

Universidad del Cema

Buenos Aires, 23 de agosto de 2005

## Opciones Reales

Estado del arte y avances en la última década

Dr. Guillermo López Dumrauf

*La presentación puede encontrarse en*

[www.cema.edu.ar/conferencias](http://www.cema.edu.ar/conferencias)

y también en [www.dumraufnet.com.ar](http://www.dumraufnet.com.ar)

Copyright © 2005 by Dr. Guillermo López Dumrauf

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means — electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise — without the permission of Dr. Guillermo López Dumrauf  
This document provides an outline of a presentation and is incomplete without the accompanying oral commentary and discussion.

# Real Options

*¿En qué me especializaría yo si estuviera por empezar de nuevo en el campo de las finanzas?*

*Voy a reducir mi consejo a una sola palabra:  
"opciones"*

Merton Miller, Premio Nobel de economía

# La transición

El término “real options” se atribuye a Stewart Myers (1977)

A mediados de los noventa, el interés en las técnicas de valuación se ha incrementado considerablemente

Comenzando en la industria del petróleo y del gas, real options ha completado la transición desde un modesto interés académico a una **considerable atención como potente herramienta de valuación y estrategia por parte de varias industrias**

# Real options hoy

- **Atractivo de real options:** el concepto inmediatamente es percibido como valioso, pero...
- **Aproximaciones contradictorias:** Black-Scholes hasta modelos que mezclan el **análisis de la decisión** han sido propuestos
- **Supuestos subyacentes:** las condiciones en que es apropiada aplicar un modelo, son poco discutidas o explicadas
- **Dificultades de implementación:** son raramente discutidas, y los pros y contras de cada una no son explicados

# Las cuestiones

1. Taxonomía
2. Diferentes enfoques (clásico, subjetivo, MAD, integrado)
3. **MAD approach** (Copeland-Antikarov)
4. Estimaciones de **Volatilidad**
5. Explicación de los resultados al management

Esta presentación se concentra en la descripción de la hipótesis **MAD...**

# Posible e incompleta taxonomía

	Tipo	Industrias	Rasgos
<b>Contractuales</b>	Concesiones, Licencias	Petróleo Minería Franchising	Valor como escala del activo subyacente
<b>Flexibilidad</b>	<b>Aplazo</b>	Recursos naturales Construcción	Cash flow sólo cuando es ejercitada
	<b>Contracción</b> <b>Expansión</b>	Industrias con la posibilidad de regular la tasa de producción	Cash flow del activo subyacente
	<b>Abandono</b>	Capital intensivo e industrias con altos costos variables	Valor de la opción como escala del activo subyacente
	Switching Outsourcing Modificación de productos	Recursos naturales Comunicaciones Diferentes métodos de producción	No esta clara la escala respecto del activo subyacente
<b>Crecimiento y aprendizaje</b>	Adquisiciones I&D Nuevos clientes Barreras de entrada	Comunicaciones Internet Biotecnología	Incertidumbre se resuelve con el tiempo y las inversiones en aprendizaje permiten adelantar su resolución
<b>Compuestas</b>	Opción sobre otra opción	Investigación y desarrollo Inversiones con varias fases	
<b>Arco iris</b>	Más de una fuente de incerteza	Industria farmacéutica, biotecnología (tecnológicas y de mercado)	

# 1. Classic approach - mecánica

Se puede diseñar un **portafolio de títulos para replicar los retornos de la opción**, y luego ésta puede ser valuada utilizando argumentos de no arbitraje

Los movimientos del precio del activo pueden ser descritos por un **Geometric Brownian Motion**, y la fórmula de Black-Scholes puede ser utilizada...

**Los pasos para valorar la opción son:**

- **Identificar** el replicating portfolio, calcular su precio y volatilidad.
- **Dimensionar** la inversión en relación al replicating portfolio
- **Aplicar Black-Scholes**

# Classic approach - cuestiones

1. **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 constante)
2. **El precio del activo subyacente sigue un brownian motion?**
3. **¿En las opciones de espera, cuántos años podemos esperar?** (el valor tiempo del dinero y los costos de mantenimiento representan un incentivo inverso). La valuación de opciones contempla la utilización de una risk free rate, de forma tal que **el valor presente de \$1 dentro de 50 años es hoy de 0,09 centavos a una tasa del 5% anual** (promedio geométrico 1925-2004 según Ibbotson&Associates)
4. **Cambio en la volatilidad del activo subyacente:** la fórmula de Black-Scholes asume volatilidad constante y es posible que la volatilidad del retorno del proyecto cambie con el tiempo.



## 2. Subjective approach

Otros autores han propuesto un approach que también se basa en argumentos de no arbitraje y el uso de la fórmula de B&S, **pero no incluyen explícitamente la identificación de un replicated portfolio**

**Utiliza apreciaciones subjetivas para los inputs, en vez de datos de mercado** (Los mejores ejemplos son el libro "Real Options" de Howell y los tres artículos de Luehrman en la Harvard Business Review)

No hay un intento para justificar el uso de apreciaciones subjetivas como buenos "proxies" de los valores de mercado

# Subjective approach

Aunque las “key assumptions” detrás del subjective approach son casi idénticas a las del classic approach, la mecánica es diferente:

- 1. Estimación subjetiva del precio y la volatilidad del activo subyacente**
- 2. Aplicar Black-Scholes**

# Subjective approach - cuestiones

- El classic approach y el subjective approach en general conducen a diferentes resultados y obviamente **las diferencias provienen de usar inputs diferentes**
- **No permiten una valuación detallada de un proyecto, que puede tener varias fuentes de incertidumbre**
- En el caso del subjective approach, **si no hay un replicated portfolio, el valor de la opción calculado sobre la base de no arbitraje no es clara:**
  - **Si la inversión tiene un equivalente en el mercado,** parece inapropiado descansar en estimaciones subjetivas para el valor del negocio.
  - **Si la inversión no tiene un equivalente en el mercado,** los supuestos subyacentes en este approach son violados (no arbitraje, Ley de un sólo precio)

### 3. MAD approach (Copeland-Antikarov, 2001)

Copeland-Antikarov (2001) dieron un paso importante en la valuación de opciones reales sobre un activo cuyo valor no puede ser observado directamente en el mercado.

La hipótesis MAD (marketed asset disclaimer) no descansa en la existencia de un replicated portfolio, separándose abiertamente de los métodos standard y lo justifican explícitamente a partir de tres categorías:

- **Reducción a una sola fuente de incerteza:** el desvío estándar del retorno del proyecto (que en la metodología C&A es una tasa de rendimiento)
- **El precio del activo subyacente sigue un movimiento browniano geométrico**
- **La prueba de Samuelson:** los precios correctamente anticipados fluctúan aleatoriamente (**y por lo tanto sus tasas de retorno**) y siguen un random walk con volatilidad constante aunque los flujos de caja no sigan un patrón aleatorio (reversión a la media, ciclicidad)

