentes en un proyecto . Su aplicación puede ofrecer valiosa información a los decisores a la hora de optar por diversas alternativas.

Los casos planteados describen de cierta forma dinámica procesos de inversión en diversas instancias que ofrecen al decisor diferentes alternativas al poder operar en ellos conforme a distintos acontecimientos que afectan el desarrollo de dichos emprendimientos, como puede ser la opción de continuar o no con la misma hasta su ejecución ya en etapas más tardías.

Es una visión diferente, es una concepción del proyecto desde una perspectiva estratégica diferente a otras concepciones menos dinámicas como

las que ofrecen otros métodos de medir el valor, en particular los basados en el VAN.

De allí claramente puede deducirse que el foco de este análisis es por una parte el tradicional VAN, el VAN estático, más el conjunto de derechos empresariales contenidos en estos proyectos que son de interés del empresario y que se concentran en las opciones contenidas. La suma de ambas fuentes de valor dará el llamado VAN ampliado del proyecto.

Lo señalado solo adquiere relevancia cuando estas opciones existen y son de una magnitud importante, debido a que si tienen un efecto marginal sería innecesaria la aplicación de opciones reales pues sería suficiente su análisis por el VAN estático tradicional.

Sin dudas los proyectos que tienen un perfil como de los que se ocupa esta tesis, con inversiones modulares y graduales, con etapas diferenciadas que involucran riesgos tan diferentes como el riesgo privado propio de los desarrollos técnicos previos a la ejecución propia en un marco de riesgo de mercado, ofrecen a sus promotores un abanico de opciones que son fuentes de valor que no puede ser identificadas y valoradas directamente por métodos tradicionales.

El empresario razona en este sentido, con preocupación en aspectos de riesgos totales del emprendimiento, con la certeza que operará estratégicamente sobre el proyecto cuando pueda hacerlo.

Esta visión empresarial diferente, que contempla una suma de derechos empresariales sobre sus activos, que conjuga de cierta forma finanzas y estrategia de una forma dinámica, será contribuida con la óptica ofrecida por las opciones reales.

Esta tesis se basa en una metodología de casos múltiples. Tiene como objetivo contribuir conjuntamente con otros estudios e investigaciones que tratan de exponer la supremacía de la metodología de valoración mediante opciones reales para casos de proyectos que contengan opciones claras y exclusivas, alta incertidumbre e inversiones por etapas, a las cuales se podrá

renunciar si las condiciones no son las adecuadas, limitando de esta forma pérdidas, o bien podrán emprenderse acciones de crecimiento si las condiciones son las propicias, abriendo de esta forma la puerta hacia un mundo dinámico empresarial y real que se aparta poco a poco de reconocidos pero rígidos esquemas de valoración, como los basados exclusivamente en descuento de flujos de fondos.

Observando los resultados obtenidos en los cuatro proyectos analizados, se puede observar como patrón común que todos ellos tienen un perfil similar ya que poseen las siguientes características:

- a. Todos los proyectos se caracterizan por tener etapas para su desarrollo claramente definidas.
- b. Cada etapa o fase tiene una probabilidad de suceso que es posible estimar.
- c. Cada etapa involucra inversiones definidas.
- d. Dichas inversiones son contingentes y serán efectivas solo si las condiciones no son adversas para el proyecto y para los intereses de quien lleva a cabo el emprendimiento. Si estas fases pueden tener un paralelismo con una opción de compra para quien emprende, estas inversiones se pueden asociar a un precio de ejercicio de una opción.
- e. En cada caso hay opciones exclusivas o al menos no compartidas con el resto de los concurrentes del sector que se trate, lo que otorga un especial valor a la acción de la Dirección sobre los emprendimientos.
- f. La incertidumbre es elevada y es vista como sinónimo de valor para estos emprendimientos al poder aprovechar su potencial en casos positivos y restringir impactos ante los escenarios negativos, evitando importantes pérdidas, algo importante y propio del empresariado y que otro tipo de evaluaciones fuera de las opciones reales no contempla adecuadamente.
- g. Existe incertidumbre en los proyectos que cambia a lo largo del horizonte de análisis.

- h. No es posible ajustar al riesgo los flujos de fondos a una tasa que incorpore el riesgo y permanezca incambiada para toda la vida del proyecto.

Conforme se señaló, los resultados de las valoraciones efectuadas en cada caso se destaca claramente la existencia de opciones contenidas en todos ellos, muy valiosas por cierto.

Estas opciones no es posible observarlas y menos aún medir su valor para cada proyecto desde una perspectiva ajena a la metodología de las opciones reales.

Lo señalado sugiere que en ciertos casos los métodos tradicionales devuelven valores inferiores que la metodología de Opciones Reales, o sea que los métodos, según sea el aplicado, pueden infravalorar algunos proyectos.

Quizás lo expuesto sea parte de la explicación de porqué algunos directivos prosiguen con sus emprendimientos pese a magros(eventualmente negativos) indicadores de rentabilidad y conveniencia que devuelven algunos métodos tradicionales confiando en su capacidad de gestión y en el valor residente en el cambio de curso de los negocios.

Entonces, ¿cuál es la forma más adecuada de valorar proyectos de este tipo?. O bien ¿por qué emprenden igualmente los directivos que creen en sus proyectos aun cuando los indicadores de conveniencia son bajos y hasta negativos?

Quizás parte de la respuesta a esta interrogante venga desde la realidad empresarial, la realidad diaria del directivo que toma decisiones vitales para empresas y proyectos.

Si observamos la realidad empresarial vemos que hay proyectos cuyo valor determinado tradicionalmente es bajo, e incluso casos con VAN Esperado ajustado al riesgo negativo, que serían técnicamente rechazados ya

que incumplen con la regla de aceptación ($VAN \geq 0$), pero sin embargo muchos de ellos se llevan a cabo en la vida real.

Frente a estos indicadores de baja creación de valor (y destrucción en algunos casos) los directivos tienen diversas respuestas que no siempre se contemplan en los cálculos.

Por ejemplo, ante eventuales situaciones catastróficas en el desarrollo de los negocios, los directivos tienen en mente alternativas –y así justifican su accionar pese a indicadores nada alentadores- que reducen la pérdida en esos escenarios o directamente las evitan en algunos casos. Siguiendo los casos estudiados, por ejemplo ante fracaso de negocios portuarios propios, la dirección de Lobraus podrá fácilmente arrendar espacios reconvirtiendo su negocio en una actividad inmobiliaria, o las explotaciones mineras podrán abandonar las perforaciones redirigiéndolas a otras explotaciones en el área o bien efectuar un completo abandono acotando pérdidas. Como el desarrollo del fármaco puede vender su licencia en cualquier momento al valor que corresponda a su desarrollo realizado, las explotaciones mineras podrán incluso, ante una baja de expectativas, transitar por un camino adicional e intermedio que es la venta de los permisos de explotación a otros interesados y salirse del negocio sin mayores pérdidas.

O bien, en el caso específico de Lobraus que, presentando dificultades de financiamiento de la banca tradicional uruguaya por tener un proyecto valorado de forma tradicional con VAN negativo, tiene en los hechos varios empresarios interesados en asociaciones de distinto tipo e incluso ha planteado a terceros un negocio de opciones sobre sus propias acciones que ha prosperado.

Lo señalado sugiere que no es ajeno al mundo empresarial el marco que caracteriza a las opciones reales y aunque no dominen sus técnicas, su concepto es manejado día a día en las empresas.

Esta capacidad de acción de los directivos sobre sus emprendimientos ejemplificada precedentemente entre múltiples alternativas que tiene cada emprendimiento a lo largo de su vida, no solo da confianza para emprender a

quienes lideran los procesos de inversión y explotación en los proyectos, sino que es sinónimo de valor. Este valor no puede ser adecuadamente recogido por las metodologías basadas en descuento de flujos de caja y sí por otras como las basadas en opciones reales.

Finalmente y a modo de síntesis, a partir de los casos analizados esta tesis puede concluir y sumarse a otros estudios en este sentido, que los métodos basados en opciones reales ofrecen un abordaje teórico más adecuado para la valoración de cierto tipo de proyectos como los descritos precedentemente.

Los resultados obtenidos desde este enfoque teórico son superiores a los obtenidos por métodos tradicionales muy válidos y reconocidos pero con ciertas limitaciones para valorar activos contingentes.

Esta valoración superior desde la teoría está alineada con la filosofía empresaria, que en los hechos acomete con éxito emprendimientos que de juzgarse solo por los indicadores tradicionales de evaluación nunca se llevarían a cabo.

Este tipo de abordaje tiene especial relevancia en países como Uruguay con escaso desarrollo de mercado de valores, donde es difícil encontrar referencias de un valor reconocido que señale el justo valor de un emprendimiento.

Esta falta de referencia dificulta contrastes de valor, pero no por ello se deja de reconocer que ciertas empresas son más valiosas que lo que indique su flujo de fondos descontados, o sea que el mercado reconoce más valor que las mediciones tradicionales, el valor de las opciones contenidas.

Los resultados obtenidos en cada valoración dependen igualmente de múltiples estimaciones, partiendo del tradicional flujo de fondos descontados al futuro en sus fases comerciales, las volatilidades de los proyectos así como probabilidades de suceso entre otras variables.

Todo esto explica un mayor valor.

Yendo más allá del concepto de exactitud de valor, todo intento prudente de determinar primero opciones que realmente existan en cada proyecto y luego al tratar de cuantificarlas razonablemente mediante una correcta aplicación de la metodología de opciones reales para cada caso, ofrecerá una referencia de valor que estará sin dudas más próxima al justo valor que al determinado por métodos tradicionales, siempre recordando que valor y precio son dos conceptos diferentes.

Sin embargo, existe una necesidad de trabajar con extrema prudencia y consideraciones a tener en cuenta para la aplicación de opciones reales a proyectos del tipo que se han analizado como:

- a. Clara evidencia de la existencia de opciones reales.
- b. No considerar como propia una opción compartida
- c. La simple sumatoria de diversas opciones reales existentes en un proyecto no representa la totalidad de las opciones contenidas en el mismo.
- d. Acudir a la fórmula de Black-Scholes para cálculo de las opciones de un proyecto (como se desarrolló hay varios elementos que desaconsejan su uso aunque su empleo sea tentador para algunos analistas).
- e. Varios de estos proyectos se basan en contratos que contienen opciones reales pero no necesariamente un contrato implica la existencia de las mismas.
- f. Muchas de estas valoraciones se basan en la observación de acontecimientos futuros, de mercados que en la actualidad no existen e incluso demandas que no es necesario satisfacer hoy, por lo que es difícil estimar su comportamiento. Sumado a esto volatilidades y probabilidades de suceso estimadas o promedio que surgen de diversas realidades ofrecen un rango amplio de valores posibles que nutren al modelo. En este marco de incertidumbre acerca del futuro surge una realidad que concluye en la existencia de un mayor valor conferido por la existencia de opciones reales y una pregunta ¿hasta qué valor se

reconoce por la existencia de estas opciones reales?. En suma es indiscutible su existencia pero discutible su valor.

- g. Respecto a su valor en países como Uruguay donde no existe un mercado desarrollado de valores es muy difícil la contrastación que ofrece el mismo. Aunque no fuese así, y existiese un dinámico mercado de valores, las bolsas del mundo no están exentas de efectos derivados de crisis diversas e incluso burbujas especulativas que distorsionan el valor real de los activos transados.
- h. No obstante estas restricciones y observaciones, los modelos aplicados en esta tesis demuestran clara superioridad frente a otros métodos más estáticos a la hora de evaluar proyectos con estas características.
- i. El mundo globalizado e interconectado en crecimiento no está ajeno al mundo de los negocios, planteando oportunidades únicas para muchas empresas, acuerdos entre partes con fines empresariales singulares e irrepetibles, oportunidades claras de expansión y crecimiento, mayor información que permite a los directores de empresas operar en ellas con mayor claridad entre otros, y se presenta como un escenario más propicio para la aplicación de opciones reales que para el uso de tradicionales métodos reconocidos por décadas, pero que en determinadas circunstancias dejan evidencias de sus limitados alcances.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALÁ OLID, Francisco (1995) El Capital de riesgo en España: Análisis del procedimiento de actuación. Universidad de Jaén.Editorial Civitas, Madrid.

ALVIRA MARTÍN, Francisco, GARCIA Ferrando, Manuel, IBÁÑEZ, Jesús (2000) El análisis de la realidad social: métodos y técnicas de investigaciónAlvira Martín Francisco, Diseños de investigación social: Criterios operativos. Parte 3 pp 87-91 Editorial , Madrid

AMRAM Martha y KULATILAKA Nalin.. (2000), Opciones Reales Evaluacion de Inversiones en un mundo incierto,Ediciones Gestion 2000 SA, Barcelona.

