

Conceptos de Opciones

Richard de Neufville
Profesor de Sistemas de Ingeniería y de Ingeniería
Civil y Ambiental
MIT

Temas para el resto del curso

- **La Flexibilidad agrega valor**
 - Permite adaptarse a las condiciones futuras
- **La Flexibilidad cuesta**
 - El dinero puede crear flexibilidad
 - Complejidad en el diseño y administración
 - Tiempo y esfuerzo para crear planes y diseños flexibles
- **Por tanto, el asunto principal del diseño es : Cuanta flexibilidad se debe incorporar en el sistema?**
- **La pregunta analítica es: Cómo valorar la flexibilidad?**

Esquema: Presentaciones sobre opciones - Teoría

- **Que es una opción?**
 - OA: Concepto y utilidad para los diseñadores
- **Modelo de Rejilla**
 - OA: análisis del tiempo y la evolución de la incertidumbre
- **Valoración de opciones con rejilla (análisis de decisión)**
 - OA: Cómo proceder con la valoración a través de rejilla
- **Programación dinámica**
 - OA: Uso de éste análisis de optimización
- **Valoración de opciones por arbitraje**
 - OA: Significado y aplicación de éste concepto
- **Análisis de Black-Scholes**
 - OA: Uso en mercados financieros

Esquema: Lecciones de casos de opciones

- **Merck y Kodak**
 - OA: Selección entre análisis de Decisión o de 'Opciones'
- **Antamina**
 - OA: Uso de la simulación para la valoración
- **Desarrollo de la investigación en Ford**
 - OA: Híbrido entre análisis de Decisión y de 'opciones'
- **Sistemas complejos de ingeniería**
 - OA: Modelos para identificar buenas opciones
- **Desarrollo hidroeléctrico**
 - OA: Asuntos de dependencia de ruta

Objetivos de esta presentación

- Definir el concepto técnico de “Opciones”
 - ‘Mantra’ de 4 pasos
- Identificar los tipos de Opciones: ‘calls’ y ‘puts’
 - Sobre la base de su uso en el contexto financiero
- Presentar los retornos asimétricos no lineales
 - Uso de diagramas
- Indicar las fuentes de valor de las opciones
 - Incertidumbre, Valor del incremento en el tiempo en las opciones Americanas
- Distinguir el rango de aplicaciones
 - Financieras, “Sobre” y “En” los sistemas
- Ejemplos

Las “Opciones” representan la idea de flexibilidad

- Una “Opción” provee una manera formal para definir la flexibilidad
- Una “Opción” tiene una definición técnica específica
- Advertencia semántica:
 - El significado técnico de una “opción” es... mucho más específico y limitado que... el sentido ordinario de “opción” en una conversación... donde “opción” = “alternativa”
- Ponga mucha atención a la definición que sigue!

Definición técnica de una opción

Una opción es...

- **Un derecho, pero no una obligación...**
 - Retorno asimétrico; se ejerce sólo si es ventajosa
 - Adquirida a un costo
- **Para ejercer una acción...**
 - Crecer o cambiar un sistema, comprar o vender algo, etc, etc,
- **ahora, o en el futuro...**
 - Puede ser indefinido
 - Pero puede ser por un tiempo limitado, luego del cual la opción expira
- **Por un precio predeterminado (el precio de ejercicio “strike price”).**
 - El costo de la acción es distinto del costo de la opción

Ilustración de la definición de opción

La llanta de repuesto en un auto es una “opción” porque suministra

- **Un derecho, pero no una obligación...**
 - El operador puede usarla o no
 - Adquirida a un costo– precio de la llanta, pérdida de espacio de almacenamiento
- **Para ejercer una acción...**
 - Cambiar la llanta
- **Ahora, o en el futuro...**
 - En este caso, cuando se desee
- **Por un precio predeterminado (el precio de ejercicio “strike price”).**
 - Tiempo y esfuerzo requerido para levantar el auto, reemplazar la llanta, etc.

Tipos de opciones

- **Dos tipos básicos de opciones**
 - **CALL:** Derecho a sacar ventaja de una oportunidad (Como la capacidad de ampliar un edificio de parqueo si la demanda es alta)
 - **PUT:** Derecho a limitar las pérdidas de una mala situación (que es lo que una póliza de seguro provee)
- **Puede ser complicado introducir opciones durante el diseño**
 - **ANIDADAS,** Una sobre otra (e.g.: la investigación es una opción del desarrollo, que es una opción de la producción)
 - **SIMULTANEAS** (e.g.: La investigación en celdas de combustible crea opciones tanto para vehículos híbridos como para usos residenciales)

Opciones Financieras

- **Se presentan primero las opciones financieras por que**
 - Es más fácil presentar sus consecuencias
 - Es en este campo en el que fueron desarrolladas las opciones y la valoración
- **Opciones Financieras**
 - Son activos transables (ver valores en finance.yahoo.com)
 - Son vendidas mediante intercambios similares a los de mercado de acciones
 - Están sobre todo tipo de bienes (conocidas con “activo subyacente”)
 - Acciones
 - Commodities (petróleo, carne, algodón, electricidad...)
 - Comercio exterior, etc., etc.

