

 **UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA**

Opciones Reales.
Aplicación a la valuación de proyectos petroleros.

Arturo Massera
MBA 2002



Índice

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVO DE ESTE TRABAJO	2
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	3
2. INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA PETROLERA	4
PROPIEDAD DE LOS HIDROCARBUROS	4
EL MERCADO MUNDIAL DEL PETRÓLEO	5
CONDICIONES PARA LA EXISTENCIA DE YACIMIENTOS	8
CONCEPTO DE RESERVAS.....	9
METODOLOGÍA PARA EVALUAR PROYECTOS EXPLORATORIOS	10
3. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA	12
FORMA TRADICIONAL DE VALUAR PROYECTOS PETROLEROS	12
<i>Valor Actual Neto</i>	12
<i>Análisis de Árbol de Decisión</i>	12
<i>Valuación por Múltiplos</i>	13
<i>Análisis de sensibilidad</i>	13
<i>En que fallan las formas actuales de valuar</i>	14
OPCIONES REALES	14
<i>Conceptos básicos sobre opciones financieras</i>	14
<i>Semejanza de las opciones reales con las opciones financieras</i>	18
<i>Clasificación de opciones reales</i>	19
<i>Opción de atrasar un proyecto</i>	19
<i>Opción de expandir un proyecto</i>	21
<i>Opción de abandonar un proyecto</i>	21
<i>Propiedad de las opciones</i>	22
<i>Ventajas y desventajas de las Opciones Reales</i>	23
4. CASO DE ESTUDIO	24
VALUACIÓN TRADICIONAL	24
VALUACIÓN POR OPCIONES REALES	26
<i>Opción de esperar</i>	26
<i>Opción de expandir</i>	28
<i>Opción de abandonar</i>	29
5. CONCLUSIONES	31
6. ANEXOS	34
ANEXO I: EVALUACIÓN PUESTO MORALES	35
ANEXO II: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE PUESTO MORALES ..	39
BIBLIOGRAFÍA	40



1. Introducción

Objetivo de este trabajo

El objetivo de este trabajo es encontrar una metodología que permitiera valorar proyectos de inversión en la industria petrolera utilizando opciones reales para capturar la flexibilidad que la compañía tiene para cambiar el curso de una inversión a medida que nueva información es revelada.

El método de valuación tradicional de Flujo de Fondos Descontado (FFD) no tiene en cuenta esta flexibilidad ya que asume un escenario como el mas probable y lo descuenta a una tasa ajustada por riesgo. Otro método muy utilizado es el de Árboles de Decisión (AD), este método si tiene en cuenta las distintas opciones que posee la compañía, pero utiliza la misma tasa de descuento para todas sus ramas mientras que el riesgo cambia en cada una de ellas.

El método de valuación por opciones reales toma lo mejor de ambas metodologías y las resume en una sola. Sin embargo deben cumplirse ciertas premisas para poder utilizar este método correctamente, entre otros requisitos es necesario poder prestar y tomar prestado las sumas que sean necesarias a la tasa libre de riesgo, no debe existir el arbitraje y no debe haber costos de transacción. El mercado debería ser completo y por lo tanto todos los actores en el mismo deberían tener la misma información. Todo esto es mas o menos factible tratándose de opciones financieras y producen distorsiones mínimas, pero cuando nos trasladamos a opciones sobre activos reales estas premisas están bastante alejadas de la realidad porque no son activos con cotización y son pocas la cantidad de transacciones de activos similares que se realizan y las distorsiones pueden ser importantes.

Esto puede hacer que al valorar nuestro proyecto utilizando opciones reales terminemos asignándole un valor incorrecto a las opciones que el proyecto posee y hacernos aceptar un proyecto que debería ser rechazado.

Sin embargo la teoría de opciones reales aunque puede ser riesgosa para decidir sobre un proyecto, puede ser de suma utilidad a la hora de tomar decisiones sobre la marcha de un proyecto. Si valuamos las opciones, podremos determinar cuales de ellas son más valiosas, y a partir de ello, el management de la compañía deberá prestar especial atención a la evolución de las variables que están relacionadas con el ejercicio de estas opciones para decidir ejercerlas o no y en el caso de que el management pueda ejercer alguna influencia en el valor de estas variables poder determinar el efecto que esto tendrá en el valor del proyecto.