# MAD approach

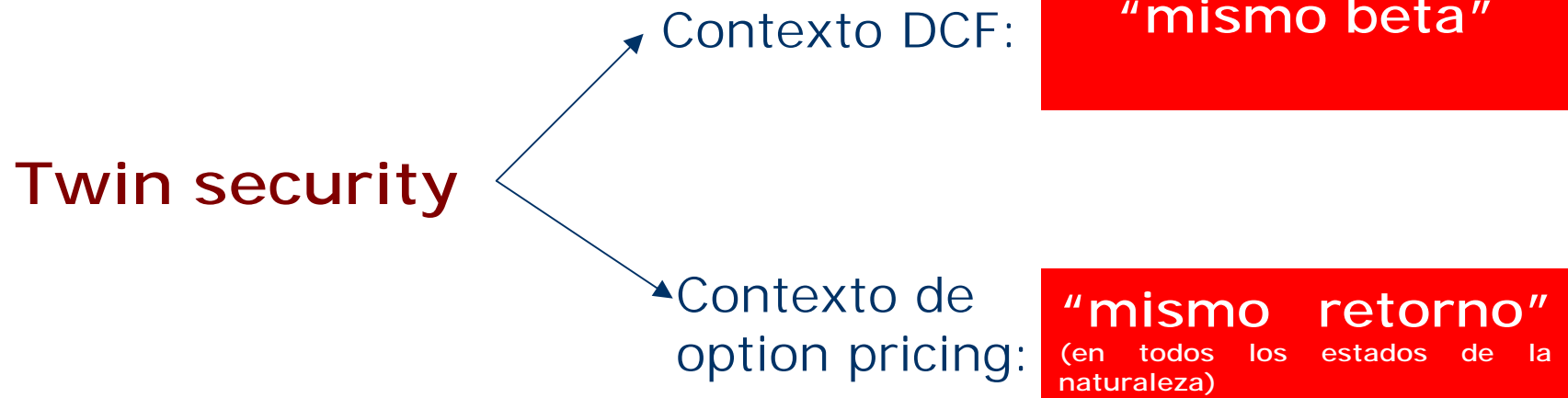
Copeland y Antikarov (2001) y Trigeorgis y Mason, (1987) argumentan que **el uso del DCF o VAN para evaluar inversiones asume activos negociados de riesgo comparable (mismo beta), y que la existencia de un "twin security" es implícitamente asumida en el DCF o VAN para estimar la tasa ajustada por el riesgo** (ya que mismos betas significan retornos perfectamente correlacionados)

La visión de Brealey-Myers es similar: *"When we value a real option by the risk-neutral method, we are calculating the option's value if it could be traded"* (Brealey and Myers, 2000, p. 636-637)

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

**Entonces, los supuestos subyacentes en la valuación de opciones no son más fuertes que los supuestos del análisis DCF para valorar activos reales**

# MAD approach



El uso "correcto" de DCF descansa en el supuesto de mercados "completos"

En la literatura se le ha prestado considerable atención a las covarianzas entre acciones individuales y el mercado (betas). Sin embargo, se le ha prestado relativamente menos atención a las covarianzas entre acciones individuales y mucho menos entre activos financieros y reales

# MAD approach

Muchas aplicaciones de opciones reales refieren a situación donde el valor de la opción depende del precio de una commodity, como petróleo, gas, oro, etcétera.

Sin embargo, **usando MAD y el árbol binomial, es posible resolver una gama mayor de problemas que antes no podían resolverse** (en particular para activos no negociados) con una interfaz amigable, fácil de entender para el senior management.

El mismo approach es utilizado en un ejemplo ("Copano") citado por Copeland-Tufano (2004) en su último artículo en Harvard Business Review

**La cuestión más importante es si esta aplicación es generalmente correcta...**

# MAD approach - mecánica

1. **Proyección del cash flow** usando estimaciones subjetivas, y calcular DCF usando el CAPM
2. **Estimar distribuciones de probabilidad** para las fuentes de incertidumbre del modelo (precios, cantidades vendidas, etc.) y conducir una simulación de Monte Carlo, para obtener la **volatilidad del retorno a partir de la desviación estándar de  $\ln(V_1/V_0)$**
3. **Diseñar el árbol binomial**
4. **Valuar la opción real** usando probabilidades neutrales o replicated portolio



# Caso Portes (adaptación de Real Options, a Practitioners Guide, 2001) Copeland-Antikarov

La compañía Portes espera vender 200 programas de computación en el primer año de operación y duplicar sus ventas anuales en 5 años. Durante el mismo período, el precio unitario caería de 30 hasta 20 al final del quinto año.

	0	1	2	3	4	5	6	7
Units		200	230	264	303	348	400	
Growth rate		13,9%	13,9%	13,9%	13,9%	13,9%	13,9%	
Price		30	28	26	24	22	20	
Growth rate		-8,1%	-8,1%	-8,1%	-8,1%	-8,1%	-8,1%	
Cost per unit		9	8,6	8,15	7,75	7,4	7	
Sales		6.000	6.357	6.735	7.136	7.561	8.011	
COGS		1.800	1.976	2.152	2.351	2.579	2.802	
Gross Margin		4.200	4.381	4.584	4.785	4.982	5.208	
Fixed costs		200	200	200	200	200	200	
Operative costs		600	636	674	714	756	801	
EBITDA		3.400	3.545	3.710	3.872	4.026	4.207	
Taxes (40%)		0	18	84	149	210	283	
Net income		-100	27	126	223	316	424	
Depreciation		3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	
Investment	35.000							
<b>FCF</b>	<b>-35.000</b>	<b>3.400</b>	<b>3.527</b>	<b>3.626</b>	<b>3.723</b>	<b>3.816</b>	<b>3.924</b>	
<b>Terminal Value</b>								<b>46.911</b>
<b>FCF + Terminal value</b>	<b>-35.000</b>	<b>3.400</b>	<b>3.527</b>	<b>3.626</b>	<b>3.723</b>	<b>3.816</b>	<b>3.924</b>	<b>46.911</b>
Discount rate	12,70%							
PV FCF	34.963	36.004	37.049	38.128	39.247	40.416	41.624	

Nota: el ejemplo tiene mínimas adaptaciones para la obtención de los mismos valores del cash flow y PV del proyecto que C&A. En el ejemplo original hay algunos errores.

# Intervalos de confianza para el precio unitario y la cantidad vendida

Dependiendo de la volatilidad, el precio al final del sexto año deberá situarse en el siguiente intervalo de confianza de 95%:

$$P_6 = \left[ 30e^{(-8,11\%)5+2\sigma\sqrt{5}} ; 30e^{(-8,11\%)5-2\sigma\sqrt{T}} \right]$$

Y la cantidad al final del sexto año deberá situarse en el siguiente intervalo de confianza de 95%:

$$Q_6 = \left[ 200e^{(13,86\%)5+2\sigma\sqrt{5}} ; 200e^{(13,86\%)5-2\sigma\sqrt{T}} \right]$$

# Volatilidad del precio y de la cantidad vendida

La gerencia espera que el precio disminuya a \$20 al final del sexto año. Esta estimación debe ser tomada como una media.

La estimación gerencial del intervalo de confianza de 95% para el precio la obtenemos haciendo la siguiente pregunta a la gerencia:

**En que porcentaje (.) le parece que podría variar el precio al final del sexto año?**

Suponiendo que la respuesta conduzca a un  $P_{\text{MIN}}=15$  , podemos despejar la volatilidad de las fórmulas anteriores:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n r_i - \ln\left(\frac{P_T^{\text{INF}}}{P_0}\right)}{2\sqrt{T}}$$

$$\sigma = \frac{5 \times (-8,1\%) - \ln\left(\frac{15}{30}\right)}{2\sqrt{5}} = 6,43\%$$

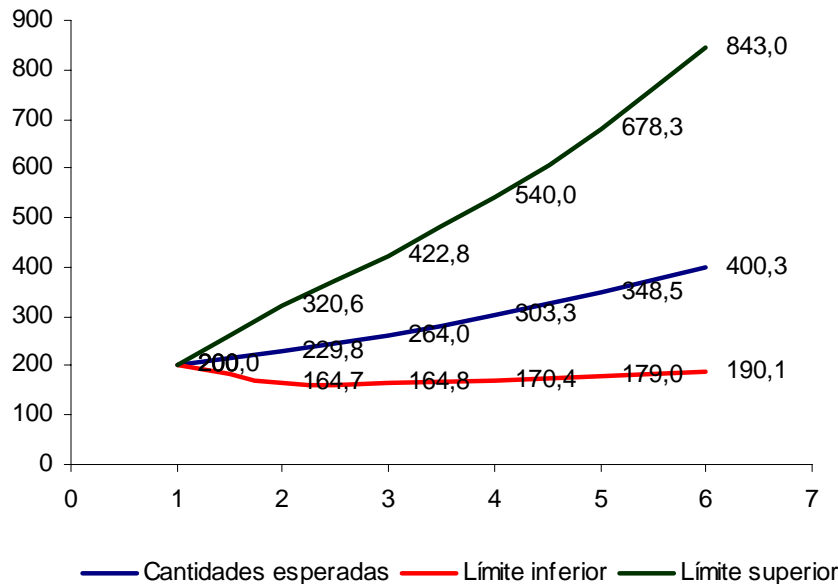
(.) En realidad, C&A se preguntan por el mayor y el menor valor que podría tomar el precio al final del sexto año. Para obtener variaciones simétricas, hemos cambiado la pregunta por "porcentaje" ya que la tasa instantánea del Upside de esa forma es igual a la tasa instantánea del Downside.