Tipos de Opciones Financieras

- Hay dos tipos básicos de opciones
 - Call: Derecho a COMPRAR un activo por un precio dado
 - Put: Derecho a VENDER un activo por un precio dado
- El precio dado se conoce como precio de ejercicio “strike price”
- Las opciones financieras pueden volverse muy complicadas
 - En adición a Anidadas y Simultaneas
 - Hay posibilidades bastante exóticas (“Asiatica”, “Bermudas”, “caput”, “knock-out,” -- ver www.enlexica.com)
 - No en este curso!

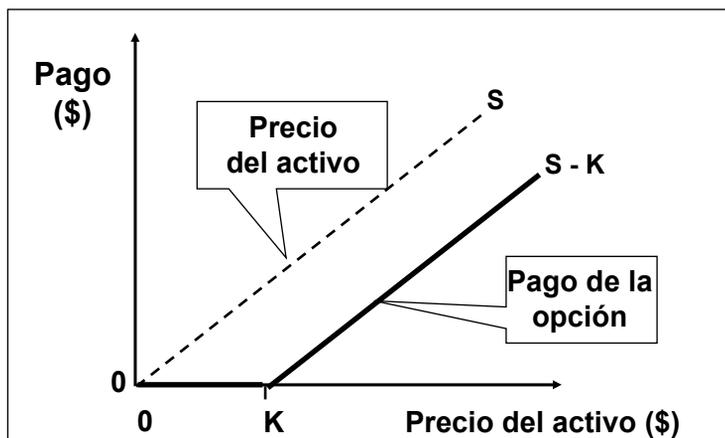
Terminología estándar de opciones

- S = Precio fluctuante en el mercado del “activo subyacente”
- S^* = S en el momento en que el dueño de la opción hace uso de su derecho (“cuando se ejerce la opción”)
- K = Precio de ejercicio “Strike Price”
- PAGO = Neto que recibe el dueño por tener la opción, buscamos entender ésta consecuencia
- Miremos como se ve un PAGO...

Pago de opción Call

- La opción Call otorga a la persona el derecho para adquirir un activo a un precio de ejercicio preestablecido, K
- Solamente es racional ejercer éste derecho cuando el precio del activo es MAYOR que el precio de ejercicio : $S > K$
- Si se ejerce, el dueño de la opción paga el precio acordado K para hacerse al activo que vale S^* \Rightarrow Pago = $S^* - K$
- Si no se ejerce, pago = 0
- Formalmente, pago = Maximo entre 0 o $S^* - K$
= $\text{Max} [0, S^* - K]$

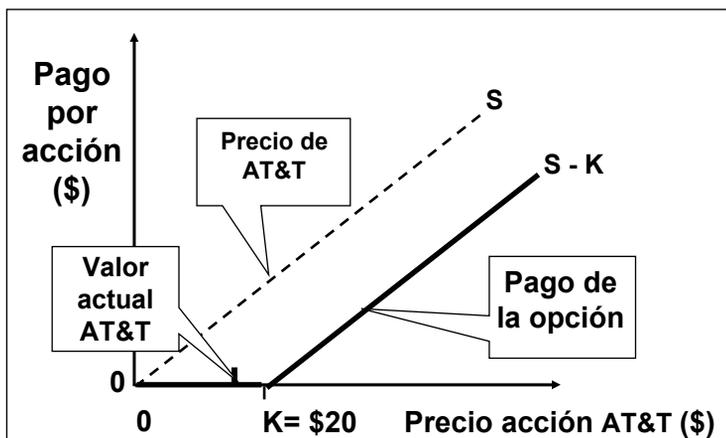
Diagrama de Pago de opción Call



Ejemplo de opción financiera

- **Ejemplo: Una opción Call para**
 - Comprar 100 acciones de AT&T (las acciones de AT&T constituyen el “activo subyacente”)
 - A \$20 por acción (este es el “precio de ejercicio”)
 - Hasta enero 20, 2006
- **En Oct. 27, 2004, los precios eran (finance.yahoo.com)**
 - 1 acción de AT&T = \$ 16.42
 - Opción para comprar 1 acción = \$ 0.50
- **Aqui se muestra como es el diagrama de pago...**

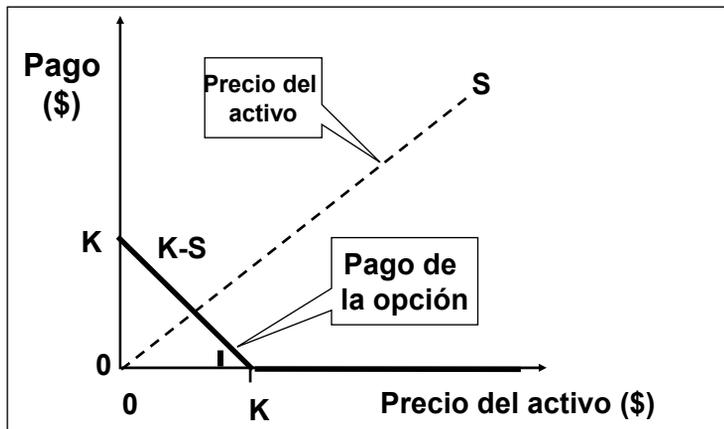
Diagrama de pago para opción call



Ejemplo de opción Put

- **Ejemplo: una opción PUT para**
 - VENDER 100 acciones de AT&T
 - a \$20 por acción
- **Solamente es racional ejercer éste derecho cuando el precio del activo es MENOR que el precio de ejercicio: $S < K$**
- **Si se ejerce, el dueño de la opción RECIBE el precio acordado K por el activo que vale S^* => Pago = $K - S^*$**
- **Si no se ejerce, Pago = 0**
- **Pago neto por opción put = $\text{Max} [0, K - S^*]$**