ARNOLD T. y SHOKLEY R. (2001) “Value creation at Anheuser-Busch a real option example” of Journal Applied Corporate Finance SUMMER 2001 VOLUME 14.2 .

AROJÄRVI, Olli. (2001). How to Value Biotechnology Firms: A Study of Current Approaches and Key Value Drivers. Helsinki School of Economics and Business Administration.

BASTIAN-PINTO, C., BRANDAO, L., & HAHN, W. J. (2009). Flexibility as a source of value in the production of alternative fuels: The ethanol case. Energy Economics, 31(3), 411-422.

BASTIAN-PINTO, Carlos, Teixeira BRANDAO, Luiz, RAPHAEL, Rafael, de MAGALHAES OZORIO, Luiz, (2013). Financial Valuation of operational Flexibilities in the Aluminum Industry Using Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

BENAROCHE, M., R. J. KAUFFMAN. 2000. Justifying electronic banking network expansion using real options analysis. *MIS Quarterly* 24 197–225.

BESSENBINDER, H., COUGHENOUR J. F., SEGUIN, P. J., & SMOLLER, M. M. (1995). Mean Reversion in Equilibrium Asset Prices: Evidence from Futures Term Structure. [Note]. *Journal of Finance*, 50(1), 361-375

BLACK, Fischer y SHOLES, Miron (1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" *Journal of Political Economy*, mayo-junio pp637-654.

BODGAN, Boris y Villiger, Ralph (2010): *Valuation in life Sciences*. Springer. Berlin, 3ª Ed.

BORISON, A. (2005). Real options analysis: Where are the emperor's clothes? *Journal of Applied Corporate Finance* 17 (2), 17{31

BOYLE, Phelim P. (1977). "Options; a Monte Carlo Approach" *Journal of Financial Economics* pp323-338.

BREALEY, R. y MYERS, S. (2002) .*Fundamentals of Corporate Finance*, Mc. Graw-Hill; Nueva York.

BRENNAN, M. J., & SCHWARTZ, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*, 58(2), 135-157

BRANDAO, Luiz E., DYER, James S HAHN. Warren J. (2005). Using binomial trees to solve real-option valuation problems. *Decision Anal.* 2(2) 69-88

BRANDAO, L. E., J. S. DYER, W. J. HAHN. 2008. Response to comments on brandao et al. (2005). *Decision Analysis* 2 103–109.

BRANDAO, L. E., J. S. DYER. 2005. Decision analysis and real options: A discrete time approach to real option valuation. *Annals of Operations Research* 135(1) 21–39.

BRANDAO, Luiz E., DYER, James S HAHN. Warren J. (2012). Volatility estimation for stochastic projectvalue models. *European Journal of Operational Research* 220 (3), 642{648.

BRATIC, Walter TILTON, Patricia, BALAKRISHNAN, Mira (1997): “Navigating through a Biotech Valuation” *Journal of Biotechnology Research and Regulation* vol 4 No.3 pp.:207-216.

CAPOZZA, D. R., G. A. Sick. 1991. Valuing long-term leases: the option to redevelop. *Journal of Real Estate Economics and Finance* 4 209–233.

CAROL Alexander y XI, Chen, 2013 Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

COPELAND Tom ANTIKAROV Vladimir (2001) *Real Options a Practicioner’s Guide*, Texere New York 2001.

COPELAND, T., T. KOLLER, J. MURRIN. 1990. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. John Wiley & Sons.

COX, John.C.; ROSS, Stephen.A. y RUBINSTEIN, M (1979) “Option Pricing: A Simplified Approach” *Journal of Financial Economics*, 7, 229-263.

COX. John.C. y ROSS, Stephen.A. (1976), The valuation of options for alternative stochastic processes, *Journal of Financial Economics* 3, 145-166.

CHALMERS, A.F. (1986), *What Is This Thing Called Science?*, 2nd ed., Open University Press, Suffolk.

CHARNES, John KELLOGG David (2000) Using Real Options Valuation Methods for a Biotechnology Firm. *Financial Analyst Journal*, 2000.

CHARNES, John KELLOGG David (2000). Real Options Valuation for a Biotechnology Company , 2000, *Financial Analysis Journal* 75-84.

CHUA, W.F. (1989), "Interpretative sociology and management accounting research – a critical review", *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, Vol. 2 No. 1, pp. 59-79.

DAMODARAN, Aswath (2001) *The Dark Side of Valuation*, Pearson Education, Financial Times Press, New jersey.

DAMODARAN, Aswath (2012) *Investment Valuation*, 3rd Edition, Wiley& son, New Jersey.

DAVIS, Graham A. (1998) "Estimating Volatility an Dividend Yield When Valuing Real Options to Invest or Abandon", *The quarterly Review of Economics and Finance* vol 38, pp725-754.

DIXIT, A. , R. PINDYCK (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press

EISENHARDT, K.M. (1991), "Better stories and better constructs: the case for rigor and comparative logic", *Academy of Management Review*, Vol. 16 No. 3, pp. 620-7.

FERNÁNDEZ Pablo, (1999). *Valoración de Empresas*, Gestión 2000, Barcelona.

FERNANDEZ, Pablo, (2008), 201 Errores en la valoración de empresas. Ediciones Deusto, Barcelona.

GLADSTONE David y GLADSTONE, Laura (2002) *Venture Capital Handbook*, Pearson Education, Prentice Hall Inc., New Jersey.

GLASER, B. and Strauss, A. (1967), *The Discovery of Grounded Theory: Strategies of Qualitative Research*, Weidenfeld & Nicolson, London.

GÓMEZ BEZARES, F. (1998). Las finanzas y la creación de valor, ed. Columna Comunicació Barcelona.

GÓMEZ-BEZARES, Fernando, MADARIAGA, José, SANTIBAÑEZ, Javier. (1999) Algunas reflexiones y novedades acerca de la pirámide de ratios. Boletín de Estudios Económicos Nº167, agosto 1999, pp 329-359.

GÓMEZ-BEZARES, Fernando (2010). “Valoración en tiempos de crisis” Revista Española de Capital de Riesgo 01/2010, págs..17-24.

GÓMEZ VILLA, Carlos A. (2004) Un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión usando opciones reales. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, San Juan.

GRASSELLI, M. R. 2011. Getting real with real options: A utility-based approach for finite-time investment in incomplete markets. *Journal of Business Finance and Accounting* 38(5-6) 740–764.

GRENADIER, S. R. 1996. The strategic exercise of options: development cascades and overbuilding in real estate markets. *The Journal of Finance* 51 1653–1679.

GUERRERO Carmen (2008) ponencia “Las ómicas en el desarrollo de nuevos fármacos”
Dpto. Bioquímica y Biología Molecular Laboratorios SALVAT, Barcelona.

GUIVERNAU ESCUER JOSEP MARIA (2005) Tesis doctoral Estudio de la flexibilidad
empresarial desde la perspectiva de las opciones reales ESADE, Barcelona 2005.

GUTIÉRREZ LÓPEZ, José (2006). *Estudio socio-cartográfico del alumnado de los dos
primeros cursos de la ESO en un instituto de enseñanza secundaria*. Madrid España.
Edita Secretaria General Técnica del CIDE

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, L. (2007) Metodología de
la Investigación, Ed. Mc. Graw Hill, Santiago de Chile.

HIGGINS, Robert (2004) Analysis for Financial Management, McGraw-Hill 7ª. Edición,
Madrid.

HEIMLICH, Erik. 2009. Paper electrónico. Comisión Chilena del Cobre. Dirección de
Estudios y Políticas Públicas. Incorporación de riesgo a la evaluación de proyectos
mineros

JAMES, Mimi KOLLER, Timothy, (2000) “Valuation in Emerging Markets”. The McKinsey
Quartely, Nº4, pp78-85

KELLOGG, David, CHARNES John, DEMIRER, Riza (1999) : “Valuation of a Biotechnology
Firm: An application of real options methodology” 3rd Annual Real Options Conference.
Leiden.

KESTER, W.Carl (1984): "Today's options for tomorrow's growth" *Harvard Business Review* (Marzo-Abril) 1984. Págs.: 153-160.

KOGUT, B. 1991. Joint ventures and the option to expand and acquire. *Management Science* 37 19–33.

KNIGHT,F.H. (1921). Risk, uncertainty and profit. The Riverside Press

KULATILAKA Amram M. Kulatilaka, Nalin (2000); *Opciones Reales*, 2000, Gestion 2000, Barcelona.

LAMOTHE ,Prosper y García Pablo (2004). "La volatilidad implícita en las opciones sobre índices bursátiles. Propuesta de metodología de estimación. Documento de Trabajo 0407, Doctorado de Finanzas de Empresa, Universidad Complutense y Universidad Autónoma de Madrid.

LAMOTHE Prosper PEREZ SÓMALO, Miguel: (2007) *Opciones Financieras y Productos Estructurados* , McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Madrid.

LAMOTHE Prosper y ARAGÓN Rubén, (2003) *Valoración de empresas asociadas a la Nueva economía*, Ed. Pirámide, Madrid.

LAMOTHE Prosper, MASCAREÑAS Juan, LÓPEZ LUBIÁN Francisco, de LUNA, Walter, (2004), *Opciones reales y valoración de activos* Prentice Hall Pearson Educación, Madrid.

LAMOTHE, Prosper y MÉNDEZ, Mariano (2013) *Opciones reales. Métodos de Simulación y Valoración*, Ed. Ecobook,Madrid.

LAMOTHE Prosper, MÉNDEZ Mariano (2006). Valoración a través de una opción real compuesta de un parque eólico con riesgos privados y de mercado, Documento de trabajo, Doctorado en Finanzas de empresas Universidad Complutense y Universidad Autónoma de Madrid, ISSN1698-8183, documento de trabajo 0603, Madrid.

LAMOTHE, Prosper, MÉNDEZ, Mariano, (2009) La valoración con opciones reales. Aplicación a la licencia de explotación de una mina de cobre. Revista de Contabilidad y Dirección Vol 8, 2009, pp173-187.

LARYSHYN Yuri 2013 Real Option Theory annual International Real Options Conference, Tokio

LONGSTAFF, F. A., SCHWARTZ, Eduardo. (2001). Valuing American options by simulation. A simple least-squares approach. Rev. Financia1 Stud. 14(1) 113-147.

LÓPEZ DUMRAUF,Guillermo, (2003), Tendencias en Valuación : Cuatro pasos para incluir el valor de las opciones reales. Ejecutivo de Finanzas, Octubre 2003, Buenos Aires.

LÓPEZ DUMRAUF, Guillermo, (2005).Opciones Reales, “Estado del arte y avances en la última década” Universidad de CEMA, Buenos Aires, Argentina 2005.

LÓPEZ LUBIÁN, Francisco , (2001) Trampas en la Valoración de Empresas.Deusto Business Review Marzo Abril 2001.

LUKKA, Kari , KASANEN, Eero *“The problem of generalizability: anecdotes and evidence in accounting research” Helsinki, Finland. Accounting, Auditing & Accountability Journal, Vol. 8 No. 5, 1995, pp. 71-90. MCB University Press, 0951-3574*

MABOUSSIN, Michael (2004) "Decision-Making for Investors, Theory, Practice and Pitfalls", Mauboussin on Strategy Legg Mason Funds Management May 24, 2004

MABOUSSIN Michael, (2006) "Common Errors in DCF Models", Mauboussin on Strategy Legg Mason Funds Management March 16, 2006

MARRADI, Alberto, ARCHENTI, Nélida, PIOVANI, Juan I. (2007) Metodología de las Ciencias Sociales, Emecé Editores, Buenos Aires.

MARTIN MARIN, José L. y TRUJILLO PONCE, Antonio, (2003) Los modelos de valoración de opciones en la gestión de riesgo de crédito:¿Una alternativa?, Universidad Pablo Olavide, Sevilla, Boletín de Estudios Económicos, Vol. LVIII, Nº179, agosto 2003, pp329-365.

MASCAREÑAS Juan, (2007). Opciones Reales en la valoración de proyectos de inversión; Universidad Complutense de Madrid, ISSN:1988-1878, 2007

MASCAREÑAS, Juan (2007). "Las acciones ordinarias como opciones sobre el activo de la empresa" Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas, ISSN:1988-1878, Universidad Complutense de Madrid.

MASCAREÑAS, Juan., LAMOTHE, Prosper., LÓPEZ, Francisco. y LUNA Walter. (2004). Opciones Reales y Valoración de Activos. Prentice Hall. Madrid

MASCAREÑAS, JUAN: (2005) "Valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta, Documento de Trabajo 0505 Doctorado de Finanzas, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Complutense de Madrid, ISSN 1698-8183" McGraw-Hill, Nueva York, Caps. 4 y 5. Pp.60-66)

MASCAREÑAS Juan, (2012) La Valoración de un proyecto biotecnológico como una opción real compuesta, Universidad Complutense de Madrid. (trabajo ampliado del homónimo de 2005).