Estructura del documento

Este documento esta compuesto de cinco puntos. En el primero hay un breve resumen del contenido del trabajo y de la forma en que esta estructurado. El segundo punto es una introducción a la industria petrolera atravesando temas tanto comerciales, legales y de mercado como geológicos y técnicos y exponiendo aspectos necesarios para poder evaluar un proyecto petrolero y llegando a una metodología utilizada comúnmente en la industria para evaluar proyectos exploratorios.

En la primera parte del tercer punto desarrollo las formas tradicionales de evaluar lo proyectos petroleros a través del Valor Actual Neto, Árboles de decisión, valuación por múltiplos y análisis de sensibilidad exponiendo las ventajas y desventajas de estas metodologías.

En la segunda parte de este punto describo la teoría de Opciones Reales, su semejanza con las opciones financieras y los distintos tipos de opciones que pueden presentarse, las ventajas que tiene esta metodología y los cuidados que hay que tener al utilizarla.

En el cuarto punto aplico los distintos métodos a la valuación de un proyecto exploratorio particular para determinar la diferencia de valor generada por valuar el proyecto con uno y otro método y el valor puntual de cada una de las opciones que el proyecto puede tener.

En el último punto expongo las conclusiones y mis opiniones sobre las Opciones Reales y el valor que agregan al proceso de valuación de proyectos.



2. Introducción a la industria petrolera

La industria petrolera está dividida en dos grandes segmentos a los que comúnmente se los denomina downstream y upstream. El primero se ocupa del transporte, refinación y distribución de hidrocarburos, mientras que el segundo se ocupa de la exploración y extracción. Este último segmento, también conocido como E&P (Exploración y Producción) es sobre el que estará enfocado este trabajo y especialmente la evaluación de prospectos exploratorios. En esta sección intentaré dar un marco de referencia para comprender el mercado del upstream y los factores que son necesarios tener en cuenta a la hora de evaluar un proyecto.

Propiedad de los Hidrocarburos

En el mundo existen dos corrientes principales que determinan la propiedad de los hidrocarburos. En Estados Unidos la norma que impera es el principio de accesión heredado del sistema jurídico sajón que da la propiedad de todo lo que este encima y debajo del suelo al propietario de este. Es por eso que el dueño del terreno es el dueño de los hidrocarburos y puede a su vez conceder permisos de explotación a terceros para que lo extraigan. Además como los hidrocarburos pueden moverse de un lugar a otro y en el subsuelo un mismo yacimiento puede ocupar varias propiedades, existe la “regla de la captura”, esto significa que los hidrocarburos son del que los extraiga y nadie puede reclamar la propiedad de un hidrocarburo que se haya “movido” en el subsuelo, esto aceleró la industria con el fin de obtener la mayor cantidad de hidrocarburos antes de que los obtenga el vecino.

En América Latina y como consecuencia de la colonización Española y Portuguesa, todo lo que se encuentra debajo de la tierra pertenece al Estado, esto fue así porque los colonizadores buscaban quedarse con todas las riquezas minerales para la corona. La independencia de los países americanos mantuvo este principio y esto llevó a una fuerte regulación y a la creación de empresas petroleras estatales tales como YPF, Petrobras, Pemex, PDVSA, etc.

Los países latinoamericanos explotan sus recursos ya sea a través de sus empresas petroleras estatales o abriéndose al capital privado mediante alguna forma de concesión, entre las que se destacan las que, por un lado cede la propiedad de los hidrocarburos producidos al concesionario a cambio de un fee inicial, una regalía sobre lo producido, un requerimiento de inversiones mínimas a realizar o una combinación de algunos de estos tres métodos, o por otro el Estado sólo paga una remuneración al operador que puede o no estar