# Volatilidad del precio y de la cantidad vendida

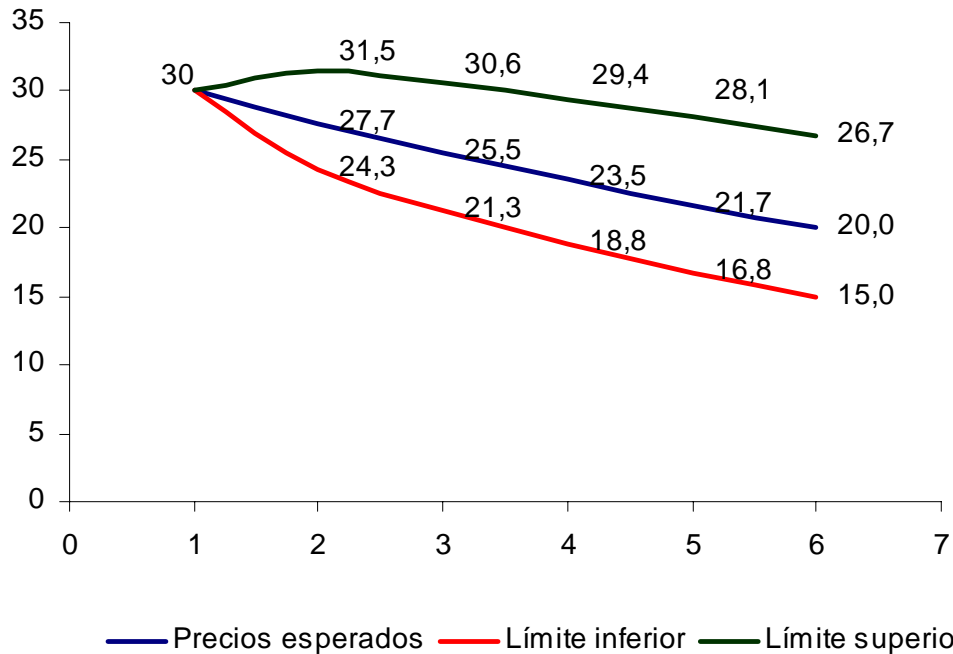
Un cálculo similar podemos hacer con las cantidades máxima y mínima. Suponiendo que la respuesta conduzca a una  $Q_{\text{MIN}}=190$ , podemos despejar la volatilidad de las fórmulas anteriores:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n r_i - \ln\left(\frac{Q_T^{\text{INF}}}{Q_0}\right)}{2\sqrt{T}}$$

$$\sigma = \frac{5 \times (13,86\%) - \ln\left(\frac{190}{200}\right)}{2\sqrt{5}} = 16,65\%$$



# Intervalos de confianza para el nivel de precios esperado



$$Lim_{sup}[P_6] = P_1 e^{\sum_{i=1}^n r_i + 2\sigma\sqrt{T}} = 30e^{(-8,1\%)5 + 2 \times 6,43\% \sqrt{5}} = 26,7$$

$$Lim_m[P_6] = P_1 e^{\sum_{i=1}^n r_i} = 30e^{(-8,1\%)5} = 20$$

$$Lim_{inf}[P_6] = P_1 e^{\sum_{i=1}^n r_i - 2\sigma\sqrt{T}} = 30e^{(-8,1\%)5 - 2 \times 6,43\% \sqrt{5}} = 16,8$$

# Simulación con Monte Carlo

Una vez obtenidos los desvíos típicos del precio y la cantidad vendida, se modelan ambas incertezas en el caso base y se simula un Monte Carlo.

**Para cada año, se definen 2 variables aleatorias con distribución normal:**

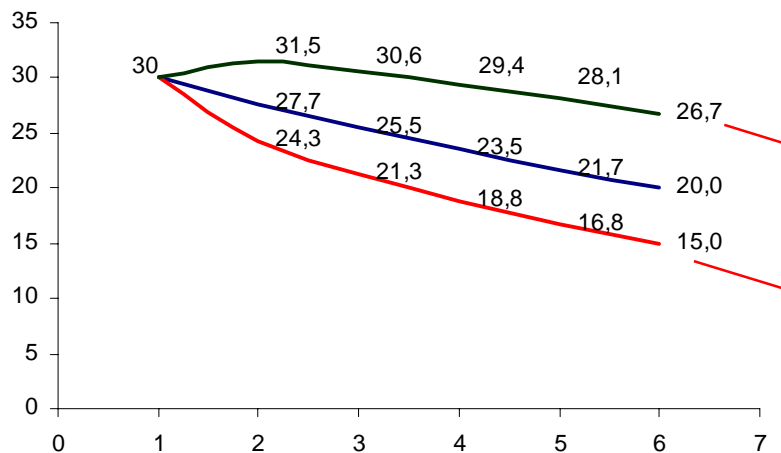
- 1. “crecimiento anual continuo de los precios”**  
con media de  $-8,1\%$  y desvío típico de  $6,43\%$
- 2. “crecimiento anual continuo de las unidades”**  
con media de  $13,86\%$  y desvío típico de  $16,65\%$

# Simulación con Monte Carlo

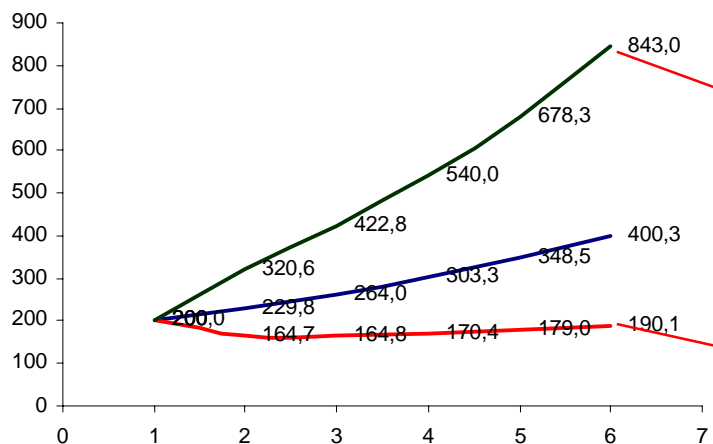
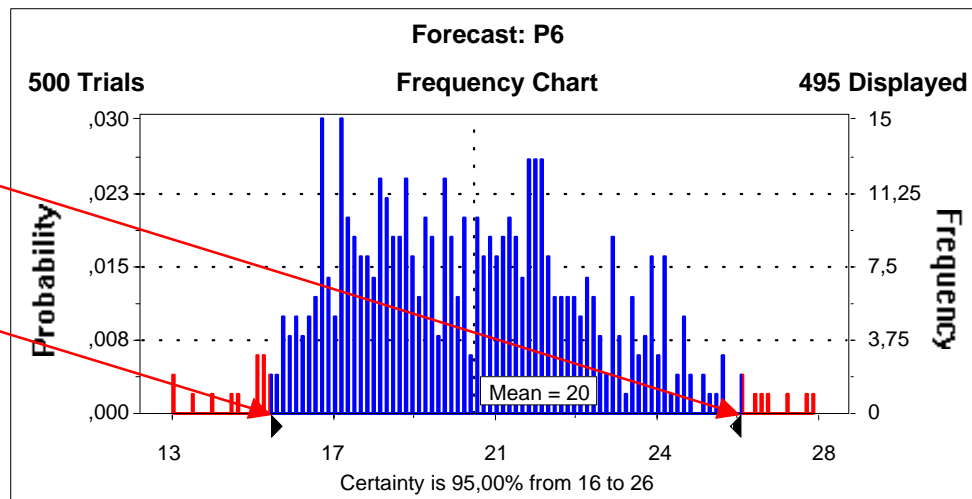
Con este proceso obtenemos muchos conjuntos simulados de precios y cantidades vendidas para los años proyectados. Podemos verificar dos resultados:

- 1) Las medias de todas las extracciones de precios y cantidades vendidas se aproximan a los valores esperados en DCF
- 2) Para cada año, 95% de las extracciones se sitúan dentro de los intervalos de confianza delimitados con las estimaciones provistas por la gerencia

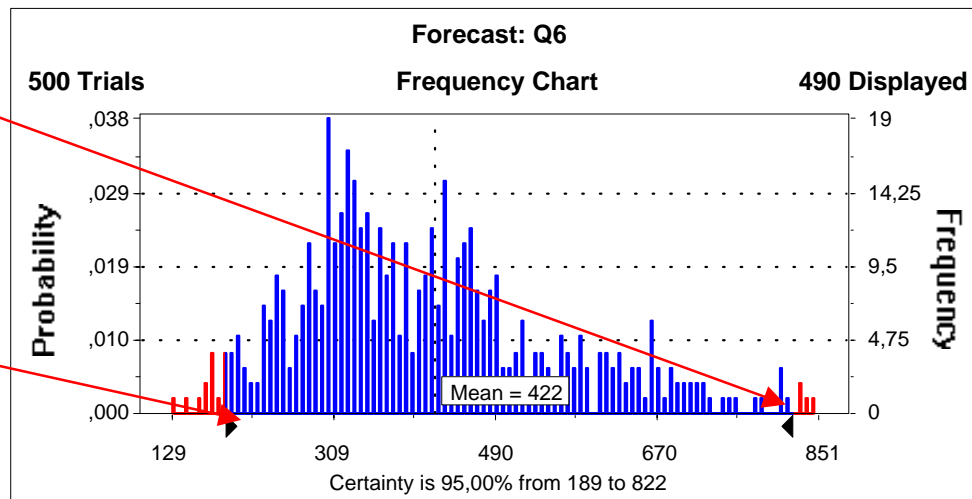
# Distribuciones de las cantidades vendidas



— Precios esperados — Límite inferior — Límite superior

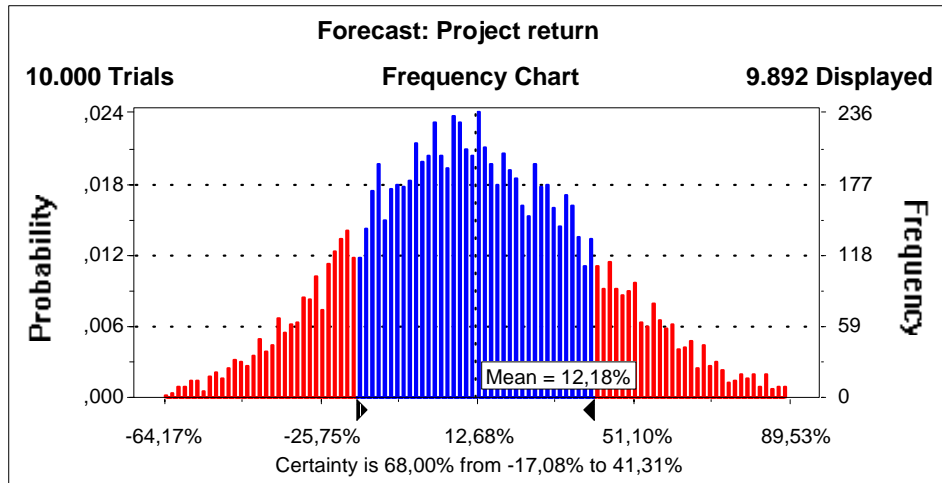


— Cantidades esperadas — Límite inferior — Límite superior





# Obtención de la volatilidad



Statistics	
Statistic	Value
Trials	10.000
Mean	12,18%
Median	11,08%
Mode	...
Standard Deviation	29,54%
Variance	8,73%
Skewness	0,18
Kurtosis	3,15
Coeff. of Variability	2,43
Range Minimum	-94,14%
Range Maximum	145,70%
Range Width	239,84%
Mean Std. Error	0,30%

Siempre segun Copeland-Antikarov (ver capítulo 11, "Casos ejemplares") luego de 1.000 iteraciones, la distribución de la tasa de retorno es aproximadamente normal con media de 12% y desvío típico de 30%

Luego de probar con cuatro corridas de 10.000 iteraciones usando Crystal Ball®, las medias encontradas fueron de 12,18%, 11,7%, 12,14% y 12,45% con desvíos típicos de 29,54%, 29,82%, 30,35% y 30,41%...

A los efectos del ejemplo, utilizaremos los valores de 12 y 30% utilizados por C&A para calcular el valor de las opciones...

# Factores de alza (u) y de baja (d)

- Copeland-Antikarov calculan el retorno del proyecto  $R$  a través del **logaritmo natural del cociente entre el valor presente del FCF en el momento 1 ( $V_1$ ) y el valor presente del FCF en el momento cero ( $V_0$ )**.

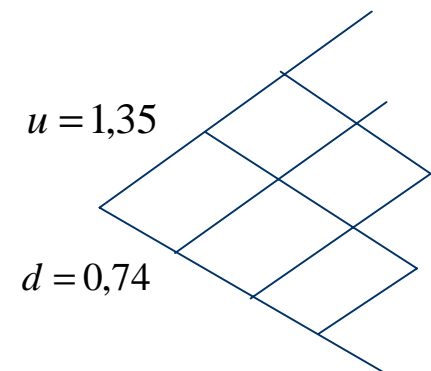
- Luego, la volatilidad de  $R$  ( $\sigma$ ) es utilizada para calcular los factores de alza y baja:

Ya con los factores de alza y baja, podemos definir el árbol de eventos del activo subyacente, siempre **partiendo del valor de nuestro proyecto, que es el PV del free cash flow...**

$$R = \ln \left( \frac{\overbrace{\sum_{t=2}^n PVFCF_t + FCF_1}^{V_1}}{\underbrace{\sum_{t=1}^n PVFCF_t}_{V_0}} \right)$$

$$e^{\sigma\sqrt{\delta T}} = e^{0,30\sqrt{1}} = 1,35$$

$$e^{-\sigma\sqrt{\delta T}} = e^{-0,30\sqrt{1}} = 0,74$$



# MAD approach

Copeland-Antikarov fijan una tasa de reparto (payout ratio) para cada período como  $FCF_j / PV\ FCF$

PVFCF	39404	40576	41754	42970	44231	45549	46911
FCF	3400	3527	3626	3723	3816	3924	46911
<b>Payout</b>	<b>8,63%</b>	<b>8,69%</b>	<b>8,68%</b>	<b>8,66%</b>	<b>8,63%</b>	<b>8,62%</b>	<b>100,00%</b>

Luego, el FCF del proyecto es el dividendo que paga éste en cada período, en caso de seguir las trayectorias de alza y baja que surgen de la volatilidad obtenida con la simulación de Monte Carlo.

# Arbol de eventos

## Arbol de eventos del activo subyacente

0	1	2	3	4	5	6
						134.482
						122.895
					109.032	
					99.626	
				88.435		
				80.773		
			71.745			73.805
			65.514			67.446
		58.210		48.534		
	47.195	53.150		44.329		40.505
	43.123		39.375			37.015
			35.955		32.840	
	25.901			26.636	30.007	
	23.666	31.946		24.328		22.230
		29.169				20.314
			21.609		18.023	
		17.533	19.733		16.468	
		16.009		14.618		
				13.352		12.200
			11.859		9.891	11.149
			10.829		9.038	
				8.023		6.695
				7.328		6.119
					5.428	
					4.960	
						3.675
						3.358
<b>34.963</b>						

Valor  
proyecto

C&A calculan el valor del árbol de eventos restando de cada nodo el free cash flow del período, cómo si fuera un dividendo que paga el proyecto.