MASON, S. P., R. C. Merton. 1985. Recent Advances in Corporate Finance. 7-54. Irwin, Boston, MA.

McDONALD, R., D. SIEGEL. 1986. The value of waiting to invest. Quarterly Journal of Economics 101(4) 707–727.

MCINTYRE, A. (1990), *After Virtue. A Study in Moral Theory*, 2nd ed., 3rd imp., Duckworth, Guildford and King's Lynn.

MERRIAM, Shara B. (1998). Qualitative research and case study applications in education.: Jossey-Bass, San Francisco

MYERS, S. C. 1977. Determinantes of corporate borrowing. Journal of Financial Economics 5(2) 147–175.

MYERS, S. HOWE, C. (1997) : “A Life Cycle Financial Model of Pharmaceutical R&D, Program on the Pharmaceutical Industry”. Massachusetts Institute of Technology, Boston.

NATENBERG, Sheldon. (1994), *Option Volatility and Pricing: Advance Trading Strategies and Techniques*, McGraw-Hill, Chicago

PANAYI, S., L. TRIGEORGIS. 1998. Multi-stage real options: the cases of information technology infrastructure and international bank expansion. The Quarterly Review of Economics and Finance
38 675–682.

PATEL, K., D. PAXSON, T. F. Sing. 2005. A review of the practical uses of real property options. RICS Research Paper Series, 5:1.

PENDHARKAR, P. (2010). Valuing interdependent multi-stage it investments: a real options approach. *European Journal of Operational Research* 201 (3), 847{859

PEÑA, Iñaki.; Rubio, G.; Serna, G. (1999): Why do we smile? On the determinants of the implied volatility function. *Journal of Banking and Finance*. Page. 1151-1179.

PEÑA, Iñaki, MINER, Javier, OTAMENDI, Nagore: (2000) Opciones Reales: Aplicación a Decisiones de Internacionalización, mayo de 2000, Documento presentado al VIII Foro de Finanzas, Donostia.

PHILLIPPE , Henri (2005) Real Options: Still Looking for evidence? PhD Research Paper Université Paris-Dauphine, Paris.

PLATAFORMA PARA LA INNOVACIÓN FARMACÉUTICA DE GINEBRA (2007)
Cómo atender las necesidades sanitarias esenciales del mundo. Federación Internacional de la Industria del Medicamento. Ginebra.

PRATT, V. (1983), *The Philosophy of the Social Sciences*, Methuen, Cambridge.

RAPPAPORT Alfred (1998) (2005) Creating shareholder value: a guide for managers and investors 2nd. Edition, The Free Press, Simon&Schuster Inc., Nueva York.

QUIGG, L. 1993. Empirical testing of real option-pricing models. *The Journal of Finance* 48 621–640.

ROJO, Alfonso (2007) : Valoración de empresas y gestión basada en Valor, Thomson, Madrid, p84.

ROSLENDER, R. (1990), "Sociology and management accounting research", *British Accounting Review*, Vol. 22 No. 4, .

ROVIRA, Cristofol. CODINA, Lluís. MARCOS, Mari Carmen. PALMA, Maria del Valle (2004) *Información y documentación digital 2004*. Barcelona España. Ediciones Peticó

RUBIO, Gracia, (2005) Valoración del sector biotecnológico europeo, la búsqueda de su valor razonable a través de modelos con opciones reales, tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid.

RUIZ MEDINA, Manuel (2011) Tesis Doctoral "Políticas Públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México", Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

SANJURJO, Miguel y REINOSO, Pilar, 2003, Valoración de Empresas, Pearson Educación SA, Madrid.

SAPAG CHAIN, Nassir, (1998), Evaluación de inversiones en la empresa, CIADE, Santiago de Chile

SCAPENS, R.W. (1990), "Researching management accounting practice: the role of case study methods", *British Accounting Review*, Vol. 22,

SCAPENS, R.W. (1992), "The role of case study methods in management accounting research: a personal reflection and reply", *British Accounting Review*, Vol. 24,.

SCHWARTZ, Eduardo. (1997). *Valuing Long Term Commodity Assets*. Working Paper #7-97, UCLA. 23.

SLADE, M. (2001). *Valuing managerial flexibility: An application of real-option theory to mining investments*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 193-233

SMIT, H. T. J. 1996. The valuation of offshore concessions in the Netherlands. *Financial Management* 26(2) 5–17.

SMITH, J. E., K. F. McCARDLE. 1998. Valuing oil properties: Integrating option pricing and decision analysis approaches. *Operations Research* 46(2) 198–217.

SMITH, J. , R. NAU (1995, May). Valuing risky projects: Option pricing theory and decision analysis. *Management Science* 41 (5), 795{816.

STAKE, R.E. (2007). *Investigación con estudio de casos*. Cuarta edición. Madrid España. Ediciones Morata

TIMMONS Jeffry A. (1993) *The Entrepreneurial Mind*, Brick House Publishing Company, Acton, Massachusetts.

TRIAANTIS, A. J., J. E. HODDER. 1990. Valuing flexibility as a complex option. *The Journal of Finance* 45 549–565.

TRIGEORGIS, L. 1993. The nature of option interactions and the valuation of Investments with multiple real options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* 28 1–20.

TRIGEORGIS, Lenos, (1996). Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. The MIT Press, Cambridge. Massachussets.

TRIGEORGIS, L., P. MASON. 1987. Valuing managerial flexibility. Midland Corporate Finance Journal 5 14–21

VIDAL, A. P., MOTTA, L. F. J. d., GOMES, L. L., OLIVEIRA, D. L. d. (2011). Avaliação de um Projeto de Mineração aplicando a Teoria das Opções Reais In Mauad (Ed.), Investimentos em Infraestrutura (Vol. 1). Rio de Janeiro.

VASILACHIS de GIALDINO, Irene (2006) Estrategias de Investigación Cualitativa, Gedisa Editorial, Barcelona.

YEO, K. T., F. QIU. 2002. The value of management flexibility - a real option approach to investment evaluation. International Journal of Project Management 21 243–250.

YIN, ROBERT K. (1984): Case study research. Design and Methods. Applied Social Research Series, vol 5. Sage Publications. London.

www.aratiri.com.uy

www.amgen.es

www.codelco.com

www.phrma.org

www.niif.co

www.rae.es

www.bolsamadrid.es

www.lobraus.com

www.pasteur.edu.uy

www.phrma.org

www.sonami.cl

aswathdamodaran.blogspot.com

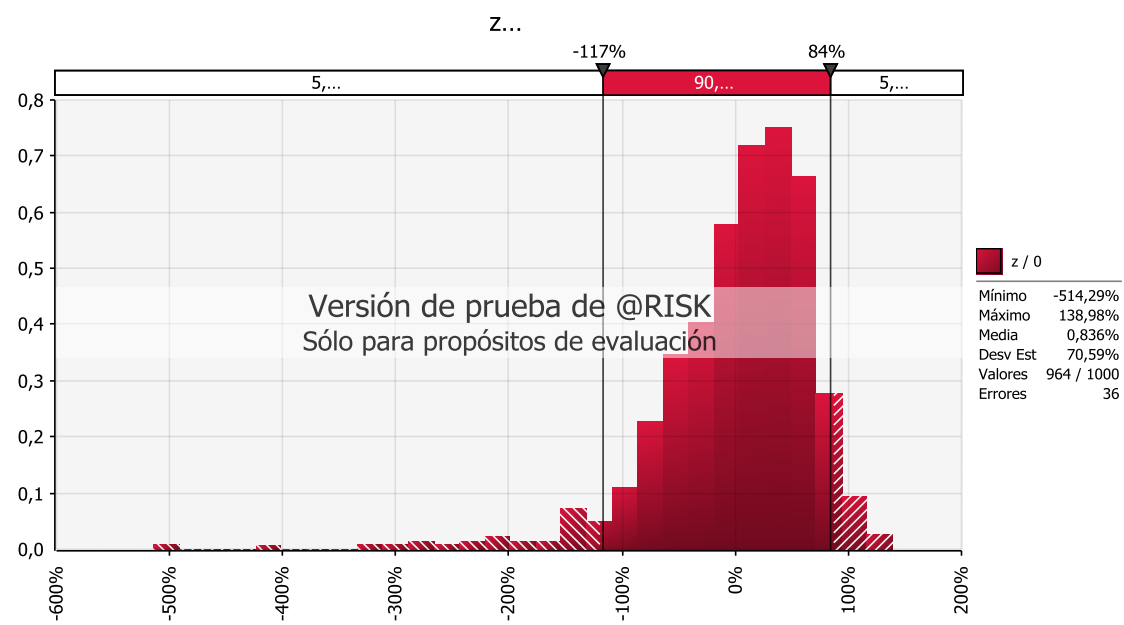
<http://www.stern.nyu.edu>

ANEXOS

ANEXO

ANEXO: CASO MINA ORO BRASIL : CUADROS Y SIMULACION

Estimación de la Volatilidad



Parámetros		
Variable	Oro	
Precio inicial	1650	USD/oz
Variación de tiempo, Δt	1	años
Horizonte Temporal, T	10	años
Precio Medio a Largo Plazo	1557	USD/oz
Ln(Precio medio), x	7,35	
Velocidad de Reversión Anual, η	0,46	
Veloc. Revers. x Variac. Tiempo	0,46	
Half Life (tiempo para alcanzar la mitad del camino a la media)	1,50	años
Volatilidad Anual	13,54%	
Frecuencia (λu) jump up	0,00%	
Frecuencia (λd) jump down	0,00%	
Tamaño medio jump up	0,00%	
Tamaño medio jump down	0,00%	
Var(ϕ)	0,01	

		dz					
Año	# años	εA_u	$x(t) A_u$	Jump U A_u ?	Jump D A_u ?	Jump Size A_u	P au
2.012	0	0,00	7,35	no	no	0,00	1650,00
2.013	1	0,00	7,35	no	no	0,00	1547,71
2.014	2	0,00	7,35	no	no	0,00	1544,04
2.015	3	0,00	7,35	no	no	0,00	1542,59
2.016	4	0,00	7,35	no	no	0,00	1542,01
2.017	5	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,78
2.018	6	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,69
2.019	7	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,66
2.020	8	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,64
2.021	9	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,64
2.022	10	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.023	11	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.024	12	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.025	13	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.026	14	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.027	15	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.028	16	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.029	17	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.030	18	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.031	19	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63
2.032	20	0,00	7,35	no	no	0,00	1541,63

cálculo de volatilidad del oro (período octubre 2010-julio 2012)

Fecha		USD/oz		log (pcio)	log(pi/pi-1)	log(pi/pi-1)-media	(log(pi/pi-1)-media)^2	
nov-10	1	1.370		7,218				
dic-10	2	1.391		7,233	0,015	0,007	0,000	
ene-11	3	1.356		7,208	- 0,025	- 0,032	0,001	
feb-11	4	1.373		7,220	0,012	0,004	0,000	
mar-11	5	1.424		7,257	0,037	0,029	0,001	
abr-11	6	1.474		7,291	0,034	0,027	0,001	
may-11	7	1.510		7,316	0,025	0,017	0,000	
jun-11	8	1.529		7,328	0,012	0,004	0,000	
jul-11	9	1.573		7,356	0,028	0,021	0,000	
ago-11	10	1.756		7,466	0,110	0,102	0,011	
sep-11	11	1.772		7,475	0,009	0,002	0,000	
oct-11	12	1.665		7,413	- 0,062	- 0,070	0,005	
nov-11	13	1.739		7,456	0,043	0,036	0,001	
dic-11	14	1.652		7,405	- 0,051	- 0,059	0,003	
ene-12	15	1.656		7,408	0,002	0,005	0,000	
feb-12	16	1.743		7,458	0,051	0,043	0,002	
mar-12	17	1.674		7,418	- 0,040	- 0,048	0,002	
abr-12	18	1.650		7,404	- 0,014	- 0,022	0,000	
may-12	19	1.586		7,364	- 0,040	- 0,047	0,002	
jun-12	20	1.597		7,371	0,007	0,001	0,000	
jul-12	21	1.594		7,369	- 0,002	- 0,009	0,000	
				media	0,008	suma	0,031	
					error típico	0,061935701		
					varianza		0,0015	
					desv mensual		3,91%	
					desv anual		13,54%	

MEDIA, DESVIACIONES, PRECIOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS

Precio Medio 1.575 USD/Oz
Desv Típica 135,6 (mensual)
Precio Mínimo 1.356
Precio Máximo 1.772

Rend.medio 0,008 (mensual)
desv típica 3,91% (mensual)
Rend. Máx 0,110 (mensual)
Rend Mín - 0,062 (mensual)