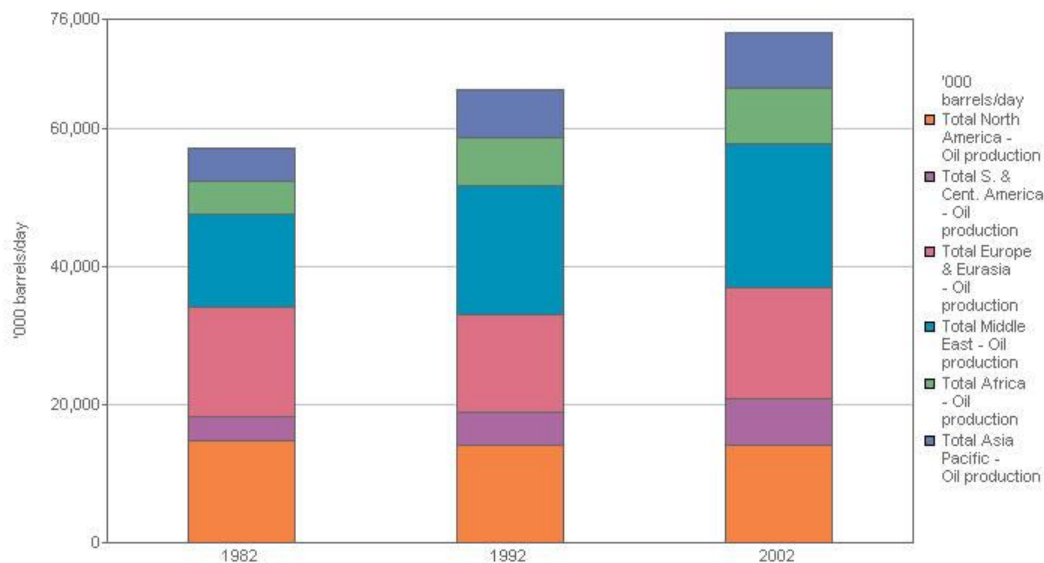


relacionada con el precio del petróleo. Estos últimos son llamados contratos de prestación de servicios petroleros.

La Argentina eligió un régimen regalista, que comenzó en 1985 con el plan Houston y se vio fortalecido a comienzos de la década del 90 con la privatización de muchos yacimientos. Las empresas petroleras pagan una regalía del 12% que corresponde a los estados provinciales, y la reforma de la constitución de 1994 establece que corresponde a las provincias el dominio de los recursos existentes en sus territorios. por lo que una vez finalizadas las concesiones actuales los yacimientos serán devueltos a las provincias

El mercado mundial del petróleo

La producción de petróleo se desarrolla en casi todos los países del mundo, sin embargo aproximadamente el 40 % del petróleo se produce en los 11 países miembros de la OPEP¹ y como podemos observar en el siguiente gráfico la producción de este grupo fue creciendo en importancia en las últimas dos décadas mientras que la producción de América del Norte decreció y la de Europa se mantiene constante.



Fuente: www.bp.com Statistical review of World Energy 2003

Otro dato relevante es la distribución de las reservas de petróleo, ya que actualmente el 76% de las reservas se encuentran los países miembros de la OPEP mientras que las reservas de América del Norte disminuyeron a menos de la mitad en la última década.

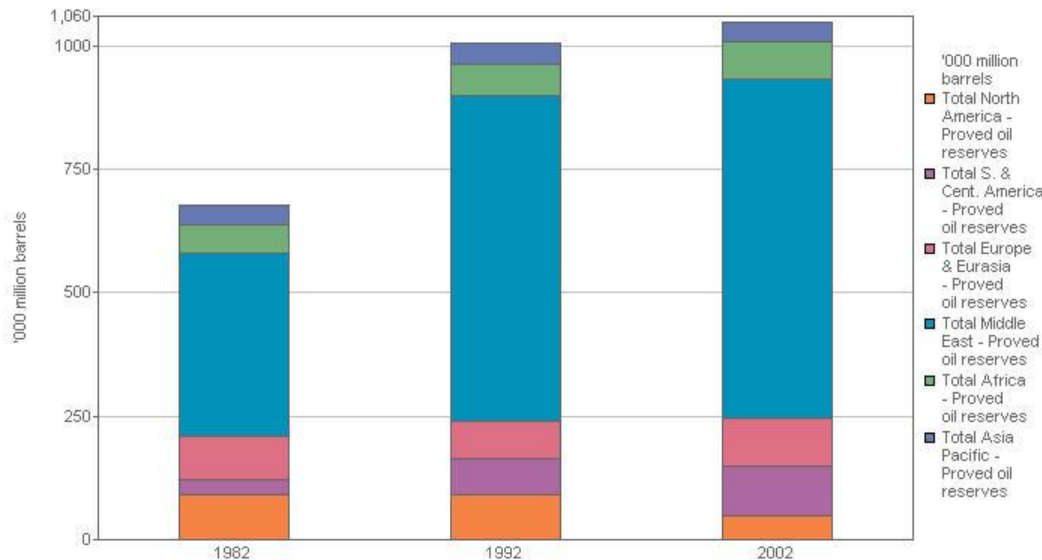
¹ Los países miembros de la OPEP son: Irán, Irak, Kuwait, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Argelia, Libia, Nigeria, Indonesia y Venezuela.