El payout define el dividendo que pagaría el activo subyacente en el caso de seguir las trayectorias de upside y downside.

# Opciones del proyecto

El proyecto presenta dos opciones simultáneas:

1. **Expandir las operaciones invirtiendo 10,5 millones, lo cual permitirá incrementar el valor del negocio en un 30%**
2. **Abandonar la actividad, obteniendo 15 millones inmediatamente**

# Valor de la opción de elegir

## Arbol de decisión y cálculo del valor de la opción

	0	1	2	3	4	5	6
							149.264 160.850
						119.014 128.420	
					94.505 102.167		
				74.669 80.899			77.180 83.539
			58.595 63.655		47.320 51.525		
	46.307 50.379		36.242 39.661				37.620 41.110
		30.345 33.122		25.316 27.624		30.299 33.132	
	25.921 28.156		21.945 23.821				20.314 22.230
		19.604 21.128		17.051 18.317		18.274 19.829	
			16.215 17.245				15.000 16.051
				15.000 15.695		15.064 15.918	
					15.000 15.468		
							15.000 15.317
<b>C=</b>	<b>37.560</b>						
	<b>2.596,3</b>						

**Valor opción**

El valor en cada nodo es igual al valor de la opción + el FCF de cada período.

Finalmente, el dividendo es vuelto a sumar en cada nodo del árbol de decisión cuando se calcula el valor de las opciones combinadas con el procedimiento "Roll-Back" (usando replicated portfolio o probabilidades neutrales al riesgo)

## Valor del proyecto con flexibilidad y valor de la opción combinada

1. El VAN sin flexibilidad era negativo (\$ -37.000)
2. Luego de calcular las opciones de expansión y abandono en forma simultánea, el valor del proyecto asciende a 37,56 millones.
3. Por lo tanto, el valor de las opciones de elegir es:

**Valor con flexibilidad – Valor sin flexibilidad = Valor de la opción de elegir (combinada)**

$$**37,56 \text{ mill} – 34,96 = 2,6 \text{ millones}**$$

# MAD approach – críticas

- **Condiciones de arbitraje:** uso de inputs subjetivos indicarían que subsistirían oportunidades de arbitraje
- **Desconexión con el mercado:** mismo approach para activos subyacentes que tengan gemelos o no. Estimaciones subjetivas de precios de commodities podrían ser diferentes de precios futuros negociados en el mercado

Es interesante ver como muchos que usan DCF no se preocupan por la “completitud del mercado” pero comienzan a cuestionar cuando se considera lo mismo en opciones reales...



# MAD approach – las cuestiones

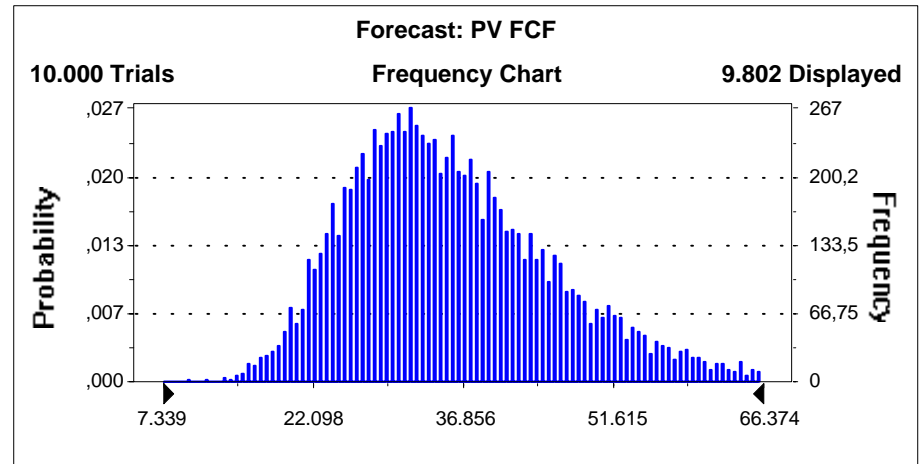
- Si un proceso del tipo GBM provee una razonable aproximación para la evolución del valor del proyecto, luego **el desvío estándar de los retornos período a período debería ser aproximadamente igual**
- Entonces, podríamos usar arbitrariamente el desvío estándar en el período 1 para especificar la volatilidad del proceso estocástico del valor del proyecto, la variable aleatoria que consolida todas las incertezas del proyecto

**Suponer una aproximación GBM nos conduce a testear:**

1. **si el valor del PV se distribuye lognormalmente**
2. **si la volatilidad de los retornos se mantiene constante**
3. **que tan buena es la aproximación GBM para estimar la volatilidad**

# Valor del proyecto y volatilidad

1. En una corrida de Monte Carlo con 10.000 iteraciones, el valor del proyecto se distribuye en forma aproximadamente lognormal...



Statistics	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6
Standard Deviation	30,95%	32,39%	33,53%	34,33%	34,76%	34,76%

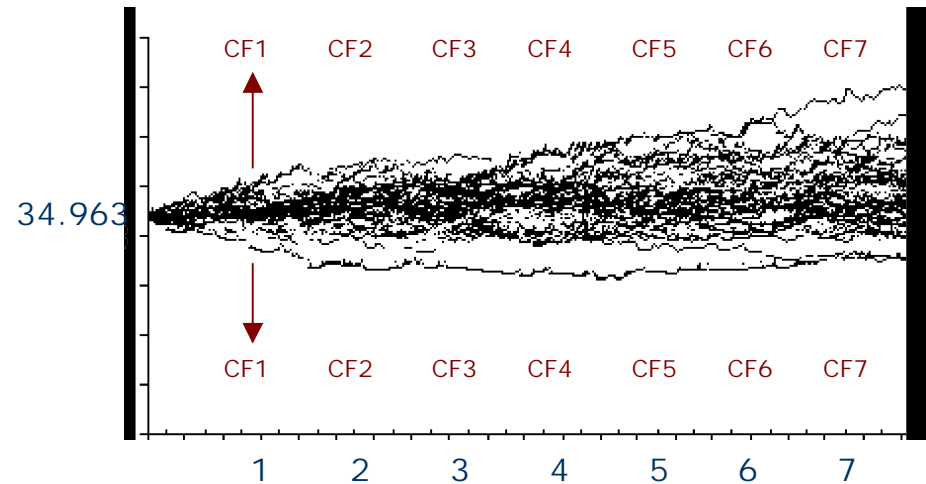
2. Sin embargo, la volatilidad aumenta con el paso del tiempo...

# MAD approach

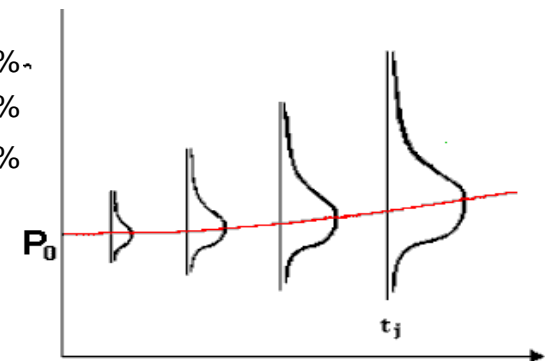
Si suponemos un proceso GBM para el activo subyacente (el valor del proyecto) **utilizando como drift la tasa ajustada por el riesgo** (.) y basado en las ecuaciones del Lema de Itô, podemos luego simular los cash flows que generaría dicho activo subyacente utilizando los payouts calculados anteriormente y **el desvío estándar del 30% obtenido en la simulación**

Luego éstos cash flows se comparan con los simulados en el modelo original de C&A

**La lógica es que si se cumple un proceso GBM, los cash flows simulados como porcentajes del valor del proyecto, converjan a los valores de los cash flows simulados en el modelo C&A**