ANÁLISIS DE LOS SALTOS DE RENDIMIENTOS Y SU RELEVANCIA

Rendim Medio 0,008
desviación std 3,91%
3 desv std 11,7%
media + 3 de: 0,125 criterio de relevancia del salto
rendimientos por encima 0 No relevancia
rendimientos por debajo 0 No relevancia

PROYECTO PURO
PERÍODO FLUJO DE CAJA

			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Humedad							8%	8%	8%	8%	8%	8%
Ley del Concentrado		el concentrado extraído no es puro, tiene una cantidad de metal que indica la ley de concentrado					32,00%	32%	32%	32%	32%	32%
Deducciones por pérdidas metalúrgicas		fuente Sociedad Nacional Minera Chile					4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
Costes de Refino y Comercialización	USD6/oz	fuente Sociedad Nacional Minera Chile				USD/Ton	192.926,05	192.926,05	192.926,05	192.926,05	192.926,05	192.926,05
Costes de fusión y conversión						USD/Ton	90	90	90	90	90	90
Flete (Brasil-Europa)						USD/Ton	300	300	300	300	300	300
PRECIO FOB	usd/ton						13.826.963	13.826.903	13.826.085	13.825.761	13.825.632	13.825.581
Coste Flete							324,00	324,00	324,00	324,00	324,00	324,00
Coste Seguro							8.961	8.960	8.959	8.959	8.959	8.959
PRECIO CIF							13.819.677	13.817.619	13.816.802	13.816.478	13.816.349	13.816.298

DESCRIPCIÓN

Producción Mineral	Ton						10.650	10.650	10.650	10.650	10.650	10.650
Ley Media	% oro	esperado en el metal velioso bruto /ton mineral					0,0010%	0,0010%	0,0010%	0,0010%	0,0010%	0,0010%
Recuperación	%	de la cantidad de metal existente solamente podra extraerse parte del mismo					87%	87%	87%	87%	87%	87%
Producción de Concentrado	Ton						0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Precio Oro Fino	US\$/oz						1.542,01	1.542	1.542	1.542	1.541,64	1.542
Precio Concentrado Simulado	US\$/ton conc.						13.819.677	13.817.619	13.816.802	13.816.478	13.816.349	13.816.298

ESTADO DE RESULTADOS

INGRESOS NETOS			USD	16.511.891				4.016.776	4.016.177	4.015.940	4.015.846	4.015.808	4.015.793
el proyecto no funde	Costo Mina	USD	6.403.473	0	0	0	0	1.557.489	1.557.489	1.557.489	1.557.489	1.557.489	1.557.489
	Costos Planta	USD	4.802.605	0	0	0	0	1.168.117	1.168.117	1.168.117	1.168.117	1.168.117	1.168.117
	Costo Fundición Refinación	USD	5.522.995	0	0	0	0	1.343.335	1.343.335	1.343.335	1.343.335	1.343.335	1.343.335
	TOTAL COSTO OPERACIONAL	USD	11.206.078	0	0	0	0	2.725.606	2.725.606	2.725.606	2.725.606	2.725.606	2.725.606
	INGRESO NETO OPERACIONAL	USD	5.305.814	0	0	0	0	1.291.169	1.290.571	1.290.334	1.290.239	1.290.202	1.290.187
	Gastos Grales. Y Administrativos	USD		0	0	0	0	97.343	97.343	97.343	97.343	97.343	97.343
	Depreciación Inversión Nueva	USD		0	0	0	0	494.833	225.833	88.333	-	-	-
	Amortización Activos Nominales	USD		0	0	0	0	147.888					
	Intereses Deuda	USD		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arrendamiento predio	USD						240.000	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000
	Utilidad Bruta Antes de Impuestos	USD	2.965.963	0	0	0	0	509.538	630.051	767.314	855.553	855.516	855.501
	Pérdidas del Ejercicio Anterior	USD		0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	Ingreso Neto Tributuable	USD	2.965.963	0	0	0	0	509.538	630.051	767.314	855.553	855.516	855.501
	Impuesto calculado 35 %	USD	1.038.087	0	0	0	0	178.338	220.518	268.560	299.444	299.431	299.425
	UTILIDAD NETA	USD	1.927.876	0	0	0	0	331.200	409.533	498.754	556.110	556.085	556.076
	Utilidad Neta	USD		0	0	0	0	331.200	409.533	498.754	556.110	556.085	556.076
	Depreciaciones	USD		0	0	0	0	494.833	225.833	88.333	-	-	-
	Amortización Activos Nominales	USD		0	0	0	0	(147.888)	0	0	0	0	0
	Inversiones	USD											
	Infraestructura	USD	-				-						
	Infraestructura Mina	USD	-				-						
	Equipos	USD	1.478.884	0	0	0	1.478.884	0	0	0	0	-	-
	Total Inversiones Depreciables	USD		0	0	0	1.478.884	0	0	0	0	-	-
	Inversión en Otros Activos	USD		0	0	0	147.888						
	Capital de Trabajo	USD		0	0	0	681.402						681.402
	Valor Residual	USD											0
	Amortización de Préstamos	USD						0	0	0	0	0	
	Préstamo	USD				0							

FLUJOS

			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
FLUJO DE CAJA NETO ANUAL			1.795.831	0	0	0	0	678.145	635.367	587.087	556.110	556.085	1.237.477
Inversión			0	0	0	(2.308.174)							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	VN0	1.795.831	2.011.330	2.252.690	2.523.013	2.825.774	2.486.722	2.149.762	1.820.646	1.483.014	1.104.890	1.237.477	
		1.795.831	2.011.330	2.252.690	2.523.013	2.825.774	2.486.722	2.149.762	1.820.646	1.483.014	1.104.890	1.237.477	
	VN1		2.011.330	2.252.690	2.523.013	2.825.774	3.164.867	2.785.129	2.407.733	2.039.124	1.660.976	1.237.477	
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
	z	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%	11,333%		
	sigma	70,59%	70,59%	70,59%	70,59%	70,59%	78,96%	82,34%	74,75%	78,11%	63,58%		
	sigma media	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%	73,07%		

USD	2012	2013	2014	2015
Cant.de Trimestres	0	4	8	16
Ing. Perfil	(54.310)			
Ing. Conceptual	(79.057)	(81.465)		
Ing. Básica	(255.736)	(263.524)	(271.550)	
Lanzamiento	(2.047.166)	(2.109.512)	(2.173.756)	(2.308.174)
Total de Inversión	(2.436.270)	(2.454.497)	(2.445.298)	(2.308.158)
Valor Presente Flujos de Caja	2.506.237	2.582.563	2.661.214	2.825.774
VAN	69.967	128.066	215.916	517.616
	Ing. Perfil	Ing. Conceptual	Ing. Básica	Lanzamiento
Probabilidad de la fase	50%	70%	90%	100%
Probabilidad condicionada	32%	63%	90%	100%
VAN ajustado por probabilidad	22.040	80.682	194.324	517.616

Probabilidad

Éxito

50%

70%

90%

100%

% Inversión
Total por Fase

2%

3%

10%

85%

100%

Inversión

USD

(54.310)

(81.465)

(271.550)

(2.308.174)

(2.715.498)

Períodos Anuales/subperíodos =	0,25
Tasa libre de riesgo (Rf) =	3,00%
Rf sub-periodo=	0,75%
Volatilidad anual σ =	73%
σ trimestre=	36,53%
wacc =	12%
wacc periods =	3,05%
u =	1,44
d =	0,69
p =	41,97%
q =	58,03%

[illegible]

Trim	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Binomial	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	28 521 317	40 014 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	892 746 205	1 286 497 155	1 863 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 082 181	7 993 466 836	11 598 412 470	16 989 423 578
		3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	892 746 205	1 286 497 155	1 863 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 082 181	7 993 466 836	11 598 412 470	
		1 562 563	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	892 746 205	1 286 497 155	1 863 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 082 181	
		863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	892 746 205	1 286 497 155	1 863 799 017	2 671 344 908	
		415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	892 746 205	1 286 497 155	
		200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	637 527 052	
		138 903	200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	429 925 671	
		96 393	138 903	200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	288 590 012	
		66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	
		46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	
		32 214	46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 027	603 076	863 076	1 242 702	1 792 188	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 139 769	16 046 796	21 123 567	33 321 317	49 010 386	69 192 144	99 706 646	
		15 513	32 214	46 421	66 893	96 3																			

DESARROLLO BINOMIAL PARA LA FASE DE ING BÁSICA

Trimestre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Binomial	2 582 563	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671	619 527 652	892 746 205	1 286 457 165	1 853 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 092 181	7 993 406 836	11 518 587 748	16 598 412 470
		1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671	619 527 652	892 746 205	1 286 457 165	1 853 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 092 181	7 993 406 836
			1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671	619 527 652	892 746 205	1 286 457 165	1 853 799 017	2 671 344 908	3 849 437 587	5 547 092 181
				863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671	619 527 652	892 746 205	1 286 457 165	1 853 799 017
					598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671	619 527 652	892 746 205
						415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138	298 350 012	429 925 671
							288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646	143 678 381	207 042 138
								200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386	69 192 144	99 706 646
									138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567	33 321 317	48 016 386
										96 393	138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769	16 046 766	23 123 567
											66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726	7 727 747	11 136 769
												46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562	3 721 502	5 362 726
													32 214	46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702	1 792 188	2 582 562
														22 355	32 214	46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 637	598 938	863 076	1 243 702
															10 765	15 513	22 355	32 214	46 421	66 893	96 393	138 903	200 161	288 434	415 637
																7 471	10 765	15 513	22 355	32 214	46 421	66 893	96 393	138 903	200 161
																	3 598	5 184	7 471	10 765	15 513	22 355	32 214	46 421	66 893
																		2 487	3 598	5 184	7 471	10 765	15 513	22 355	32 214
																			1 733	2 487	3 598	5 184	7 471	10 765	15 513
																				1 202	1 733	2 487	3 598	5 184	7 471
																					834	1 202	1 733	2 487	3 598
																						578	834	1 202	1 733
																								578	834
																									402
													</												

ANEXO CASO ARATIRI

INFORMACIÓN GENERAL

USD EN MILLONES

INGRESOS NETOS ESTIMADOS PARA LA EXPLOTACION 6.129,23

TOTAL INVERSIONES PROYECTADAS EN EL HORIZONTE 3.170,00

	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
	FASES I Y II		FASE III		FASE IV		FASE V	
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
INVERSIONES	-40	-120		-10				-3000
CASH FLOWS								6.129,23

FASES DEL PROYECTO

INVESTIGACION GEOLÓGICA - INVESTIGACION Y DESARROLLO

FASE I PROSPECCIÓN

MOMENTO SEM 1, MES 0

COSTO (USD MILLONES) 10

PROBABILIDAD DE ÉXITO 45%

FASE II EXPLORACION I

MOMENTO SEM 1, MES 0

COSTO (USD MILLONES) 30

PROBABILIDAD DE ÉXITO 50%

FASE III EXPLORACION II

MOMENTO SEM 2

COSTO (USD MILLONES) 120 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 2

PROBABILIDAD DE ÉXITO 50%

FASE IV PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL

MOMENTO SEM 4

COSTO (USD MILLONES) 10 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 4

PROBABILIDAD DE ÉXITO 50%

FASE V PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION

MOMENTO SEM 8

COSTO (USD MILLONES) 3000 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 8

PROBABILIDAD DE ÉXITO 100%

FASE DE COMERCIALIZACIÓN: VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL

MOMENTO SEM 8

VALOR ESPERADO (USD MILLONES) 6.129,23 VALOR PRESENTE A LA TASA WACC POR 8 SEMESTRES

PROBABILIDAD DE ÉXITO 100%

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
EXPORTACIONES	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
COSTES DIRECTOS	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
RESULTADO	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
RESULTADO	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS	70																			
VALOR RESIDUAL ACTIVOS																				70
FLUJO LIBRE	770	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	910
VAN	6.129,23 €																			
WACC	14,49%																			

DEVIATION EST	65,00% (luego de 5.000 eventos aleatorios)		
TASA LIBRE DE RIESGO	3,00% (Tasa libre de riesgo anual)		
T. LIBRE DE RIESGO	1,51%	SEMESTRAL	0,5
u	1,5835	Parámetro de escenarios ascendentes	
d	0,6315	Parámetro de escenarios descendentes	
p	$\frac{(1+rf)-d}{u-d}$	0,384	40,30% probabilidad neutral al riesgo de ascenso
(1-p)		0,952	probabilidad neutral al riesgo de descenso

	Val. Presente m "C"	p(éxito)	probabilidad acumulada
PROSPECC Y EXPLORACION I	-40	23%	22,5%
EXPLORACION II	-120	50%	11,3%
PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL	-10	50%	5,6%
PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO	-3000	100%	
VALOR PRESENTE NETO DE LOS C	6129,225266	100%	