Diagrama para opción put



Asimetría de las opciones

- Para una opción Call, si el precio del activo $>$ precio de ejercicio... el dueño tiene una utilidad– que puede ser ilimitada
- El dueño no está en obligación de ejercer la opción, por tant... La pérdida se limita al costo de comprar la opción (\$0.50/acción en el ejemplo de AT&T)
- El valor de la opción no es simétrico
 - Para el dueño de una opción call: Sólo ganancia, sin sufrimiento
 - (Para quien vende una opción call: sólo sufrimiento, no ganancia)
- La asimetría es la clave del valor de la opción

¿Que determina el valor de una opción?

- ¿Cuanto debe pagar por una opción?
- Los diagramas de pago muestran, para un precio de ejercicio dado
 - El pago de una opción Call incrementa con el precio del activo
 - El pago de una opción put decrementa con el precio del activo
- El pago generalmente no refleja el valor total de una opción
- Por que?
 - El dueño la ejerece solamente cuando le es ventajoso
 - En general, el dueño puede esperar por un mayor valor
 - El valor es $\text{Max}[\text{ejercer inmediatamente, esperar}]$

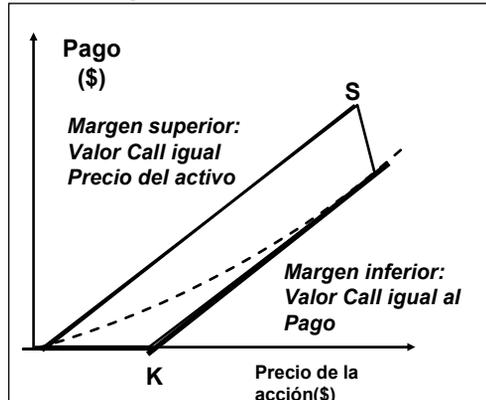
Fronteras en el precio

Hay fronteras lógicas en el valor de una opción call que puede ser ejercida en cualquier momento (Americana)

Precio ≥ 0
De otra manera, comprar de inmediato la opción

Precio $\leq S$
La opción paga $S^* - K$
Valor de la opción $< S$

Precio $\geq S - K$
O comprar y ejercer inmediatamente



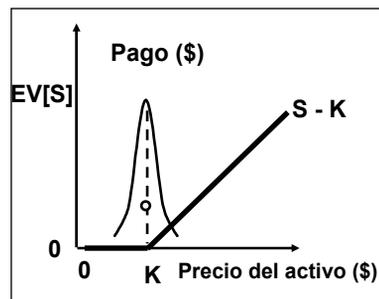
Porque difieren el pago y el valor

- Considere una opción para la cual el precio actual de su activo es igual al precio de ejercicio: ($S = K$) (esto es “at the money”)
Se ejerce de inmediato con pago cero

Sin embargo, si espera:
El pago puede ser mayor
Es peor un pago de cero

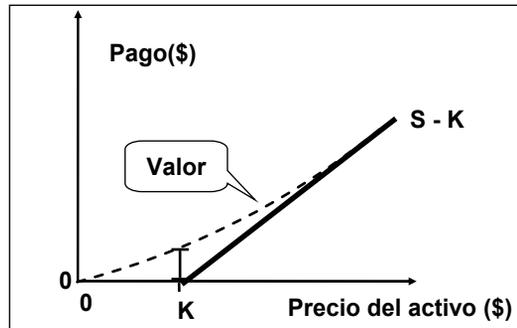
El valor de esperar no se refleja en el ejercicio inmediato, debe agregarse

○ = Valor de la opción



Valor para todos los precios de acción posibles

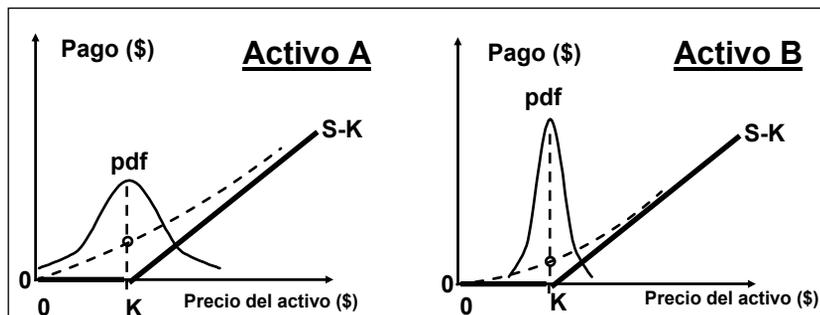
- El valor excede el pago inmediato de ejercer la opción
- Se acerca asintóticamente al pago inmediato conforme aumenta S
- Si no hay posibilidad de ganar: valor (expectativa) = 0 = valor (opción)



El valor de la opción aumenta con la volatilidad

- Dos opciones “at the money” ($S=K$) sobre diferentes activos ambas tienen pago inmediato = 0
El activo A con mayor volatilidad tiene Mayor P(mayores pagos netos) => Mayor valor esperado

El valor asimétrico favorece alta variación (pérdidas limitadas)