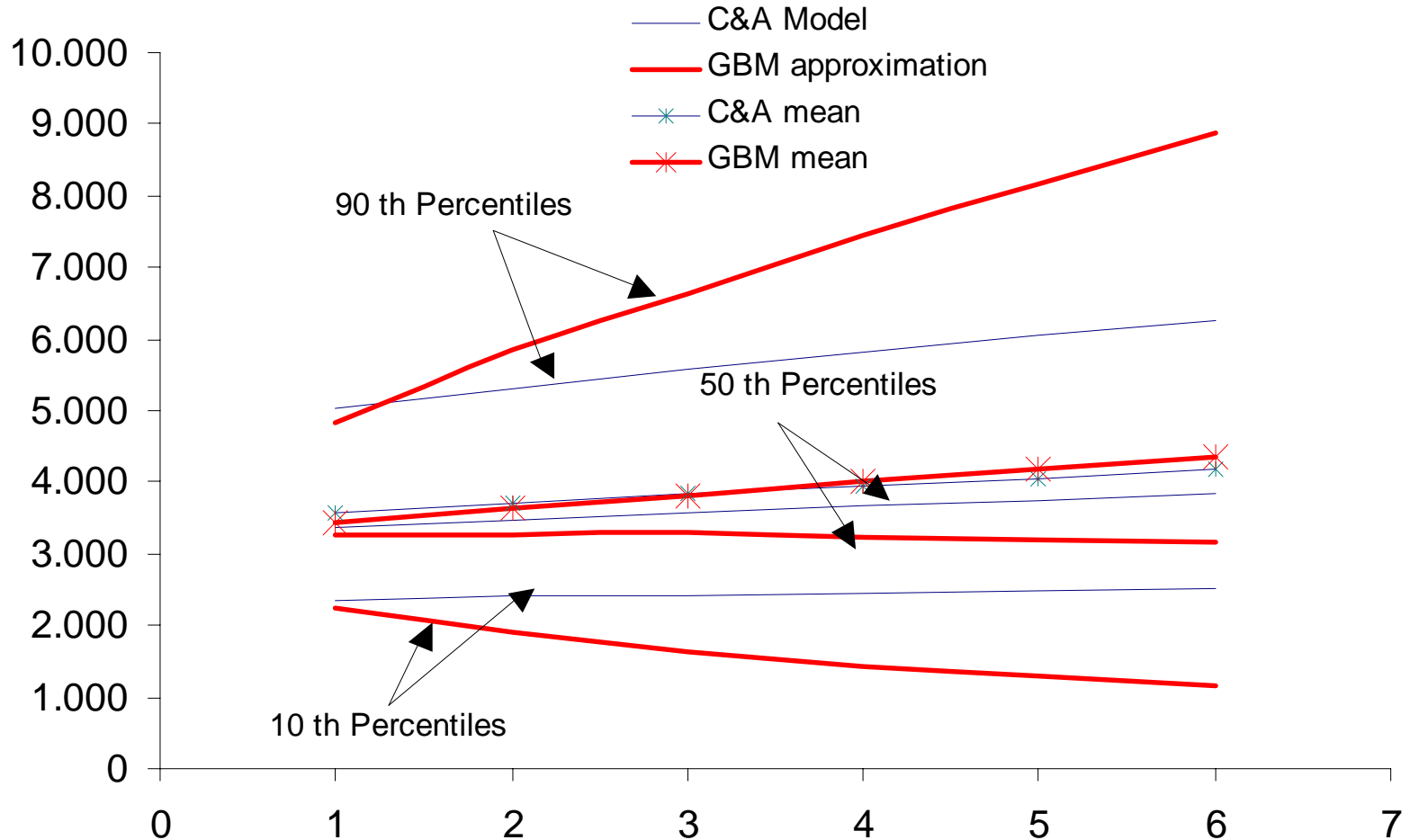
PV Growth 12,71%  
 $\sigma = 30,00\%$   
 $\alpha - \sigma^2/2 = 8,21\%$



(.) El drift para la aproximación GBM debe ser igual a la tasa ajustada por el riesgo para asegurar que el valor presente esperado de los cash flows generados por el GBM sea igual al valor inicial

# MAD approach

Si comparamos los percentiles 10th y 90th podemos observar que en un proceso GBM éstos quedan por debajo y por encima de los mismos percentiles en el modelo original:



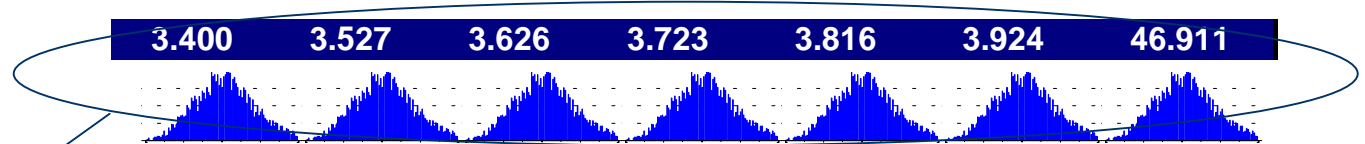
# MAD approach

Smith (2005) en un comentario sobre un artículo de Brandao, Dyer and Hahn (BDH) *“Using Binomial Decision Trees to Solve Real Option Valuation Problems”* (aceptado para su publicación a fin de año en el journal *Decision Analysis*) señaló esta situación en el ejemplo presentado por BDH donde se utiliza una metodología muy similar a C&A.

Señala que el desvío del retorno sería apropiado si el valor del proyecto en el año 1, **reflejara la resolución de la incerteza de un sólo año y el impacto en las expectativas de los futuros cash flows.**

**El principal problema es que la volatilidad es sobreestimada ( y por lo tanto sobrevalorada la opción)**

# MAD approach



$$\sum_{t=2}^n PV FCF_t + FCF_1 = V_1$$

$$R = \ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right)$$

$V_1$  es el PV del FCF futuro en el momento 1, generado en la simulación, y es la **resolución particular de varias incertezas en cada período**, no la incerteza del momento 1:

$V_0$  es el valor presente esperado obtenido en el caso base del DCF

- La desviación estándar de  $\ln(V_1/V_0)$  sería la volatilidad apropiada si los valores del proyecto realmente siguieran un GBM donde  $V_1$  fuera el valor esperado de los **cash flows subsiguientes**; esta volatilidad reflejaría la resolución de la incertidumbre de un solo año y su impacto en los cash flows futuros.
- En cambio, en la metodología C&A, la desviación estándar de  $\ln(V_1/V_0)$  refleja la **resolución de todas las futuras incertidumbres**. Si están correlacionados, la volatilidad aumenta con cada cash flow adicionado. Entonces la volatilidad del proyecto según C&A sería siempre mayor que la volatilidad de cualquier cash flow...
- Un cuestionamiento adicional es que hacemos cuando en alguna iteración,  $V_1$  toma valores cero o negativos y el  $\ln(V_1/V_0)$  tiende a  $-\infty$  o es indeterminado

# MAD approach - balance

El MAD approach constituye un importante avance en la valuación de opciones reales para activos cuyo precio no puede observarse en el mercado

El desafío es desarrollar una forma de estimar la volatilidad consistente con el proceso estocástico que se supone sigue el activo subyacente, **dentro del MAD approach**

Existen varias maneras de estimar la volatilidad para hacerlo de forma más consistente con un GBM (o el proceso que se supone sigue el activo subyacente) pero el punto importante es si luego ésta, introducida en el proceso GBM, replica razonablemente los cash flows que se obtienen con la simulación

## 4. Integrated approach

Este approach fue descrito originalmente por Smith y Nau (1995) y Smith y McCardle (1998). Otros autores como Constantides (1978) y Luenberger (1998) desarrollaron argumentaciones similares. La idea básica es

1. Usar métodos de option pricing para valorar riesgos que pueden ser cubiertos por el trading
2. Usar *decision analysis* para valorar riesgos que no pueden ser cubiertos por el trading.