Desarrollo Binomial								
6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620	152.995	242.263
	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620
		2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534
			1.544	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368
				975	1.544	2.444	3.871	6.129
					616	975	1.544	2.444
						389	616	975
							246	389
								155
0	1	2	3	4	5	6	7	8 semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4				
-40	-120	-10	-	3.000,00	VA			
23%	50%	50%		100% Prob de éxito				

Inversión proyectada
probabilidad éxito

239.262,93

Desarrollo Binomial con valores descontados a la tasa libre de riesgo								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
6.129,23	9.561	14.914	23.264	36.290	56.609	88.304	137.745	214.868
	3.813	5.948	9.278	14.473	22.577	35.218	54.936	85.694
		2.372	3.700	5.772	9.004	14.046	21.910	34.177
			1.476	2.302	3.591	5.602	8.738	13.630
				918	1.432	2.234	3.485	5.436
					571	891	1.390	2.168
						355	554	865
							221	345
								138

6.129,23	9.561	14.914	23.264	36.290	56.609	88.304	137.745	214.868
-	3.813	5.948	9.278	14.473	22.577	35.218	54.936	85.694
-	-	2.372	3.700	5.772	9.004	14.046	21.910	34.177
-	-	-	1.476	2.302	3.591	5.602	8.738	13.630
-	-	-	-	918	1.432	2.234	3.485	5.436
-	-	-	-	-	571	891	1.390	2.168
-	-	-	-	-	-	355	554	865
-	-	-	-	-	-	-	221	345
-	-	-	-	-	-	-	-	138

PROBABILIDAD NEUTRAL AL RIESGO

P	0,403	ascenso
Q	0,597	descenso

-	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1		año 2		año 3		año 4		-
-	40	-	120	-	10	-	-	3.000	VA
	23%	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%	100% Prob de éxito

valor de la opción
status de mercado
decisión

162	1.655	2.916	10.154	16.635	53.609	85.304	134.745	211.868
6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620	152.995	242.263
CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	384	804	3.317	5.780	19.577	32.218	51.936	82.694
	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	61.018	96.620
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	100	858	1.655	6.181	11.046	18.910	31.177	31.177
	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534	38.534
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	157	320	1.404	2.898	5.738	10.630	15.368	15.368
	1.544	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368	24.335	38.534
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	47	159	396	982	2.436	5.436	10.630	15.368
	918	1.432	2.234	3.485	5.436	10.630	15.368	15.368
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	83	-	-	-	-	-	-	-
	616	975	1.544	2.444	3.871	6.129	9.705	15.368
GO	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR
	139	-	-	-	-	-	-	-
	389	616	975	1.544	2.444	3.871	6.129	9.705
	CONTINUAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR
	232	-	-	-	-	-	-	-
	246	389	616	975	1.544	2.444	3.871	6.129
	CONTINUAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	155	311	622	1.244	2.488	4.976	9.952
	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR	ABANDONAR

CRITERIOS DE DECISION	
CONTINUAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES >0
ABANDONAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES <0

	SEMESTRE 0	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4	SEMESTRE 5	SEMESTRE 6	SEMESTRE 7	SEMESTRE 8
PROBABILIDAD DE ÉXITO	23%	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%	100%
INVERSION	- 40	-	- 120	-	- 10	-	-	-	- 3.000
FASE	PROSPECCIÓN EXPLORACION I		EXPLORACION II		PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO AMBIENTAL				PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO DE EXPLOTACION VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS DE EXPORTACION DE MINERAL

COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS POR LAS METODOLOGIAS TRADICIONALES (V.A.N.) Y OPCIONES REALES

VALORACION POR OPCIONES REALES

LA OPCION VALORA EL PROYECTO BAJO LA SIGUIENTE FORMA: $\text{MAXIMO}((\text{ROV11} \cdot p + \text{ROV12} \cdot q) \cdot \text{Probabilidad} - \text{PV costo de la fase}); 0)$

NOTA: el modelo entiende que el costo de cada fase se paga al 100% por lo que no se ajusta a la probabilidad.

1500
330
1830
105
1725

VALORACION POR VALOR ACTUAL NETO

La valoracion por VAN está condicionada por las probabilidades de las fases, por lo que el VA de los costos de lanzamiento y el VA de los flujos futuros está condicionada por la probabilidad de éxito (producto de las probabilidades de cada fase).

	PV momento	probabilidad	prob. Acumulada
PROSPECC Y EXPLORACION I	- 40	23%	23%
EXPLORACION II	- 120	50%	11%
PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO	- 10	50%	5,6%
PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO	- 3.000	100%	
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH	6.129	100%	

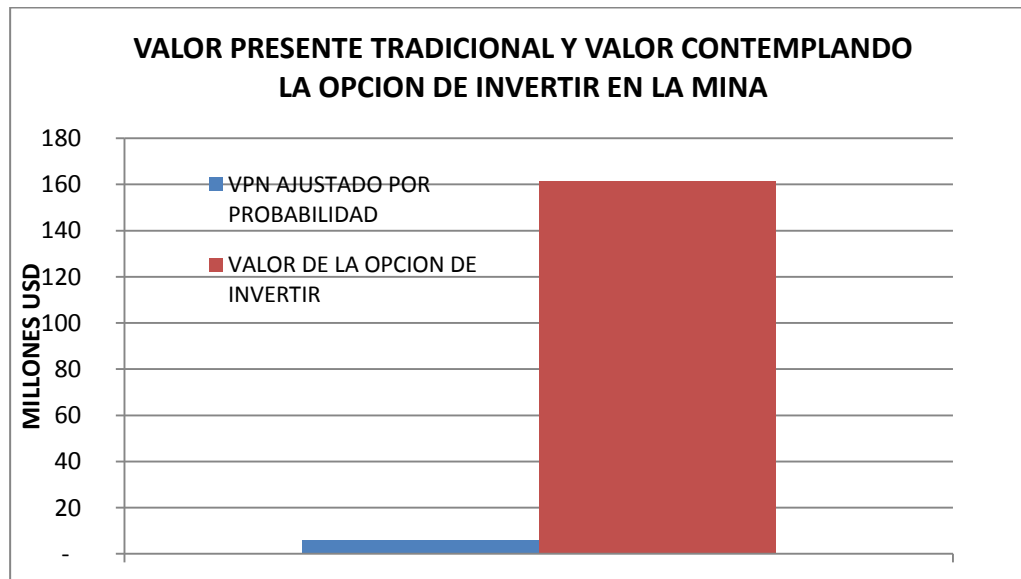
	PV momento	probabilidad	PV ajustado
PROSPECC Y EXPLORACION I	- 40	100%	- 40
EXPLORACION II	- 120	100%	- 120
PERMISO DE EXPLOTACION E IMPACTO	- 10	100%	- 10
PLANTA PROCESAMIENTO Y LANZAMIENTO	- 3.000	5,6%	- 169
Coste total del proyecto			339
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH	6.129	5,6%	345

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USD)
VALOR DE LA OPCION DE INVERTIR
VALOR DE LA OPCIONALIDAD

6
162
156

si van <0 se rechazaría el proyecto

CONCLUSION EL VAN INFRAVALORA EL PROYECTO EN ESTA MAGNITUD
PORQUE NO TIENE EN CUENTA LA FLEXIBILIDAD GERENCIAL DEL PROYECTO A LO LARGO DE SU DESARROLLO



ANEXO : CASO INSTITUT PASTEUR

DROGAS CONTRA EL DOLOR PROFUNDO (PAIN KILLER DRUGS)

TAMAÑO MERCADO MUNDIAL ESTIMADO PARA 2012 (USD50.000.000.000) (FUENTE TECNICOS INSTITUT PASTEUR MVD)

Concepto	gran éxito	éxito moderado	regular	fracaso mod	fracaso total
Tamaño anual esperado del mercado (millones USD)	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00
Crecimiento real anual del mercado	1%	1%	1%	1%	1%
tasa de penetración inicial	5%	3%	2%	1%	0,5%
tasa de penetración máxima (año 8)	75%	40%	25%	15%	1%
crecim de la tasa de penetración	lineal	lineal	lineal	lineal	lineal
coste de ventas %/vtas	35%	35%	35%	35%	35%
gastos administración y otros generales	32%	32%	32%	32%	32%
working capital	10%	10%	10%	10%	10%
tipo impositivo marginal	30%	30%	30%	30%	30%
coste de lanzamiento (mill)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
amortización	lineal	lineal	lineal	lineal	lineal
tasa de crecim después del año 8	-10%	-25%	-35%	-45%	-60%
tasa de desc real	15%	15%	15%	15%	15%

Caso gran éxito

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
tamaño mercado		5.000	5.050	5.101	5.152	5.203	5.255	5.308	5.361
tasa penetración del mercado		5%	15%	25%	35%	45%	55%	65%	75%
		penetración inicial							penetración máxima
ingresos por ventas		250	758	1.275	1.803	2.341	2.890	3.450	4.021
Coste de las Ventas		88	265	446	631	819	1.012	1.207	1.407
Gastos Generales		80	242	408	577	749	925	1.104	1.287
Amortizaciones (gastos amortizables)		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
BAIT		78,75	246,2	417,04	591,25	768,90	950,04	1.134,73	1.323,02
impuestos		23,63	73,87	125,11	177,37	230,67	285,01	340,42	396,91
BDT		55,13	172,36	291,93	413,87	538,23	665,03	794,31	926,11
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
FCBruto		58,88	176,11	295,68	417,62	541,98	668,78	798,06	929,86
Inversión en fondo de rotación		25,00	75,75	127,51	180,30	234,14	289,03	344,99	402,05
FCL		33,88	100,36	168,17	237,32	307,84	379,75	453,07	527,81
Valor terminal									1.900,12
FCL		33,88	100,36	168,17	237,32	307,84	379,75	453,07	2.427,93
Valor actual		1.632,85							
Coste de lanzamiento		30,00							
VAN	USD	1.602,85	(millones de dólares)						
Tasa de descuento/Tasa de Retorno Requerida real	15%								

Caso éxito moderado

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
tamaño mercado		5.000	5.050	5.101	5.152	5.203	5.255	5.308	5.361
tasa penetración del mercado		3%	8%	14%	19%	24%	29%	35%	40%
		penetración inicial							penetración máxima
ingresos por ventas		150,0	418,4	692,2	971,4	1.256,2	1.546,5	1.842,5	2.144,3
Coste de las Ventas		52,5	146,5	242,3	340,0	439,7	541,3	644,9	750,5
Gastos Generales		48,0	133,9	221,5	310,9	402,0	494,9	589,6	686,2
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
BAIT		45,75	134,33	224,68	316,82	410,78	506,59	604,27	703,86
impuestos		13,73	40,30	67,40	95,05	123,23	151,98	181,28	211,16
BDT		32,03	94,03	157,28	221,77	287,55	354,61	422,99	492,70
Amortizaciones		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
FCBruto		35,78	97,78	161,03	225,52	291,30	358,36	426,74	496,45
Inversión en fondo de Rotación		15,00	41,84	69,22	97,14	125,62	154,65	184,25	214,43
FCL		20,78	55,94	91,80	128,38	165,68	203,71	242,49	282,02
Valor terminal									528,7958667
FCL		20,78	55,94	91,80	128,38	165,68	203,71	242,49	810,82
Valor actual		720,79							
Coste de lanzamiento		30,00							
VAN		690,79	(millones de dólares)						
Tasa de descuento/Tasa de Retorno Requerida	15%								

Caso regular

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
tamaño mercado		5.000	5.050	5.101	5.152	5.203	5.255	5.308	5.361
tasa penetración del mercado		1,5%	5%	8%	12%	15%	18%	22%	25%
		penetración inicial						penetración máxima	
ingresos por ventas		75,0	245,3	419,0	596,1	776,7	960,9	1.148,7	1.340,2
Coste de las Ventas		26,3	85,9	146,6	208,6	271,9	336,3	402,1	469,1
Gastos Generales		24,0	78,5	134,1	190,8	248,6	307,5	367,6	428,9
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
BAIT		21,00	77,19	134,51	192,96	252,57	313,35	375,33	438,51
impuestos		6,30	23,16	40,35	57,89	75,77	94,01	112,60	131,55
BDT		14,70	54,04	94,16	135,07	176,80	219,35	262,73	306,95
Amortizaciones		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
FCBruto		18,45	57,79	97,91	138,82	180,55	223,10	266,48	310,70
Inversión en fondo de Rotación		7,50	24,53	41,90	59,61	77,67	96,09	114,87	134,02
FCL		10,95	33,26	56,01	79,21	102,88	127,01	151,61	176,69
Valor terminal									229,6933131
FCL		10,95	33,26	56,01	79,21	102,88	127,01	151,61	406,38
Valor actual		412,69							
Coste de lanzamiento		30,00							
VAN		383	(millones de dólares)						
Tasa de descuento/Tasa de Retorno Requerida	15%								