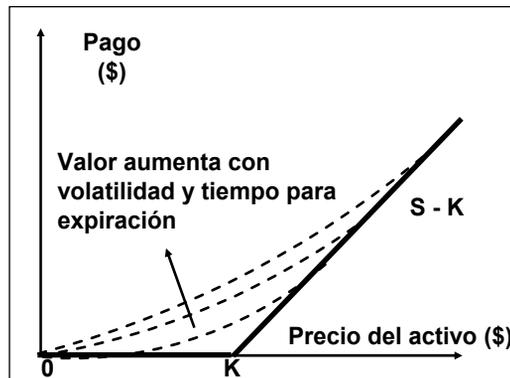


El Impacto del tiempo

- Mayor tiempo para la expiración incrementa el valor de las opciones que usted puede ejercer en cualquier momento (“Americanas”)
 - La habilidad para esperar le permite al dueño de la opción beneficiarse de retornos asimétricos
 - Las opciones de largo plazo contienen a las de más corto plazo + más tiempo no puede ser peor, solamente mejor
- Compare opciones Americanas a 3 y 6 meses
 - Se puede ejercer la opción call de 6 meses al mismo tiempo que la de 3 meses
 - Es posible esperar más con la de 6 meses
 - ¿Cual es más valiosa? Debe ser la de mayor plazo...
- El impacto del tiempo no es obvio para opciones con fecha fija de ejercicio (“Europeas”)
 - Pueden desperdiciar oportunidades de alta rentabilidad

Valor generalizado de opción Call Americana

- Para un precio de ejercicio dado, el valor se incrementa con
 - Incrementos en precio de las acciones
 - Volatilidad
 - Tiempo
- Mayor precio de ejercicio
 - Reduce posibilidad de pago
 - Reduce valor de opción Call



Opciones reales

- “Reales” porque se refieren a proyectos y sistemas
 - En contraste con opciones financieras que son contratos
- Las opciones reales son de interés para el diseño
 - Ellas proveen flexibilidad para la evolución del sistema
- Los proyectos contienen a menudo flexibilidades del tipo de las “opciones”
 - Derechos, no obligaciones (ejemplo: ampliar edificio de parqueo)
 - Se ejerce la opción solo si es ventajoso
- Estas flexibilidades son opciones “reales”
- Desarrollemos la idea mirando las posibilidades ...

Las opciones reales están en todas partes

- Ejemplos:
- Arriendo de equipos con opción para comprar al final del arriendo
 - La acción es comprar al final del arriendo (o retirarse)
 - El periodo de arriendo está definido desde el comienzo (típicamente 2-3 años)
 - El precio de compra está definido en el contrato de arriendo
- Procesos flexibles de manufactura
 - Habilidad para seleccionar el modo de operación (e.g. energía térmica quemando gas o petróleo)
 - La acción es el intercambio de modos
 - La oportunidad es continua (Es posible intercambiar en cualquier momento)
 - El intercambio implica a menudo un costo (e.g.: tiempo de preparación)

Opciones Reales genéricas

- **Tipo Call**
 - Capturan los beneficios de incrementos en el valor del proyecto
 - Su ejercicio involucra típicamente poner dinero en el proyecto
 - Se ejercen cuando las expectativas de retorno posible se aumentan
- **Tipo Put**
 - Aseguran contra pérdidas por reducción en el valor del proyecto
 - Su ejercicio puede implicar costos de corto plazo o valor de salvamento
 - Se ejercen cuando hay expectativas de pérdidas
- **Compuestas (anidadas)**
 - Los proyectos pueden contener múltiples opciones
 - La decisión de ejercerlas se basa en la maximización de la utilidad general
- **En detalle...**

Opciones Reales tipo Call

- **Esperando para invertir**
 - Un proyecto puede ser rentable hoy, pero mejor mañana
 - Dejando abiertas las oportunidades de inversión ~ tediendo una opción call
 - Factores de decisión: resolución de incertidumbre; Utilidades dejadas de percibir
 - Elección basada en : $\text{Max} [\text{inversión inmediata, esperar, } 0]$
- **Ampliar – Acelerar esfuerzos o grado de compromiso**
 - Permite una mayor participación de las ganancias
 - El costo de ampliar es como el precio de ejercicio
 - Elección basada en : $\text{Max} [\text{status quo, proyecto ampliado}]$
- **Reiniciar operaciones temporalmente clausuradas**
 - Similar a esperar para invertir o ampliar (un caso especial)
 - Elección basada en : $\text{Max} [\text{Mantener cerrado, reabrir}]$

Opciones Reales tipo Put

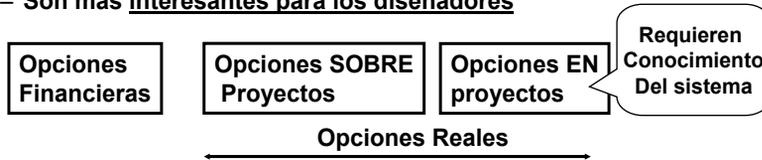
- **Abandonar**
 - Habilidad de detener la inversión, se eliminan las pérdidas continuadas
 - Puede incluir un costo de cierre y unos valores de salvamento
 - Su Selección se basa en: Max [continuar, abandonar]
- **Contraer– Desacelerar o reducir participación**
 - Reduce el nivel de participación y la exposición a las pérdidas
 - A menudo se incurre en costos por reducción de tamaño a corto plazo
 - Su Selección se basa en: Max [status quo, contraer]
- **Cerrar Temporalmente las operaciones**
 - Un caso especial de contracción
 - Elimina pérdidas, pero puede incurrirse en costos de cierre
 - Su Selección se basa en: Max [status quo, cerrar temporalmente]