Opciones Reales

De todos modos hay que tener en cuenta que la cuota de producción que la OPEP asigna a cada uno de los países miembros esta en relación directa con la cantidad de reservas que tiene cada país, es por eso que para estos países es muy importante la cantidad de reservas que declaran.

Es importante notar que el consumo de petróleo de Norteamérica y Japón y China se ha incrementado notablemente en los últimos 20 años, pero no fue acompañado por un crecimiento de la producción ni el descubrimiento de reservas. Estos países dependen actualmente de la producción tanto de la OPEP como de la ex Unión Soviética (CIS), pero de mantenerse esta tendencia para las próximas décadas los consumos de estos países dependerán muy fuertemente de la producción de los países miembros de la OPEP.

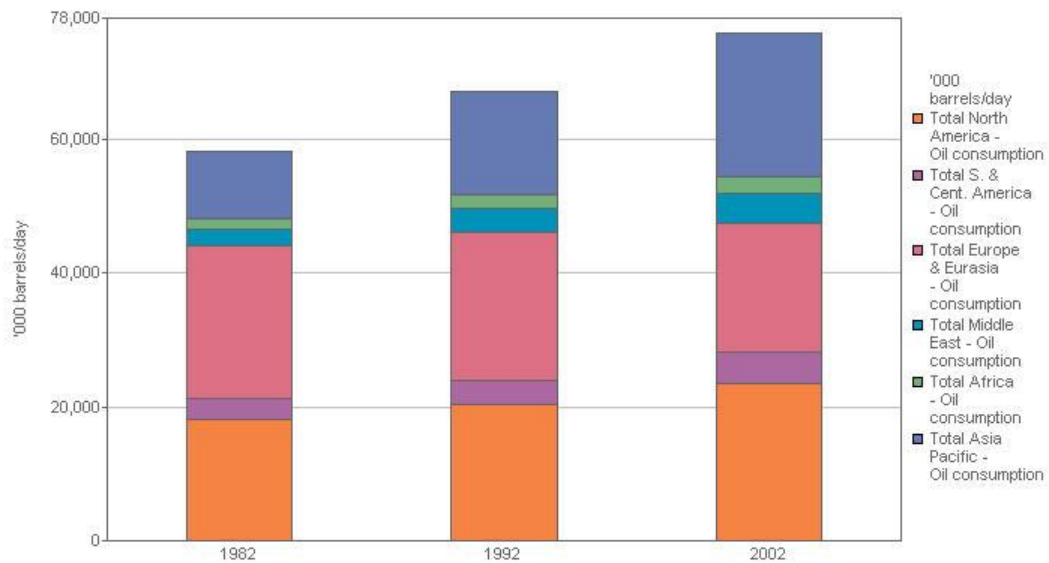


Fuente: www.bp.com Statistical review of World Energy 2003

Además de la producción y las reservas, también el consumo esta polarizado y cerca del 66% del consumo esta concentrado en Estados Unidos, Europa, Japón y China.