Fracaso Moderado

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
tamaño mercado		5.000	5.050	5.101	5.152	5.203	5.255	5.308	5.361
tasa penetración del mercado		1,0%	3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%
		penetración inicial						penetración máxima	
ingresos por ventas		50	152	255	361	468	578	690	804
Coste de las Ventas		18	53	89	126	164	202	241	281
Gastos Generales		16,0	48,5	81,6	115,4	149,8	185,0	220,8	257,3
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
BAIT		12,8	46,2	80,4	115,2	150,8	187,0	223,9	261,6
impuestos		3,83	13,87	24,12	34,57	45,23	56,10	67,18	78,48
BDT		8,93	32,37	56,29	80,67	105,55	130,91	156,76	183,12
Amortizaciones		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
FCBruto		12,68	36,12	60,04	84,42	109,30	134,66	160,51	186,87
Inversión en fondo de Rotación		5,00	15,15	25,50	36,06	46,83	57,81	69,00	80,41
FCL		7,68	20,97	34,53	48,36	62,47	76,85	91,51	106,46
Valor terminal									97,59
FCL		7,68	20,97	34,53	48,36	62,47	76,85	91,51	204,05
Valor actual		238,28							
Coste de lanzamiento		30,00							
VAN		208,28	(millones de dólares)						
Tasa de descuento/Tasa de Retorno Requerida		15%							

Fracaso Total									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
tamaño mercado		5000	5.050,00	5.100,50	5.151,51	5.203,02	5.255,05	5.307,60	5.360,68
tasa penetración del mercado		0,5%	0,57%	0,64%	0,71%	0,79%	0,86%	0,93%	1,00%
ingresos por ventas		25,0	28,9	32,8	36,8	40,9	45,0	49,3	53,6
Coste de las Ventas		8,8	10,1	11,5	12,9	14,3	15,8	17,2	18,8
Gastos Generales		8,0	9,2	10,5	11,8	13,1	14,4	15,8	17,2
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
BAIT		4,5	5,8	7,1	8,4	9,7	11,1	12,5	13,9
impuestos		1,4	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2
BDT		3,2	4,0	4,9	5,9	6,8	7,8	8,8	9,8
Amortizaciones		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
FCBruto		6,9	7,8	8,7	9,6	10,6	11,5	12,5	13,5
Inversión en fondo de Rotación		2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4
FCL		4,4	4,9	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1
Valor terminal									4,3
FCL		4,4	4,9	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	12,5
Valor actual		27,7							
Coste de lanzamiento		30,00							
VAN	-	2,31	(millones de dólares)						
trr	0,15								

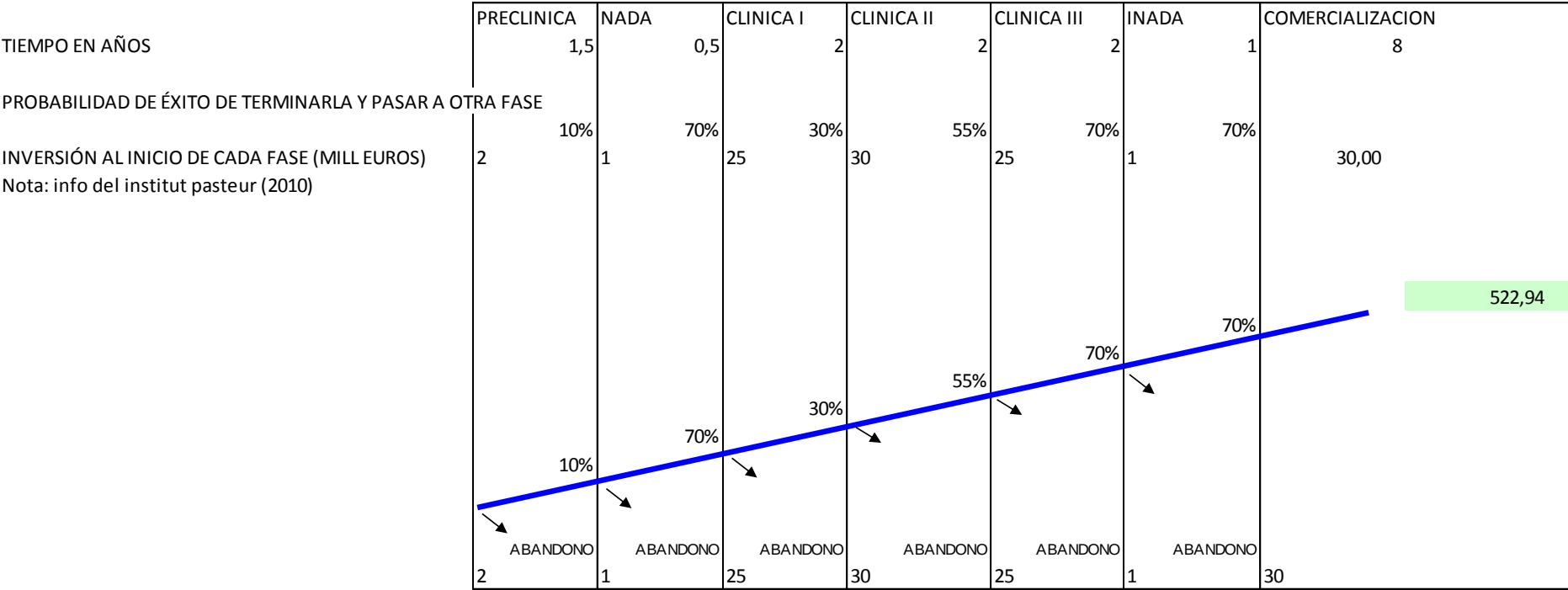
DETERMINACIÓN DEL VAN MEDIO

	VALOR ACTUAL	COSTE	PROBABILIDAD	VA X PROB	COSTE X PROB
GRAN ÉXITO	1.632,85	30,00	10%	163,3	3
ÉXITO MODERADO	720,79	30,00	20%	144,2	6
REGULAR	412,69	30,00	40%	165,1	12
FRACASO MODERADO	238,28	30,00	20%	47,7	6
FRACASO TOTAL	27,69	30,00	10%	2,8	3
			TOTAL	522,9	30,00
			DT	74,6	
			VARIANZA	5.569,5	

PROBABILIDADES DE ÉXITO		DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Fuentes:								
Mascareñas (2005)		na	10%	70%	30%	55%	70%	70%
Guerrero, Carmen (base PhARMA 2004)		na	na	na	59%	26%	56%	90%
kellogg&Charnes (2000)		60%	90%	na	75%	50%	85%	75%
Ollia1 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	na	na	70%	47%	75%	80%
Ollia2 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	na	na	75%	50%	85%	75%
Gustafsson (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	54%	na	87%	83%	92%	100%
Rautiainen (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	na	na	70%	30%	80%	na
Nordea Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	45%	na	65%	45%	70%	90%
Danske Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)		na	40%	na	67%	50%	75%	75%
fuente: elaboración propia								
DETERMINACION DE LA VOLATILIDAD DE CADA FASE DEL DESARROLLO TÉCNICO DEL FÁRMACO								
valores para aplicación de Arnold y Schockley		DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Valor actual	millones de USD		97,53	143,67	164,2964637	233,11	325,68	454,73
Inversión inicio fase	millones de USD	2	1	25	30	25	1	30
duración fase	años		1,5	0,5	2	2	2	1
volatilidad fase según Arnold y Shockley			305%	208%	184%	151%	213%	193%
volatilidad subperíodo			68,2%	46,5%	41,1%	33,8%	47,6%	43,2%
probabilidad de éxito			10%	70%	30%	55%	70%	70%

FASES DEL PROYECTO CONTEMPLADAS COMO OPCIONES REALES

FASES QUE DEBE PASAR LA NEM HASTA CONVERTIRSE EN FÁRMACO COMERCIALIZADO



SITUACION INICIAL

PARA COMENZAR LA FASE PRECLÍNICA ES NECESARIO INVERTIR
PROBABILIDAD DE TERMINARLA CON ÉXITO

2 MILLONES DE EUROS
10%

CALCULO DEL VAN DEL PROYECTO SIGUIENDO EL ARBOL DE DECISIÓN

ETAPA	PRB. ÉXITO	PROB ACUM	FCL	FCF X PROB	MOMENTO		VA
PRECLINICA		100%	-2 -	2,00	-	-	2,00
NADA	10%	10,00%	-1 -	0,10	1,5	-	0,08
CLINICA I	70%	7,00%	-25 -	1,75	2,0	-	1,32
CLINICA II	30%	2,10%	-30 -	0,63	4,0	-	0,36
CLINICA III	55%	1,16%	-25 -	0,29	6,0	-	0,12
INADA	70%	0,81%	-1 -	0,01	8,0	-	0,00
COMERCIALIZACION	70%	0,57%	492,94	2,79	9,0		0,79
VAN				VAN TRR		-3,1 VALOR NETO NEGATIVO 15%	

PROB ÉXITO: PRB CONDICIONADA AL ÉXITO DE LA ETAPA PRECEDENTE

FUENTE: ELABORACION PROPIA

COSTE INICIAL (

1 QUE SOLO SE DESEMBOLSARAN SI EL PYTO AL COMIENZO DE DICHA FASE TOMA VALOR SUPERIOR

PROBLEMA: CUAL ES EL VA DEL PROYECTO AL INICIO DE LA FASE? >>>>>>>>> OPCIONES REALES (BLACK & SCHOLES Y/O METODO BINOMIAL)

EL DESEMBOLSO DE

1 CONCEDE EL DERECHO DE DESEMBOLSAR

30 AL FIN DE LA FASE PARA COMERCIALIZAR EN PROYECTO. ESTE ES EL PRECIO DE EJERCICIO DE LA OPCIÓN

DATOS QUE HAY

PRECIO EJERCICIO DE LA OPCION

30

V A DEL SUBYACENTE, (DEFLACTANDO ELVA COMERCIALIZACIÓN EL TIEMPO DE LA FASE 6)

INTERÉS LIBRE DE RIESGO

2%

TIEMPO DE LA FASE

1 AÑO

VOLATILIDAD

NO HAY DATOS

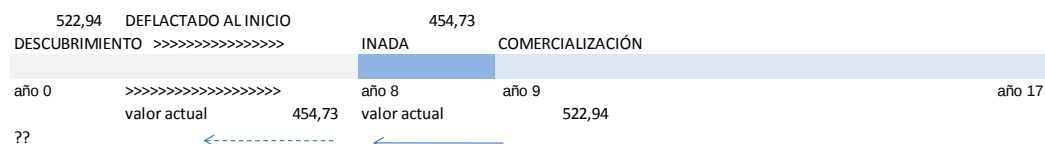
PROBABILIDAD ASIGNADA PARA SUPERAR FASE 6

70%

VALOR NECESARIO PARA COMERCIALIZAR EL PROYECTO

MAYOR A

30.00



tasa ajustada al riesgo:	15%	anual
tiempo duración de la fase:	1	año
probabilidad de éxito de la fase	70%	
volatilidad en la fase	no hay información	
por apli. de Arnold&Schockley	193%	del período
volatilidad subperíodo (20 avo)	43%	del subperíodo
tasa libre de riesgo	2%	anual
tasa libre de riesgo aj. al subperíodo	0,10%	del subperíodo y continua.
coeficiente de ascenso	1,54	del subperíodo
coeficiente de descenso	0,65	del subperíodo
probabilidad de ascenso	39%	del subperíodo
probabilidad de descenso	61%	del subperíodo

fuente:elaboracion propia

$$70\% \frac{\text{'LOG}(29,53/13)+(0,11-0,5*\text{desvío}^2)*1}{\text{desvío}*raíz\ 1}$$

desviación típica con arreglo de la info suministrada	193,00%	$\frac{0,356320095 + (0,11 - 0,5 \cdot \text{desvío}^2) \times 1}{\text{desvío} \cdot \text{raíz } 1}$	desvío	93,59%	
			fórmula	0,892681287	0,953821228
				0,9359	
reexpresión de árbol al 20 avo anual para llegar a 50 o más subperíodos			probabilidad	0,7	
volatilidad subperiodo	43,16%				
interes libre de riesgo en djsu forma continua	0,10%				
u	1,539659241				
d	0,649494364				
probabilidad de ascenso	0,394877562				
probabilidad de descenso	0,605122438				

[illegible]

regla de maximización del valor al término de los 20 periodos $\text{MAX}(\text{St-Inv}; 0)$
 S: valor del subyacente
 Inv.: inversión necesaria para inicio de la siguiente fase (precio de ejercicio)

[illegible]