Opciones Compuestas o Anidadas

- **Combinaciones de opciones**
 - Muchas opciones reales existen simultaneamente
 - E.g.: Aquellas de abandonar, contraer, o temporalmente cerrar
 - Problema complejo: El valor de múltiples opciones es, con frecuencia, interdependiente y, en general, no aditivo
 - Su ejercicio puede hacer que otras pierdan cualquier valor (al abandonar se termina el proyecto)
- **El intercambio entre modos de operación (ejemplo: caso del sistema dual de combustible)**
 - Los sistemas flexibles incluyen una serie infinita de opciones
 - Permiten el intercambio continuo entre modos de operación
 - Si el intercambio de modos tiene un costo, este se comporta como un precio de ejercicio
- **Las opciones compuestas, se deben valorar como un sistema**

Dos tipos de opciones reales

- Aquellas que son “reales” porque, en contraste con las opciones financieras, se ocupan de proyectos, ellas son “SOBRE” proyectos
 - Ej.: La opción de abrir una mina (El caso de Antamina)
 - Ellas no tienen que ver en sí con el diseño del sistema
 - Son las más comunes en la literatura
- Aquellas que son “reales” porque se ocupan del diseño de elementos del sistema, ellas son opciones “en” los proyectos
 - Ej.: Opciones para desarrollar en etapas un sistema de satélites de comunicaciones
 - Estas requieren el conocimiento detallado del sistema
 - Son más interesantes para los diseñadores



Opciones reales “sobre” Proyectos

- Estas son opciones financieras, pero sobre elementos técnicos
- Tratan la tecnología como una “caja negra”
- Ejemplo: Mina de Antamina (discutida en detalle más adelante)
 - La opción de abrir la mina luego de un periodo de exploración de dos años
 - Incertidumbres: Cantidad de mineral y precio futuro => incertidumbre en los ingresos y por tanto en el valor de la mina
 - Esta es una Opción financiera tipo Call (sobre la mina, como activo)
- Difiere de las opciones financieras normales puesto que
 - Tiene un periodo mucho más largo – Las opciones financieras son usualmente < 2 años
 - Se requiere un esfuerzo especial para modelar el valor futuro del activo, no puede ser proyectado simplemente de información histórica (como sería típico)

Opciones reales “en” proyectos

- Estas crean opciones mediante el diseño de sistemas técnicos
- Requieren conocimiento de la tecnología
- Ejemplo: Satélites de Comunicaciones
 - Los diseñadores puede crear opciones para ampliar la capacidad al configurar inicialmente los satélites
 - Se requiere de capacidad técnica para crear y ejercer la opción
- Difiere de otras Opciones “reales” porque
 - Hay un esfuerzo especial para modelar la flexibilidad posible en el sistema (EJ: Modelar un “Espacio de posibilidades” para el diseño de satélites de comunicaciones)

Resumen de la introducción a las opciones

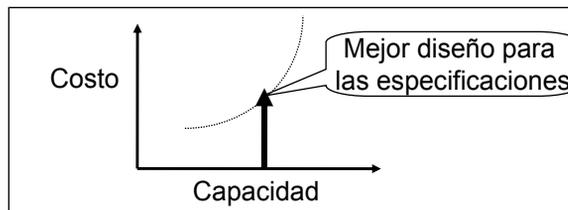
- Las opciones representan el concepto de flexibilidad
- Las opciones no son “alternativas”
- Mantra de 4 pasos “derecho, pero no obligación, de actuar...”
- Opciones “Call” para oportunidades, opciones “put” para riesgos de pérdida
- Las opciones tienen retornos asimétricos=> La razón de su valor
- Las opciones son financieras y “Reales”
- Hay muchas opciones “reales” disponibles a los diseñadores de sistemas
- Hay opciones “Reales” “sobre” y “en” los sistemas

Apéndice

- Diapositivas que resumen las lecciones aprendidas de los casos de “edificio de parqueo” y “Satélites de comunicaciones”
- Diapositivas que muestran cómo la flexibilidad afecta la valoración
- Diapositivas que ilustran la inpracticabilidad del uso del análisis de decisión para analizar la flexibilidad en la práctica

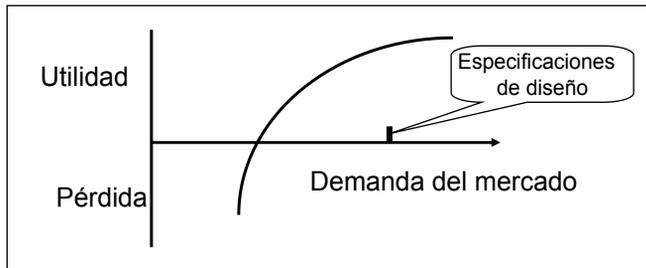
Práctica tradicional

- Se enfoca típicamente en el diseño de acuerdo a especificaciones
- Ejemplo: Sistema de satélites de comunicaciones
 - El sistema fue diseñado para alcanzar un nivel de desempeño específico (o especificaciones)
 - Estas especificaciones son decididas por fuera de la práctica de la ingeniería (por ejemplo, por el mercado y/o análisis financiero)
 - Notese que el diseño es un esfuerzo complejo de optimización