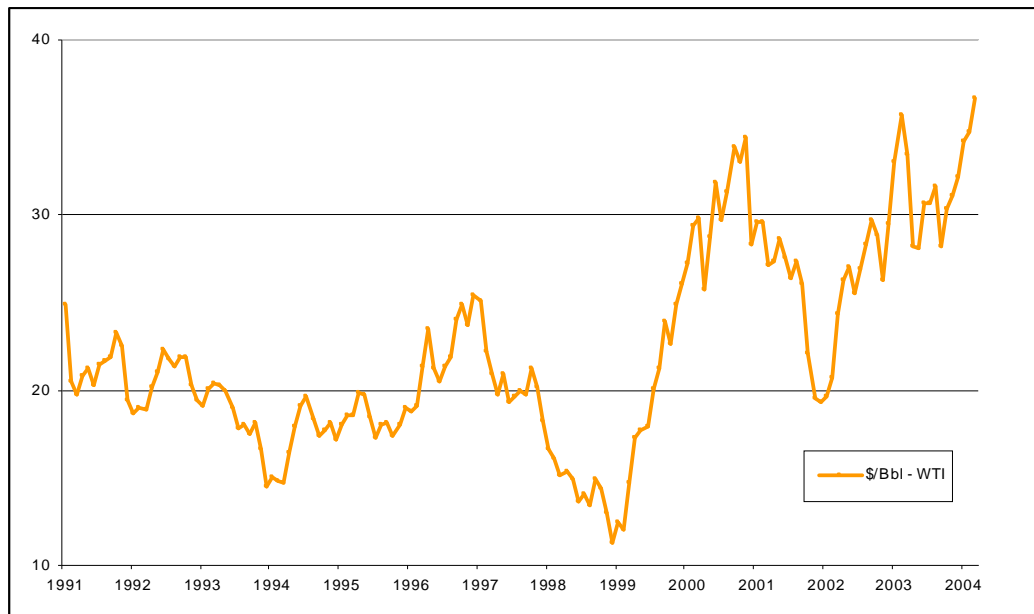


Opciones Reales



Fuente: www.bp.com Statistical review of World Energy 2003

Por esta razón la variación de los precios del crudo responde principalmente a las expectativas sobre el comportamiento de las economías de estos últimos países y a las decisiones sobre la producción que adoptan los miembros de la OPEP. A continuación puede verse en un gráfico la evolución del precio² del petróleo como promedio anual en los últimos años.



² Fuente: Platts, WTI promedio anual desde 1991 a 2004



Últimamente, las noticias sobre la aceleración y desaceleración de la economía Norteamericana, las constantes crisis en medio oriente, la guerra de Estados Unidos con Afganistán e Irak, las crisis políticas en Nigeria y en Venezuela y el crecimiento que ha experimentado China en los últimos tiempos han hecho del crudo un producto muy volátil con marcadas variaciones debidas a hechos políticos que se sumarán a las variaciones que existen en la oferta y la demanda.

Condiciones para la existencia de yacimientos

Para que exista un yacimiento deben darse los siguientes seis factores y condiciones:

- Cuenca
- Roca generadora
- Migración
- Reservorio
- Sello
- Trampa

Cuenca

La cuenca podría ser imaginada como un valle en el que millones de años atrás se acumularon sedimentos rodeado por formaciones de rocas duras. Estos sedimentos posteriormente fueron tapados por nuevas capas de sedimentos y así quedaron sepultados y convertidos en roca.

Roca Generadora

Durante millones de años sustancias orgánicas provenientes de restos animales y vegetales fueron quedado incorporados al fondo de mares y lagos a profundidades tales, que la falta de oxígeno hizo que las sustancias orgánicas se preservaran y fueran constituyendo lo que luego sería la roca generadora. Esta roca es a su vez cubierta por otros sedimentos y va quedando enterrada cada vez a mayor profundidad y sometida a presiones y temperaturas superiores a las originales. Cuando la roca generadora se calienta la materia orgánica se va descomponiendo hasta llegar a los compuestos mas simples: los hidrocarburos, este proceso tarda millones de años.

Una vez generado el petróleo y el gas, comienzan a desplazarse generalmente hacia arriba desplazando moléculas de agua que son mas pesadas, a este proceso se lo llama **Migración**, y en algunos casos los hidrocarburos llegan a la superficie. En otros casos los hidrocarburos se encuentran con una barrera que les impide seguir subiendo y da origen a un yacimiento. La barrera es por lo general un manto de roca impermeable y es conocido como **Sello**.



Reservorio

A un reservorio no hay que imaginarlo como una caverna en la que se encuentra el petróleo sino que es una roca que tiene espacios vacíos dentro de sí que es capaz de contener petróleo o gas así como la arena de la playa es capaz de contener agua.

Hay tres propiedades que definen un reservorio, la porosidad, la permeabilidad y la saturación de hidrocarburos. La porosidad da una idea de la cantidad de espacios que existen entre la roca y la cantidad de hidrocarburos que puede almacenar. Si en lugar de arena fueran cantos rodados la cantidad de espacios libres sería mayor. La permeabilidad describe la facilidad con la que los hidrocarburos pueden trasladarse dentro de un reservorio, ya que si los huecos que existen están aislados uno de otro no es posible extraer petróleo y la saturación muestra que porcentaje del espacio esta ocupado con hidrocarburos y que porcentaje por agua.