# Integrated approach - mecánica

1. Construir un árbol de decisión identificando los riesgos públicos y los riesgos privados
2. Para los riesgos públicos, identificar el replicating portofolio
3. Para riesgos privados, asignar probabilidades subjetivas
4. Calcular el VAN en cada nodo, usando una risk-free rate
5. Realizar el "Roll back" en el árbol para determinar la estrategia óptima y su valor asociado

Puede considerarse un método competitivo al MAD approach, en el sentido que fue creado para lidiar con varias fuentes de incerteza

# Diferentes approaches – pros y contras

	Métodos	Condiciones de arbitraje	Ventajas	Desventajas
<b>Clásico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Replicated portfolio</li> <li>♦ Dimensionar la inversión</li> <li>♦ Pricing con B&amp;S</li> </ul>	NO	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Objetivo, fuerte conexión con mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Dificultad para encontrar comparables en todos los casos</li> <li>♦ Poco aplicable para el mundo real</li> </ul>
<b>Subjetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Estimación subjetiva de la volatilidad y valor del activo subyacente</li> <li>♦ Pricing con B&amp;S</li> </ul>	SI, por estimaciones subjetivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Intuitivo para el management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Desconexión con el mercado</li> <li>♦ La volatilidad del proyecto y la de commodities puede ser muy diferentes</li> </ul>
<b>MAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estimación del FCF + Monte Carlo</li> <li>▪ Risk neutral probabilities, replicated portfolio</li> </ul>	SI, por estimaciones subjetivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Análisis detallado del proyecto de inversión</li> <li>♦ Interfaz amigable para trabajar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Desconexión con mercado, pero "sobreviviente" para un rango de precios (por costos de tracking)</li> </ul>
<b>Integrado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Replicating portfolio para riesgos de mercado</li> <li>♦ Decision analysis para riesgos privados</li> <li>♦ Árboles de decisión y roll back con la tasa libre de riesgo</li> </ul>	<p>NO para riesgos de mercado</p> <p>Inputs subjetivos son estimados para riesgos privados</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Permite detallar muchas situaciones en decision trees y tratar riesgos privados y públicos por separado</li> <li>♦ Amigable para el conocedor del análisis de decisión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Introduce costos de agencia (función de utilidad de un inversor aislado)</li> <li>♦ Desconoce la perspectiva de un inversor diversificado en sus inversiones que no demanda premios por riesgo privado</li> </ul>

# El valor de Real options descansa en...

Pensar en ellas

+

Modelo apropiado

+

Explicar los resultados

Valor de las  
opciones reales



- Aprender a detectarlas
- Definir el marco de aplicación
- Vinculación estrategia y finanzas
- Creación de opciones



- No usar cajas negras
- Usar binomial y MAD approach cuando sea posible

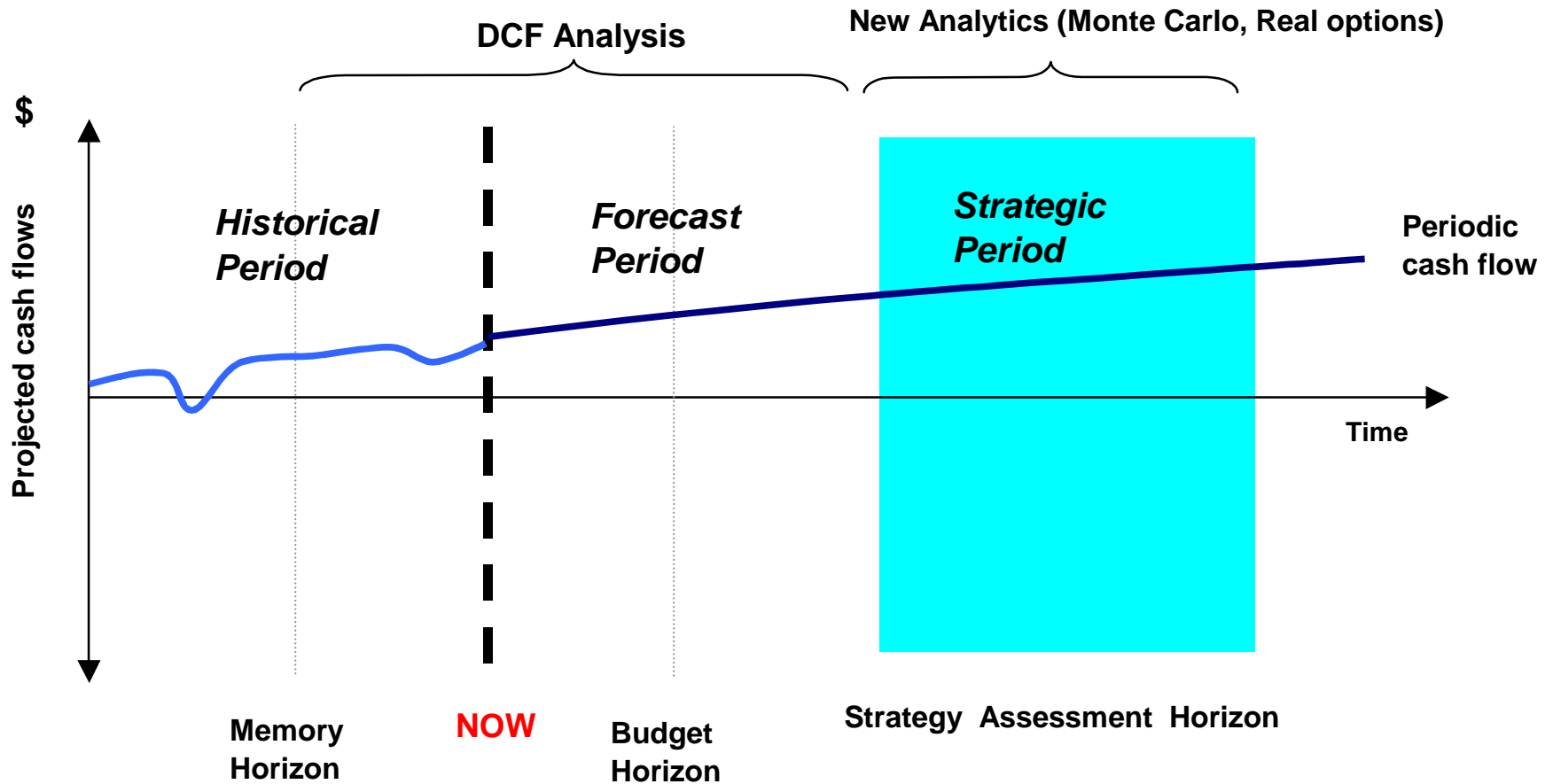


- Traducir a lenguaje de management
- Usar matemática pesada cuando sea necesario, pero no mostrar
- Enfatizar en distribución de resultados Proyecto vs Proyecto + opciones reales



**Se suma al valor DCF!!**

# Explicando al senior management



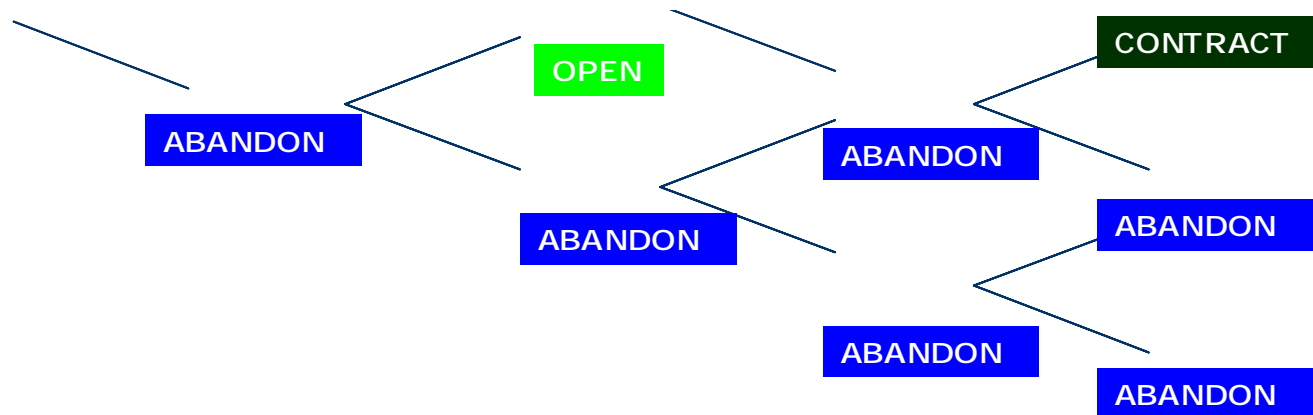
# Explicando al senior management

Estudiamos DCF como si fuera el caso general, donde un proyecto es gerenciado pasivamente...