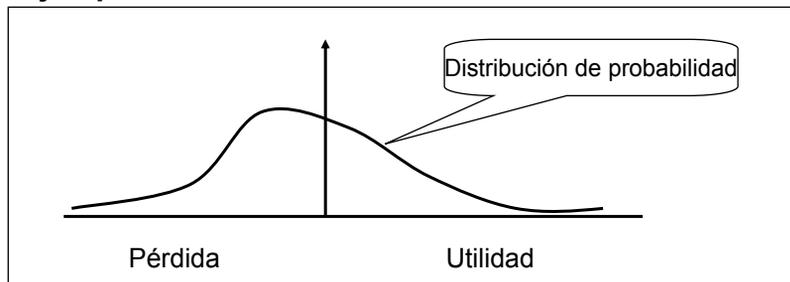
El desempeño real del sistema es riesgoso

- Por que ocurre esto?
- Debido a condiciones inciertas de tecnología y mercado, entre otras
- Ejemplo: Sistema de satélites de comunicaciones:
 - La rentabilidad depende del tamaño del mercado para el sistema



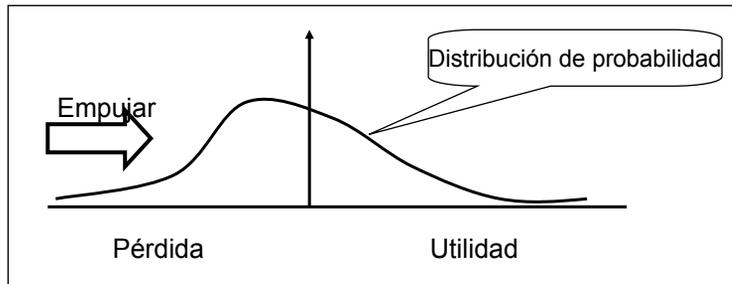
El diseño involucra una distribución del riesgo

- Los diferentes resultados varían en su probabilidad
- Consecuencia de los resultados tienen x probabilidad \Rightarrow fdp (Función de distribución de probabilidad)
- Ejemplo: Sistema de satélites de comunicaciones:



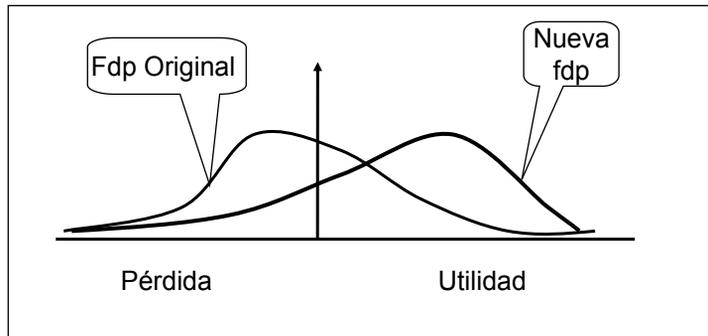
Oportunidad de Diseño

- Para empujar hacia la utilidad la función de distribución de probabilidad, maximizando el valor
- Maneras claves para hacer esto: flexibilidad que permite adaptar el diseño a las circunstancias



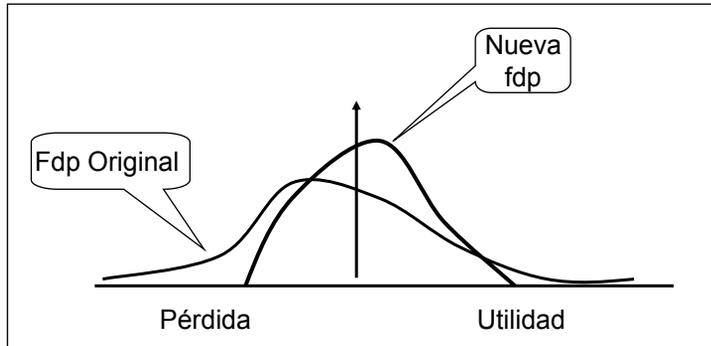
Consecuencias de la flexibilidad (1)

- Acentúa lo positivo – Saca ventaja de las oportunidades (también conocido como “opciones call”)



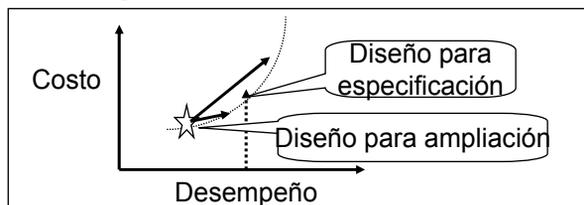
Consecuencias de la flexibilidad (2)

- **Minimiza lo negativo – evita grandes pérdidas (como las pólizas de seguros) (también conocidas como opciones “put”)**



Enfasis en la flexibilidad

- **Representa un cambio real en el concepto del diseño y administración de sistemas de ingeniería en el tiempo**
- **Por que?**
- **En lugar de diseñar para una especificación, se diseña para un rango de posibles niveles de desempeño**