Trampa

Para la formación de un yacimiento no solo es necesario el sello, sino también la existencia de una trampa, es decir la existencia de rocas impermeables a los lados que haga que los hidrocarburos no se desparramen hacia los costados. La trampa puede ser estratigráfica en la que el reservorio esta completamente rodeado de arcillas muchas veces producto de fallas geológicas, o estructural en la que un pliegue de la roca que hace de barrera forma como una tasa invertida y provoca la acumulación de los hidrocarburos.

Concepto de reservas

Las reservas son la cantidad de petróleo y gas que se podrán extraer de un yacimiento a lo largo de su vida útil en condiciones económicamente rentables. Para calcularlas es necesario saber la dimensión del reservorio, la porosidad de la roca, la saturación de agua y la profundidad y presión del yacimiento. Para poder obtener todos estos datos con relativa precisión es necesario la perforación de un pozo exploratorio que confirme o rectifique los datos obtenidos a través de los distintos estudios geológicos.

Con estos datos se obtiene la totalidad de los hidrocarburos existentes en el reservorio conocidos por su sigla en ingles OOIP o OGIP que significa Original Oil in Place o Original Gas in Place. A este volumen se le debe aplicar un factor de recuperación, que dependerá de la presión del yacimiento, porosidad y permeabilidad de la roca, etc y que por lo general se ubica entre un 15 y un 60% del petróleo existente utilizando técnicas de recuperación secundaria y terciaria que aumentar el factor de recuperación, en yacimientos gasíferos este porcentaje puede llegar hasta el 75%. Además del factor de recuperación, es posible que en determinado momento extraer mas hidrocarburos sea mas caro



que el valor de los mismos, por lo que esos hidrocarburos tampoco forman parte de las reservas.

Las reservas se clasifican en tres en tres grupos, reservas probadas, reservas probables y reservas posibles, dependiendo del grado de certidumbre sobre las mismas. Las del primer grupo tienen más del 90% de certeza mientras que las del segundo se ubican entre el 90 y el 50% y el último grupo entre de 50% y 10%.

Las reservas probadas a su vez se subdividen en desarrolladas y no desarrolladas. Las reservas desarrolladas son aquellas que están en condiciones de ser extraídas con los pozos e instalaciones existentes y las no desarrolladas requerirán de nuevos pozos e instalaciones para poder ser producidas.

Metodología para evaluar proyectos exploratorios

Una compañía hará una oferta por un bloque exploratorio si cree que en ese lugar se encuentra una estructura geológica capaz de contener hidrocarburos con una probabilidad tal que justifique explorar para descubrirlos, producirlos y comercializarlos. Los campos completamente exploratorios que no tienen producción suelen asignarse a quien compromete mayor cantidad de inversiones exploratorias durante un plazo determinado. Este plazo, una vez realizadas las inversiones comprometidas, puede generalmente tiene la opción de extenderse comprometiendo nuevas inversiones.

Para evaluar un proyecto exploratorio es posible partir de una registración sísmica que permita a los geólogos identificar todas las posibles trampas y fallas donde puedan haber hidrocarburos acumulados.

Una vez determinadas todas las trampas debe estimarse una probabilidad de éxito para cada una de ellas. Existen diferentes métodos para estimarlas entre las que se encuentran la opinión del geólogo, utilizar un promedio basado en los éxitos históricos dentro de la misma cuenca, y especialmente los últimos pozos perforados que tuvieron como objetivo esa formación. Es improbable que dos geólogos, con la misma información disponible, lleguen a la misma conclusión, por esto en general se utilizan la opinión del profesional ajustada por la historia de éxitos de esa formación.

La probabilidad de descubrir un yacimiento comercial se calcula habitualmente como el producto de tres factores: Probabilidad geológica, de trampa y de reservorio.

El factor geológico es la probabilidad que se le asigna a que se hayan dado las condiciones ambientales para la formación y posterior migración del petróleo a



Opciones Reales

la trampa. El factor trampa es la probabilidad de que se haya producido una formación de forma tal que acumule el petróleo y no lo deje dispersarse y el tercer factor es la probabilidad de que exista una roca con una porosidad tal que permita la circulación del petróleo.

Una vez determinados estos factores es preciso estimar la cantidad de reservas recuperables. Para esto también pueden utilizarse dos métodos. El primero es en base a información histórica de pozos productores de la misma cuenca. El segundo método es a través de una simulación de distintas variables como el tamaño del área, el promedio de la capa productiva, la porosidad de la roca, el porcentaje inicial de agua y el factor de recuperación.