CONCLUSIÓN

valor de la opcion	430,71
--------------------	--------

valor del proyecto al comienzo de la fase 6	430,71
---	--------

inversion para desarrollar fase	1
---------------------------------	---

VAN medio	429,71
-----------	--------

VALOR DEL PROYECTO A COMIENZO DE LA FASE 5 (CLINICA III)

COSTE INICIAL	25 QUE PROPORCIONAN EL DERECHO DE PASAR A LA FASE SIGUIENTE PAGANDO			1 MILLON DE EUROS
VALOR DEL SUBYACENTE	430,71	ACTUALIZADO	2 AÑOS	325,68
desviación típica con arreglo de la info suministrada	213,00%			
reexpresión de árbol al 20 avo anual para llegar a 50 o más subperíodos				
duración fase	2 años			
volatilidad subperiodo	67,36%			
interes libre de riesgo en djsu forma continua	0,20%			
u	1,961216888			
d	0,509887512			
probabilidad de ascenso	0,339078432			
probabilidad de descenso	0,660921568			

348

CONCLUSIÓN

valor de la opcion	308,29	
valor del pryecto al comienzo de la fase €	308,29	
inversion para desarrollar fase		25
VAN medio	283,29	

EL VALOR DEL PROYECTO AL COMIENZO DE LA FASE 4 (CLINICA II)

VALOR DE LA OPCIÓN DE LA FASE SIGUIENTE	308,29	ACTUALIZADA	2 PERÍODOS AL	15% ANUAL	EL SUBYACENTE ES:	233,1121326
desviación típica con arreglo de la info suministrada	151,00%					
reexpresión de árbol al 20avo anual para llegar a 50 o más subperíodos						
duración fase	2 años					
volatilidad subperiodo	47,75%					
interes libre de riesgo en djsu forma continua	0,20%					
u	1,612045592					
d	0,62032985					
probabilidad de ascenso	0,384860435					
probabilidad de descenso	0,615139565					

EL VALOR DEL PROYECTO AL COMIENZO DE LA FASE 3 (CLINICA I)

COSTE INICIAL	25	VALOR DEL SUBYACENTE	217,28	ACTUALIZADO	2 AÑOS AL	15% ES:	164,2964637
desviación típica con arreglo de la info suministrada	184,00%						
reexpresión de árbol al 20avo anual para llegar a 50 o más subperíodos							
duración de la fase	2 años						
volatilidad subperíodo	58,19%						
interes libre de riesgoi en djsu forma continua	0,20%						
u	1,789361924						
d	0,558858432						
probabilidad de ascenso	0,360131907						
probabilidad de descenso	0,639868093						

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5	177.013,6	316.741,3	566.764,8	1.014.147,4	1.814.676,8	3.247.113,6	5.810.261,4	10.396.660,4	18.603.388,3
91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5	177.013,6	316.741,3	566.764,8	1.014.147,4	1.814.676,8	3.247.113,6	5.810.261,4	10.396.660,4
-	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5	177.013,6	316.741,3	566.764,8	1.014.147,4	1.814.676,8	3.247.113,6
-	-	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5	177.013,6	316.741,3	566.764,8	1.014.147,4
-	-	-	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5	177.013,6	316.741,3
-	-	-	-	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7	55.285,4	98.925,5
-	-	-	-	-	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7	17.266,9	30.896,7
-	-	-	-	-	-	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8	5.392,8	9.649,7
-	-	-	-	-	-	-	1,6	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3	1.684,3	3.013,8
-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,6	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	294,0	526,0	941,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,9	1,6	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	91,8	164,3	3.013,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,5	0,9	1,6	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7	51,3	164,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3	0,5	0,9	1,6	2,8	5,0	9,0	16,0	28,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,6	2,8	5,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,2	0,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0

CONCLUSIÓN

352

EL VALOR DEL PROYECTO AL COMIENZO DE LA FASE 2 (NADA)

SUBYACENTE	154,06	ACTUALIZADO	1 AÑOS	AL	15% DA:	133,9692068
desviación típica con arreglo de la info suministrada	305,00%					
reexpresión de árbol al 20avo anual para llegar a 50 o más subperíodos						
duración de la fase	0,5 años					
volatilidad subperíodo	48,22%					
interés libre de riesgo en su forma continua	0,05%					
u	1,61971036					
d	0,617394335					
probabilidad de ascenso	0,382220558					
probabilidad de descenso	0,617779442					

EL VALOR DEL PROYECTO AL COMIENZO DE LA FASE 1 (PRE CLINICA)

SUBYACENTE	120,28	ACTUALIZADO	1,5 AÑOS	AL	15% DA:	97,53118957
desviación típica con arreglo de la info suministrada	305,00%					
reexpresión de árbol al 20avo anual para llegar a 50 o más subperíodos						
duración de la fase	1,5 años					
volatilidad subperiodo	83,53%					
interes libre de riesgo en d su forma continua	0,1501%					
u	2,30545234					
d	0,433754358					
probabilidad de ascenso	0,303332468					
probabilidad de descenso	0,696667532					

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6	953.808,4	2.198.959,9	5.069.597,2	11.687.714,7	26.945.469,2	62.121.495,0	143.218.146,1	330.182.610,1	761.220.271,2	1.754.957.055,5
	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6	953.808,4	2.198.959,9	5.069.597,2	11.687.714,7	26.945.469,2	62.121.495,0	143.218.146,1	330.182.610,1
	-	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6	953.808,4	2.198.959,9	5.069.597,2	11.687.714,7	26.945.469,2	62.121.495,0
	-	-	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6	953.808,4	2.198.959,9	5.069.597,2	11.687.714,7
	-	-	-	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6	953.808,4	2.198.959,9
	-	-	-	-	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2	179.452,2	413.718,6
	-	-	-	-	-	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7	33.762,7	77.838,2
	-	-	-	-	-	-	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3	6.352,2	14.644,7
	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1	2.755,3
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5	224,9	518,4	1.195,1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3	97,5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3	42,3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5	8,0	18,3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,5	3,5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

97	224	518	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718	953.807	2.198.959	5.069.596	11.687.714	26.945.468	62.121.494	143.218.145	330.182.609	761.220.270	1.754.957.054
	42	97	224	518	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718	953.807	2.198.959	5.069.596	11.687.714	26.945.468	62.121.494	143.218.145	330.182.609
0		18	42	97	224	518	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718	953.807	2.198.959	5.069.596	11.687.714	26.945.468	62.121.494
0	0		8	18	42	97	224	518	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718	953.807	2.198.959	5.069.596	11.687.714
0	0	0		3	8	18	42	97	224	517	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718	953.807	2.198.959
0	0	0	0		1	3	8	18	42	97	224	517	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451	413.718
0	0	0	0	0		1	3	8	18	42	97	224	517	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762	77.837	179.451
0	0	0	0	0	0		0	1	3	7	18	41	97	224	517	1.194	2.754	6.351	14.644	33.762
0	0	0	0	0	0	0		0	0	3	7	18	41	97	224	517	1.194	2.754	6.351	14.644
0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	3	7	17	41	97	224	517	1.194
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	3	7	17	41	97	224
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	3	7	17	41
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	3	7	17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

valor de la opcion	97,16	
valor del pryoyecto al comienzo de la fase €	97,16	
inversion para desarrollar fase		2,0
VAN medio	95,16	

357

PROBABILIDADES DE ÉXITO	DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Fuentes:							
Mascareñas (2005)	na	10%	70%	30%	55%	70%	70%
Guerrero, Carmen (base PhARMA 2004)	na	na	na	59%	26%	56%	90%
kellogg&Charnes (2000)	60%	90%	na	75%	50%	85%	75%
Ollia1 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	70%	47%	75%	80%
Ollia2 (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	75%	50%	85%	75%
Gustafsson (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	54%	na	87%	83%	92%	100%
Rautiainen (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	na	na	70%	30%	80%	na
Nordea Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	45%	na	65%	45%	70%	90%
Danske Bank (2000) (fuente:Arojaärvi, Olli 2001)	na	40%	na	67%	50%	75%	75%

fuente: elaboración propia

DETERMINACION DE LA VOLATILIDAD DE CADA FASE DEL DESARROLLO TÉCNICO DEL FÁRMACO

valores para aplicación de Arnold y Schockley	DESCUBRIMIENTO	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA
Valor actual	millones de USD	97,53	143,67	164,2964637	233,11	325,68	454,73
Inversión inicio fase	millones de USD	2	25	30	25	1	30
duración fase	años	1,5	0,5	2	2	2	1
volatilidad fase según Arnold y Shockley		305%	208%	184%	151%	213%	193%
volatilidad subperíodo		68,2%	46,5%	41,1%	33,8%	47,6%	43,2%
probabilidad de éxito		10%	70%	30%	55%	70%	70%

CALCULO DEL VAN DEL PROYECTO SIGUIENDO EL ARBOL DE DECISIÓN

ETAPA	PRB. ÉXITO	PROB ACUM	FCL	FCF X PROB	MOMENTO	VA
PRECLINICA		100%	-2 -	2,00	- -	2,00
NADA	10%	10,00%	-1 -	0,10	1,5 -	0,08
CLINICA I	70%	7,00%	-25 -	1,75	2,0 -	1,32
CLINICA II	30%	2,10%	-30 -	0,63	4,0 -	0,36
CLINICA III	55%	1,16%	-25 -	0,29	6,0 -	0,12
INADA	70%	0,81%	-1 -	0,01	8,0 -	0,00
COMERCIALIZACION	70%	0,57%	492,94	2,79	9,0	0,79
VAN					VAN	-3,1 VALOR NETO NEGATIVO
					TRR	15%

ANEXO : CASO LOBRAUS PUERTO LIBRE URUGUAY S.A.

INFORMACIÓN GENERAL

USD EN MILLONES

INGRESOS NETOS ESTIMADOS PARA LA FASE COM	150,00
TOTAL INVERSIONES PROYECTADAS EN EL HORIZO	55,50

	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
	FASES I Y II		FASE III		FASE IV		FASE V	
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
INVERSIONES	-0,4	-0,05		-0,05	-55			
CASH FLOWS								150,00

FASES DEL PROYECTO

INVESTIGACION DE MERCADO Y ANALISIS DE POSIBILIDADES COMERCIALES, ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

FASE I INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.

MOMENTO SEM 1, MES 0

COSTO (USD MILLONES) 0,2

PROBABILIDAD DE ÉXITO 80%

FASE II PROYECTO ARQUITECTÓNICO TORRE Y DEPÓSITOS PORTUARIOS

MOMENTO SEM 1, MES 0

COSTO (USD MILLONES) 0,2

PROBABILIDAD DE ÉXITO 90%

FASE III APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP

MOMENTO SEM 2

COSTO (USD MILLONES) 0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 2

PROBABILIDAD DE ÉXITO 80%

FASE IV LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS

MOMENTO SEM 4

COSTO (USD MILLONES) 0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 4

PROBABILIDAD DE ÉXITO 30%

FASE V CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS

MOMENTO SEM 5

COSTO (USD MILLONES) 55 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 5

PROBABILIDAD DE ÉXITO 100%

FASE VI LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA

MOMENTO SEM 8

COSTO (USD MILLONES) 5 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 8

PROBABILIDAD DE ÉXITO 100%

FASE DE COMERCIALI: VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS

MOMENTO SEM 8

VALOR ESPERADO (USD MIL 150,00 VALOR PRESENTE A LA TASA WACC POR 8 SEMESTRES

PROBABILIDAD DE ÉXITO 100%

DEVIATION ES	10,00%	(luego de 3.300 eventos aleatorios)		
TASA LIBRE DE RI	3,00%	(Tasa libre de riesgo anual)		
T. LIBRE DE RI	1,51%	SEMESTRAL	0,5	
u	1,0733	Parámetro de escenarios ascendentes		
d	0,9317	Parámetro de escenarios descendentes		
p	$\frac{(1+rf)-d}{u-d}$	0,083	58,91%	probabilidad neutral al riesgo de ascenso
(1-p)			41,09%	probabilidad neutral al riesgo de descenso
		Val. Presente m "C	p(éxito)	Probabilidad acumulada
FASE I y II	INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA	-0,4	72%	72,0%
FASE III	APROBACION DE PROPUESTA DE INVERSIÓN	-0,05	80%	57,6%
FASE IV	LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUPACIÓN DEL TERRENO	-0,05	30%	17,3%
FASE V	CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITO DE AGUA	-55	100%	17,3%
FASE VI	LANZAMIENTO COMERCIAL MERCADO	-5	100%	17,3%
	VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	150	100%	17,3%

Desarrollo Binomial									
150	161	173	185	199	214	229	246	264	
	140	150	161	173	185	199	214	229	
		130	140	150	161	173	185	199	
			121	130	140	150	161	173	
				113	121	130	140	150	
					105	113	121	130	
						98	105	113	
							91	98	
								85	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1		año 2		año 3		año 4		
-0,4		-0,05		-0,05		-55			5,00
72%		80%		30%		100%		-	100%
									VA Prob de éxito