Ejemplo: Riesgo de mercado de la producción

- **Caso de quemador flexible en planta de energía**
- **Las turbinas para generación de energía eléctrica pueden ser alimentadas por**
 - Quemador de Gas
 - Quemador de petróleo
 - Quemador flexible de uso dual, (acepta tanto gas como petróleo)
- **Adquirir Tecnologías fijas (gas o petróleo) cuesta menos que el complejo quemador flexible**
- **Bajo que condiciones pueden ser valiosos los sistemas flexibles?**

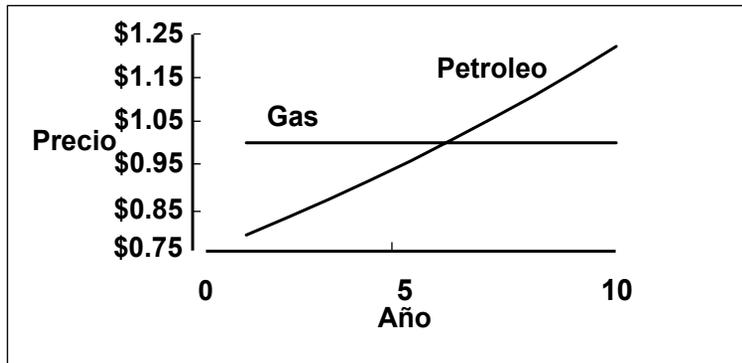
Detalles del caso del quemador Flexible

- Se basa en un *paper* de Kulatilaka y Marcus
- Precio del gas: Fijo en \$1 por unidad de energía
- Precio del petroleo: Aumenta en el tiempo
 - En el año 1 el petroleo cuesta \$0.75 por unidad de energía
 - El precio se incrementa en un 5% anual
- Los flujos de caja se descuentan al 10%
- La instalación tiene lugar en el año 0
- Las operaciones se inician en el año 1
- Los ingresos son independientes de la tecnología
- Cual es el VPN de cada quemador?

Caso Base: Se asume que los precios gas y petroleo son conocidos con total certidumbre

- El Quemador de petroleo es más económico de operar hasta el año 6

Precios de petroleo y Gas



Flujos de caja suponiendo que hay certidumbre

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gas Plant											
Revenue		1.16	1.21	1.27	1.34	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.79
Cost	2.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PV Net	-2.50	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30
Cash Flow											
NPV	-0.05										
Oil Plant											
Revenue		1.16	1.21	1.27	1.34	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.79
Cost	2.50	0.79	0.83	0.87	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.22
PV Net	-2.50	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22
Cash Flow											
NPV	0.24										
Flexible Plant											
Revenue		1.16	1.21	1.27	1.34	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.79
Cost	3.00	0.79	0.83	0.87	0.91	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PV Net	-3.00	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30
Cash Flow											
NPV	-0.03										

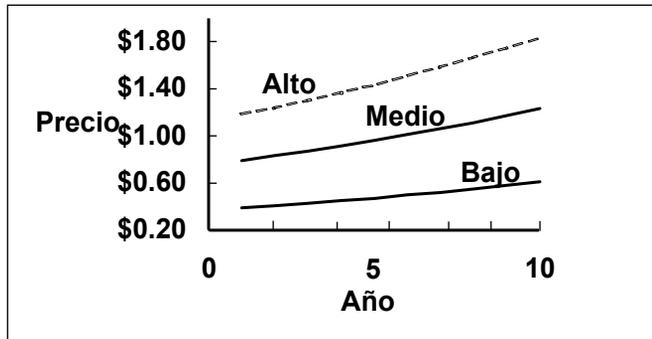
Resultados del caso que asume certidumbre

- **Ranking de tecnologías**
 - Petroleo -- Flexible -- Gas
- **El quemador de petroleo obtiene ventajas de costos en los primeros años con respecto al gas**
 - El valor del dinero en el tiempo significa que las ganancias tempranas valen más que las pérdidas futuras
- **El quemador de petroleo también es mejor que el flexible**
 - Ambos obtienen ventajas de costo hacia el comienzo
 - El flexible se cambia a gas cuando es ventajoso
 - El costo extra de adquirir el quemador flexible > ganancias posteriores
- **Supuesto crítico: Los precios son predecibles**

Caso más realista: Incertidumbre en precio del petróleo

- Que tal que el petróleo pudiera seguir alguno de las proyecciones siguientes?

Precio del petróleo



Flujos de caja asumiendo incertidumbre

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oil Plant											
Revenue		1.16	1.21	1.27	1.34	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.79
Cost (High)	2.50	1.18	1.24	1.30	1.37	1.43	1.51	1.58	1.66	1.74	1.83
p=0.3											
Cost (Medium)	2.50	0.79	0.83	0.87	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.17	1.23
p=0.4											
Cost (Low)	2.50	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.50	0.52	0.55	0.58	0.61
p=0.3											
Cost (Avg.)	2.50	0.79	0.83	0.87	0.91	0.96	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22
PV Net Cash	-2.50	0.34	0.32	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22
Flow											
NPV		0.24									
Flexible Plant											
Revenue		1.16	1.21	1.27	1.34	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.79
Cost (High)	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
p=0.3											
Cost (Medium)	3.00	0.79	0.83	0.87	0.91	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
p=0.4											
Cost (Low)	3.00	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.50	0.52	0.55	0.58	0.61
p=0.3											
Cost (Avg.)	3.00	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88
PV Net Cash	-3.00	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.35	0.36	0.36	0.36	0.35
Flow											
NPV		0.63									