El próximo paso es determinar cuantos pozos serán necesarios para extraer las reservas calculadas anteriormente. Para esto es necesario determinar la producción que acumulará cada pozo, esto nuevamente puede hacerse basándose en información histórica o corriendo distintas simulaciones. Una vez estimado todo esto, estamos en condiciones de hacer evaluaciones económicas del proyecto.



3. Evaluación económica de proyectos en la industria

Forma tradicional de valorar proyectos petroleros

El método que se utiliza para valorar proyectos petroleros dependerá principalmente del tipo de proyecto que se está evaluando y de los datos con los que se cuenta.

Valor Actual Neto

Si se trata de evaluar un proyecto de desarrollo de un campo petrolero del que se conocen la estructura del reservorio, la declinación de los pozos actualmente productivos, la porosidad de la roca, etc., son pocos los riesgos puramente petroleros, y se utiliza para valorarlos un Flujo de Fondos Descontado a una tasa ajustada por el riesgo intrínseco del proyecto, y con ello se obtiene el valor actual neto (VAN) del proyecto. Si el valor obtenido es mayor a cero, entonces es conveniente realizar este proyecto pues agrega valor a la compañía.

Para determinar la tasa ajustada por riesgo algunas compañías petroleras utilizan el método del CAPM (Capital Asset Pricing Model) que determina el riesgo sistemático de la industria o actividad que se está evaluando comparando su volatilidad con un mercado de referencia. Sin embargo, acá en la Argentina, muchas compañías utilizan siempre una misma tasa, que surge del promedio de los principales proyectos que actualmente tiene en cartera y ajustando los cash flows de los proyectos para reflejar el riesgo de los mismos.

El VAN también es muy usado cuando se evalúa comprar una participación en algún yacimiento productivo en el cual la compañía tenga interés en ingresar. En estos casos la compañía vendedora organiza un "Data Room" en donde se le facilitan a los compradores interesados todos los datos disponibles para la mejor evaluación del yacimiento.

Análisis de Árbol de Decisión

Cuando la incertidumbre es más alta suelen hacerse árboles de decisión, para tener una mejor idea de la variabilidad de los resultados posibles.

Generalmente cuando se hacen evaluaciones de proyectos exploratorios se utiliza esta metodología ya los riesgos son mayores y los escenarios posibles pueden ser muy variados. Puede no estar claro si el objetivo es petróleo o gas, si una alguna o varias formaciones serán productivas, la cantidad y tipo de



instalaciones de producción que serán requeridas para tratar la producción, etc.

A cada rama del árbol se le asigna una probabilidad subjetiva, basada en la opinión de los expertos en cada rubro y a los datos de yacimientos cercanos que puedan tener producción en esa formación, y por último cada rama del árbol es llevada hasta hoy, descontada por la tasa ajustada por riesgo utilizando la probabilidad asignada a cada una.

Valuación por Múltiplos

En la industria petrolera es muy utilizado el método de valuación por múltiplos, cuando no se tiene ningún dato sobre el yacimiento que se intenta valorar.

Una media de la industria para Latinoamérica esta entre 4 y 6 veces el EBITDA y 4 dólares por barril de reservas equivalentes según las transacciones realizadas en los últimos 5 años en la región obtenidas de Bloomberg. Este dato tiene muchísima variabilidad entre una transacción y otra y dependerá de bajo que tipo de contrato de concesión se encuentre el yacimiento, el porcentaje de la producción que es gas o petróleo, el grado en que este esta desarrollado, la cantidad de reservas probables y posibles y los upsides exploratorios que el yacimiento pueda tener.

Si bien, este método no se utiliza para decidir la realización o no de un proyecto, es muy útil para saber en que posición se encuentra uno con respecto al resto de los proyectos comparables y es también muy utilizado para estudiar transacciones hechas por terceros de las cuales no contamos con la información suficiente para hacer un análisis mas detallado.

Análisis de sensibilidad

Es practica habitual hacer análisis de sensibilidad de los proyectos que se evalúan tanto por VAN como por Árboles de Decisión para ver mas claramente los riesgos que están asociados al proyecto.

Las sensibilidades mas comunes son al precio del petróleo o del gas, a la inversión, al nivel de producción y algunas veces, a los costos productivos.