**El caso general es la reacción frente a las circunstancias...**

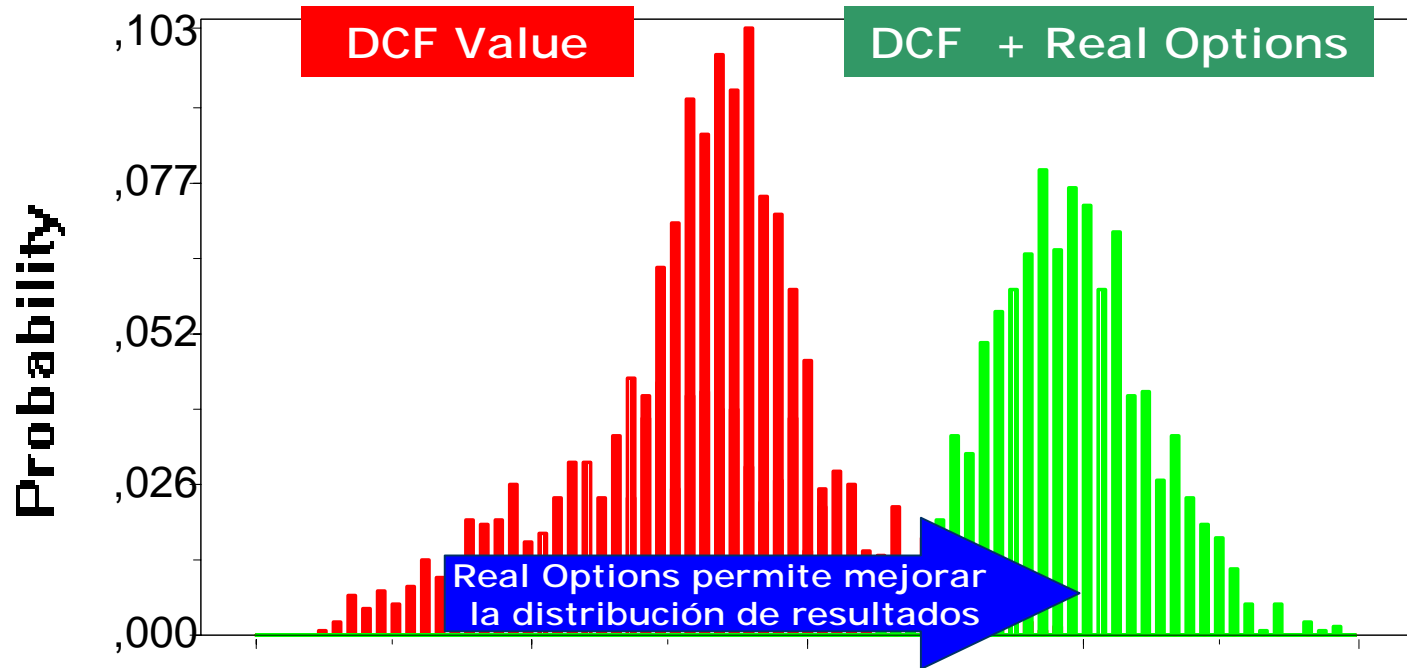


$$V = \frac{FCF_1}{(1+WACC)} + \frac{FCF_2}{(1+WACC)^2} + \frac{FCF_3}{(1+WACC)^3} + \dots + \frac{FCF_T}{(1+WACC)^T} + \frac{FCF_{T+1}}{(WACC - g)} \times \frac{1}{(1+WACC)^T}$$



# Explicando al senior management

## Frequency Comparison



# Bibliografía

- Copeland-Tufano (2004) "A Real-World Way to Manage Real Options, Harvard Business Review, March, pp. 90-99.
- Copeland-Antikarov (2001) Real Options: A Practitioner's Guide, TEXERE, New York, NY, 2001
- Tom Copeland, Tim Koller and Jack Murrin (2000) Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies: 3rd Edition, John Wiley and Sons, New York
- Avinash Dixit and Robert Pindyck, Investment Under Uncertainty, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1994. (Dixit and Pindyck, 1994)
- Timothy A. Luehrman, "What's It Worth? A General Manager's Guide to Valuation," Harvard Business Review, May-June 1997, pp. 132-142. (Luehrman, 1997)
- Timothy A. Luehrman, "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers" Harvard Business Review, July-August 1998, pp. 3-15. (Luehrman, 1998a)
- Timothy A. Luehrman (1998b) "Strategy as a Portfolio of Real Options," Harvard Business Review, September-October 1998, pp. 89-99
- David G. Luenberger, Investment Science, Oxford University Press, New York, 1998. (Luenberger, 1998)
- P. Samuelson, "Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly," Industrial Management Review, Spring 1965, pp. 41-49. (1965)
- Gordon Sick, "Capital Budgeting with Real Options," Monograph Series in Finance and Economics, Stern School of Business, New York, 1989-3.
- James E. Smith and Robert F. Nau, "Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis," Management Science, Volume 41, Number 5, May 1995, pp. 795-816. (Smith and Nau, 1995)
- James E. Smith and Kevin F. McCardle, "Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches," Operations Research, Volume 46, Number 2, March-April 1998, pp. 198-217. (Smith and McCardle, 1998)
- Lenos Trigeorgis, Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation, The MIT Press, Cambridge, MA, 1998. (1998)
- Lenos Trigeorgis, "Real Options: A Primer" in James Alleman and Eli Noam, The New Investment Theory of Real Options and its Implication for Telecommunications Economics, James Alleman and Eli Noam, eds., Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999, pp. 3-33. (Trigeorgis, 1999)
- Trigeorgis, Lenos; Mason, Scott (1987) "Valuing Managerial Flexibility," Midland Corporate Finance Journal, Volume 5, Number 1, pp. 14-21
- Martha Amram and Nalin Kulatilaka (1999) Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World, Harvard Business School Press, Boston, MA
- Martha Amram and Nalin Kulatilaka (2000) Strategy and Shareholder Value Creation: The Real Options Frontier, Journal of Applied Corporate Finance, Summer 2000, Volume 15, Number 2, pp. 15-28
- Richard Brealey and Stewart Myers (2000) "Principles of Corporate Finance", 6th Edition, Irwin McGraw-Hill, Boston
- Myers, Stewart (1977) "Critical insight into the first introduction of the concept of real options, Journal of Financial Economics, Vol. 5. January 1977)
- Mun, Johnathan (2002) "Real Options, Tools and Techniques" Wiley, New jersey.
- Brandao, Dyer and Hahn (2005) " Using Binomial Decision Trees to Solve Real Option Valuation Problems" . Artículo aceptado para su publicación en el journal Decision Analysis.
- Tal vez la página web más completa sobre real options es la de Marco Guimaraes Dias <http://www.puc-rio.br/marco.ind/main.html>
- El sitio de la Real Options Group es [www.rogroup.com](http://www.rogroup.com) donde pueden encontrarse los últimos papers presentados en el congreso de este año en París. Hay muchos papers interesantes. Algunos de ellos son: Optimal Investment Scale and Timing in Oilfield Development Marco A. G. Dias, Petrobras & PUC - Rio de Janeiro Katia Rocha, IPEA & PUC - Rio de Janeiro José Paulo Teixeira, PUC - Rio de Janeiro
- Real Options Analysis: Where are the Emperor's Clothes? Adam Borison, Stanford University

**Gracias por su atención...**

Dr. Guillermo López Dumrauf

Comentarios serán recibidos en: [dumrauf@fibertel.com.ar](mailto:dumrauf@fibertel.com.ar)

La presentación puede encontrarse en: [www.cema.edu.ar/conferencias](http://www.cema.edu.ar/conferencias)