Inversión proyectada
probabilidad éxito

259,10

Desarrollo Binomial con valores descontados a la tasa libre de riesgo								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
150,00	159	168	177	187	198	210	222	234
	138	146	154	163	172	182	192	203
		126	134	141	149	158	167	177
			116	123	130	137	145	153
				106	113	119	126	133
					98	103	109	115
						90	95	100
							82	87
								76

150,00	159	168	177	187	198	210	222	234
-	138	146	154	163	172	182	192	203
-	-	126	134	141	149	158	167	177
-	-	-	116	123	130	137	145	153
-	-	-	-	106	113	119	126	133
-	-	-	-	-	98	103	109	115
-	-	-	-	-	-	90	95	100
-	-	-	-	-	-	-	82	87
-	-	-	-	-	-	-	-	76

PROBABILIDAD NEUTRAL AL RIESGO

P	0,589	ascenso
Q	0,411	descenso

ARBOL DE DECISION

	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA	COMERCIALIZACION
PROBABILIDADES ÉXITO	10%	70%	30%	55%	70%	70%	100%

10% GRAN ÉXITO
20% ÉXITO MODERADO
40% REGULAR
20% FRACASO MODERADO
10% FRACASO TOTAL

CALCULO DE LA OPCION DE ABANDONO

	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA	COMERCIALIZACION
PROBABILIDADES FRACASO	90%	30%	70%	45%	30%	30%	
PROB APROB Y FRACASO EN LA FASE	90%	3%	5%	1%	0%	0%	0,566%
		30%	49%	9%	3%	2%	6%
			70%	14%	5%	3%	8%
				45%	17%	12%	27%
					30%	21%	49%
						30%	70%

FASE
100% PRECLINICA
100% NADA
100% CLINICA I
100% CLINICA II
100% CLINICA III
100% INADA
100% COMERCIALIZACION

VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS DE I+D PARA CADA FASE

	PRECLINICA	NADA	CLINICA I	CLINICA II	CLINICA III	INADA	COMERCIALIZACION
COSTES	2,0	1,0	25,0	30,0	25,0	1,0	30,0
ACTUALIZACIÓN							
TASA	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
AÑOS	1,5	0,5	2	2	2	1	8
VA DE COSTE DE CADA FASE	2,00	0,99	23,79	27,44	21,98	0,86	25,10
COSTES FASES ACUMULADOS	2,00	2,99	26,78	54,22	76,21	77,07	102,17
COSTE*PROBABILIDAD	1,8	0,089704426	1,312348391	0,512425481	0,264052008	0,186927145	

OPCION ABANDONO 4,17

INFORMACIÓN GENERAL

USD EN MILLONES

INGRESOS NETOS ESTIMADOS PARA LA FASE COM	150,00
TOTAL INVERSIONES PROYECTADAS EN EL HORIZO	55,50

	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4	
	FASES I Y II		FASE III	FASE IV			FASE V	
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
INVERSIONES	-0,4	-0,05		-0,05	-55			
CASH FLOWS								150,00

FASES DEL PROYECTO

INVESTIGACION DE MERCADO Y ANALISIS DE POSIBILIDADES COMERCIALES, ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

FASE I INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA, PLAN DE NEGOCIOS.

MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	0,2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	80%

FASE II PROYECTO ARQUITECTÓNICO TORRE Y DEPÓSITOS PORTUARIOS

MOMENTO	SEM 1, MES 0
COSTO (USD MILLONES)	0,2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	90%

FASE III APROBACION DE PROPUESTA DE INICIATIVA PRIVADA POR LA ANP

MOMENTO	SEM 2
COSTO (USD MILLONES)	0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 2
PROBABILIDAD DE ÉXITO	80%

FASE IV LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS

MOMENTO	SEM 4
COSTO (USD MILLONES)	0,05 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 4
PROBABILIDAD DE ÉXITO	30%

FASE V CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS

MOMENTO	SEM 5
COSTO (USD MILLONES)	55 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 5
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

FASE VI LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOSUR Y OTROS MERCADOS USA UE ASIA

MOMENTO	SEM 8
COSTO (USD MILLONES)	5 VALOR PRESENTE A LA TASA LIBRE DE RIESGO SEM. 8
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

FASE DE COMERCIALI: VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS

MOMENTO	SEM 8
VALOR ESPERADO (USD MIL	150,00 VALOR PRESENTE A LA TASA WACC POR 8 SEMESTRES
PROBABILIDAD DE ÉXITO	100%

DEVIATION ES	10,00%	(luego de 3.300 eventos aleatorios)		
TASA LIBRE DE RI	3,00%	(Tasa libre de riesgo anual)		
T. LIBRE DE RI	1,51%	SEMESTRAL	0,5	
u	1,0733	Parámetro de escenarios ascendentes		
d	0,9317	Parámetro de escenarios descendentes		
p	$\frac{(1+r_f)d}{u-d}$	0,083	58,91%	probabilidad neutral al riesgo de ascenso
(1-p)		0,142		probabilidad neutral al riesgo de descenso
Val. Presente m "C"				
FASE I y II	INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA	-0,4	72%	72,0%
FASE III	APROBACION DE PROPUESTA DE INVERSIÓN	-0,05	80%	57,6%
FASE IV	LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUPACIÓN DEL TERRENO	-0,05	30%	17,3%
FASE V	CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITO	-55	100%	17,3%
FASE VI	LANZAMIENTO COMERCIAL MERCADO	-5	100%	17,3%
	VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	150	100%	17,3%

Desarrollo Binomial									
150	161	173	185	199	214	229	246	264	
	140	150	161	173	185	199	214	229	
		130	140	150	161	173	185	199	
			121	130	140	150	161	173	
				113	121	130	140	150	
					105	113	121	130	
						98	105	113	
							91	98	
								85	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1	año 2	año 3	año 4					
-0,4		-0,05	-0,05	-55				5,00	VA
72%		80%	30%	100%				100%	Prob de éxito

Inversión proyectada
probabilidad éxito

259,10

Desarrollo Binomial con valores descontados a la tasa libre de riesgo

0	1	2	3	4	5	6	7	8
150,00	159	168	177	187	198	210	222	234
	138	146	154	163	172	182	192	203
		126	134	141	149	158	167	177
			116	123	130	137	145	153
				106	113	119	126	133
					98	103	109	115
						90	95	100
							82	87
								76

150,00	159	168	177	187	198	210	222	234
-	138	146	154	163	172	182	192	203
-	-	126	134	141	149	158	167	177
-	-	-	116	123	130	137	145	153
-	-	-	-	106	113	119	126	133
-	-	-	-	-	98	103	109	115
-	-	-	-	-	-	90	95	100
-	-	-	-	-	-	-	82	87
-	-	-	-	-	-	-	-	76

PROBABILIDAD NEUTRAL AL RIESGO

P	0,589	ascenso
Q	0,411	descenso

-	1	2	3	4	5	6	7	8	semestre
MOM "0"	año 1		año 2		año 3		año 4		-
-	0,40	-	0,05	-	0,05	-	-	5	VA
	72%	0%	80%	0%	30%	100%	0%	0%	100% Prob de éxito

valor de la opción
status de mercado
decisión

15	24	26	35	38	138	205	217	229
150	161	173	185	199	214	229	246	264
CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	19	20	28	31	112	177	187	198
	140	150	161	173	185	199	214	229
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
		16	22	24	89	153	162	172
		130	140	150	161	173	185	199
		CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
			17	19	70	132	140	148
			121	130	140	150	161	173
			CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
				14	53	114	121	128
				106	113	119	126	133
				CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
					40	98	104	110
					105	113	121	130
					CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
						89	90	95
						98	105	113
						CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
							89	82
							91	98
							CONTINUAR	CONTINUAR
								71
								85
								CONTINUAR

CRITERIOS DE DECISION	
CONTINUAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES >0
ABANDONAR	SI VALOR NODO (LA OPCION) ES <0

	SEMESTRE 0	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4	SEMESTRE 5	SEMESTRE 6	SEMESTRE 7	SEMESTRE 8
PROBABILIDAD DE ÉXITO	72%	0%	80%	0%	30%	100%	0%	0%	100%
INVERSION	- 0,40	-	- 0,05	-	- 0,05	- 55,00	-	-	- 5,00
FASE	INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FIN. APROBACION DE PROPUESTA D LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPACION DE TERRENOS PORTUARIOS							CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITOS	
	PROYECTO ARQUITECTÓNICO TORRE Y DEPÓSITOS PORTUARIOS							VALOR PRESENTE NETO DE LOS CASH FLOWS	

COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS POR LAS METODOLOGIAS TRADICIONALES (V.A.N.) Y OPCIONES REALES

VALORACION POR OPCIONES REALES

LA OPCION VALORA EL PROYECTO BAJO LA SIGUIENTE FORMA: $\text{MAXIMO}((\text{ROV11} \cdot p + \text{ROV12} \cdot q) \cdot \text{Probabilidad} - \text{PV costo de la fase}); 0)$

NOTA: el modelo entiende que el costo de cada fase se paga al 100% por lo que no se ajusta a la probabilidad.

1500
330
1830
105
1725

VALORACION POR VALOR ACTUAL NETO

La valoracion por VAN está condicionada por las probabilidades de las fases, por lo que el VA de los costos de lanzamiento y el VA de los flujos futuros está condicionada por la probabilidad de éxito (producto de las probabilidades de cada fase).

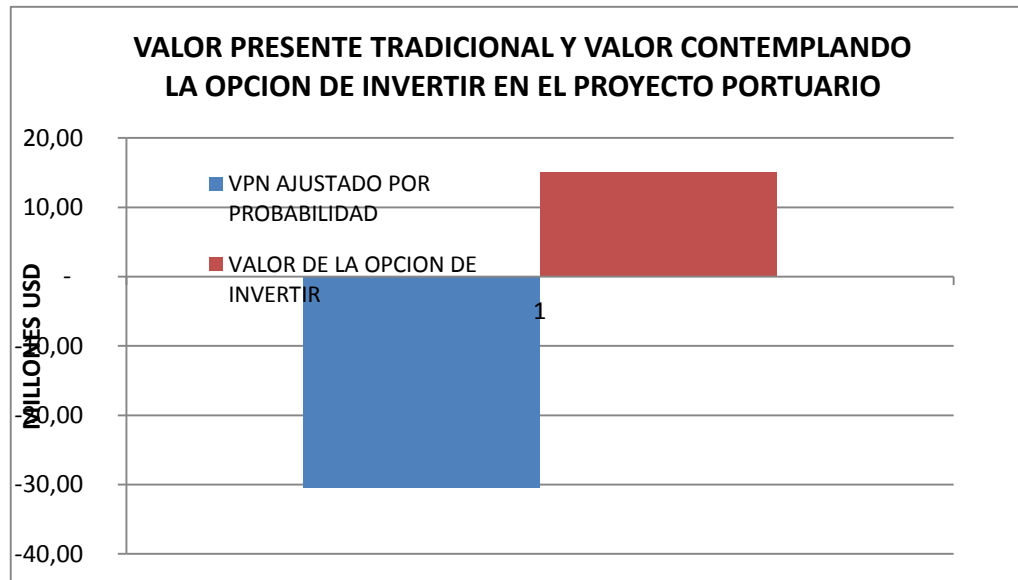
	PV momento	probabilidad	prob. Acumulada
INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA -	0	72%	72%
APROBACION DE PROPUESTA DE INK -	0	80%	58%
LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPA -	0	30%	17,3%
CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITO -	55	100%	17,3%
LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOS -	5	100%	17,3%
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CA:	150	100%	17,3%

	PV momento	probabilidad	PV ajustado
INVESTIGACIÓN COMERCIAL Y FINANCIERA -	0,40	100% -	0,40
APROBACION DE PROPUESTA DE INK -	0,05	100% -	0,05
LICITACIÓN PÚBLICA PARA OCUTPA -	0,05	100% -	0,05
CONSTRUCCION TORRE Y DEPÓSITO -	55	100,0% -	55
LANZAMIENTO COMERCIAL MERCOS -	5	17,3% -	0,86
Coste total del proyecto			56
VALOR PRESENTE NETO DE LOS CA:	150	17,3%	25,9

VAN AJUSTADO POR LA PROBABILIDAD (en millones USI - 30,44
VALOR DE LA OPCION DE INVERTIR 15,09
VALOR DE LA OPCIONALIDAD 45,54

si van <0 se rechazaría el proyecto

CONCLUSION EL VAN INFRAVALORA EL PROYECTO EN ESTA MAGNITUD
PORQUE NO TIENE EN CUENTA LA FLEXIBILIDAD GERENCIAL DEL PROYECTO A LO LARGO DE SU DESARROLLO



•