Resultados del caso que asume incertidumbre

- **Ranking de tecnologías**
 - Flexible -- petroleo -- Gas
- **La tecnología flexible permitió en intercambio ventajoso**
 - Para el precio alto del petroleo: la tecnología dual es mejor que solamente petroleo
 - Para alto precio de gas: Tecnología dual es mejor que solamente gas
 - Los beneficios ocurren temprano cuando la incertidumbre en los precios es considerada
 - Los ahorros en costos operativos sobrepasan los costos adicionales de adquisición

Lecciones del ejemplo del quemador

- **La situación real puede ser MUY complicada**
- **Los precios cambian rapidamente**
 - Pueden ir hacia arriba y hacia abajo siguiendo muchas tendencias
 - El intercambio entre combustibles se puede ejercer a menudo
- **El análisis de decisión puede ser impráctico**
 - El ejemplo de una situación simple resulta ya complicado
- **El análisis asume tasa de descuento fija, pero**
 - La tasa de descuento debe reflejar la volatilidad en los precios
 - Así como el riesgo cambia, debe también cambiar la tasa de descuento
 - En el análisis de decisiones la tasa de descuento no se puede cambiar
- **Se requiere de otro método!!! => Análisis de opciones**

Ejemplo: Proyectar el riesgo de I&D

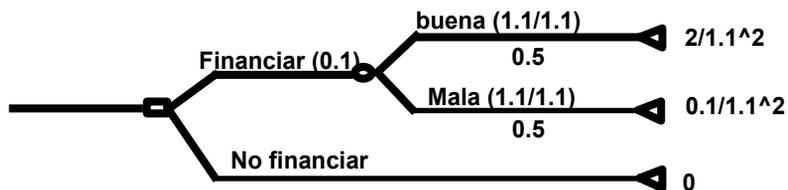
- **Iniciar proyecto de \$100,000 (0.1M) en I&D**
- **Se requieren \$1,100,000 (1.1 M) más para terminar el desarrollo**
 - La factibilidad comercial está determinada por los resultados iniciales de la I&D
 - Se planea vencer (licenciar) la tecnología al mejor postor
- **Estimación de ingresos**
 - Probabilidad del 50% de vender tecnología a \$2000,000 (2M)
 - Probabilidad del 50% de vender tecnología a \$100,000 (0.1M)
- **Se aplica una tasa de descuento constante del 10%**
- ***Vale la pena financiar este proyecto?***

Valoración tradicional de I&D por VPN

Año	0	1	2
Costo inicial	(0.1)		
Desarrollo		(1.1)	
Ingresos Licencia			0.5*2 0.5*0.1
Valor Presente	(0.1)	(1)	0.868

Valoración de I&D mediante árbol de VPN

- $VPN = -232$
- *El proyecto debe ser rechazado*



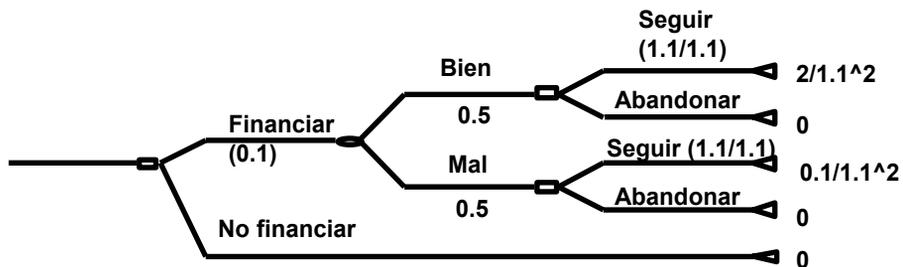
Perspectiva flexible de la I&D

- Desarrollar solamente si se esperan \$2000 licencias

Año	0	1	2
Costo Inicial	(0.1)		
Desarrollo		$0.5*(1.1)$	
Ingresos Licencias			$0.5*2$ $0.5*0$
Valor Presente	(0.1)	(0.5)	0.826

Arbol con visión flexible de I&D

- $VPN = + 226$
- *El proyecto debe ser aceptado*



Lecciones del ejemplo de I&D

- La capacidad de abandonar un proyecto tiene un valor significativo
 - Limita las pérdidas
 - Se continúa solo si es ventajoso
- El VPN estándar pierde de vista completamente el valor de la opción
 - Falla en considerar el efecto de decisiones inteligentes de la administración
- El VPN distorciona el valor cuando hay riesgo
 - Asume que: El VPN con valores esperados = VPN esperado
 - “Falla de los promedios” ver artículo, también ejercicio 2
 - Sin embargo: Las consecuencias de los escenarios tienen asimetrías
 - Ejemplo, A menudo los costos de producción no son lineales con respecto al volumen
- El análisis de decisión tiene la ventaja de reconocer el valor de la flexibilidad

El análisis de Decisión puede ser inpráctico

- **El análisis puede ser muy complicado**
 - La situación puede cambiar muy frecuentemente de tal manera que su análisis resulta muy confuso
 - Ejempli: Los precios de los recursos básicos fluctuan rápidamente hacia arriba y hacia abajo
- **Es una base inadecuada para escoger la tasa de descuento**
 - Cuando la naturaleza del riesgo cambia constantemente,
 - ... La tasa de descuento también debe cambiar
 - ... Ninguna tasa de descuento única cubre esta situación de manera adecuada
 - Para más detalles ver presentación sobre valoración