Para realizar el análisis de sensibilidad se utiliza el modelo utilizado para la valuación del proyecto y se cambia el valor de algún input clave en un porcentaje determinado hacia arriba y hacia abajo dejando el resto de los inputs constantes. De esta manera se puede saber el impacto que tendrá en el proyecto un aumento o una disminución, por ejemplo del 10% del precio del producto, del valor de las inversiones, etc.



En que fallan las formas actuales de valorar

El VAN utiliza los cash flows del proyecto descontados a una tasa ajustada por riesgo y abarca todos los períodos del proyecto, sin embargo no logra capturar la flexibilidad que tiene el proyecto. Es decir no considera los cursos de acción que la dirección de la compañía tomará en caso de que el proyecto resulte ser mas o menos exitoso que lo planeado originalmente.

Los árboles de decisión también están basados en los cash flows futuros y abarcan todos los períodos futuros del proyecto y si logran capturar la flexibilidad que el proyecto puede tener, sin embargo falla al descontar todos los flujos con una misma tasa mientras que cada una de las ramas del árbol tendrá diferente riesgo. Además utiliza una probabilidad de ocurrencia para cada una de sus ramas y si tiene muchas ramas y las variables tienen muchos puntos de decisión en el tiempo se hace complicado de determinar el verdadero valor de todas probabilidades del árbol. De hecho las ramas son infinitas ya que existe un continuo de posibilidades entre el caso de máxima y el de mínima por lo que hay que decidirse por algunas que resulten las mas representativas.

El único método que logra unir estos cuatro elementos es la valuación por opciones reales.

Sin embargo los métodos tradicionales de valuación tienen la ventaja de ser entendidos por la mayoría de las personas y no presenta dificultad entender que es lo que se esta haciendo, y combinado con un análisis de sensibilidad se tiene una buena idea de los riesgos y oportunidades que el proyecto genera.

Opciones Reales

Conceptos básicos sobre opciones financieras

A partir de la metodología de valuación de opciones financieras realizada por Fischer Black y Myron Scholes en 1973 y luego perfeccionada por Robert Merton, incorporando el pago de dividendos, el mercado de opciones financieras se desarrollo enormemente.

Las opciones financieras representan el derecho que tiene el poseedor, pero no la obligación, de comprar o vender un bien sobre el cual la opción fue emitida, a un precio y en un período de tiempo predeterminados.

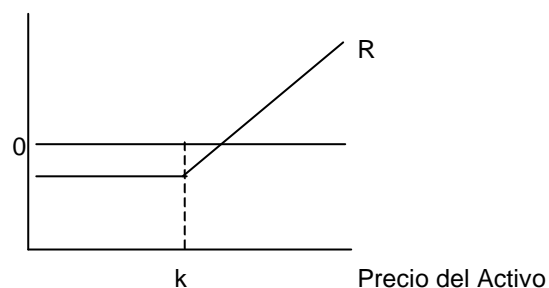
Si la opción confiere el derecho a comprar el bien es llamada call y si da el derecho a vender es llamada put.



Opciones Reales

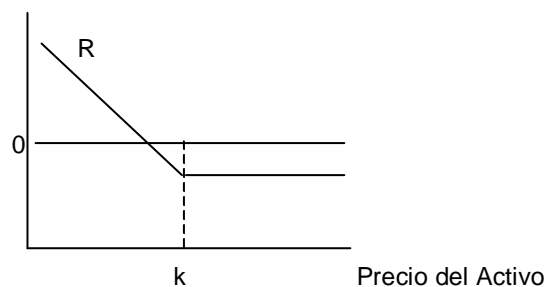
En el gráfico siguiente podemos ver los resultados que pueden obtenerse por la compra de un call donde la línea R representa los distintos resultados obtenidos para los distintos precios posibles del activo sobre el cual se realizó la opción y k es el precio pactado. Así si al momento de ejercer la opción el precio del activo es menor a k no se ejercerá y se tendrá un resultado negativo igual al costo de la compra de la opción, mientras que si el precio es mayor a k si se ejercerá la opción y el resultado será la diferencia entre el precio del bien y el precio de ejercicio menos el costo de haber comprado la opción.

Resultado de la opción



La compra de un put, da derecho a vender un bien a determinado precio y puede graficarse de la siguiente forma.

Resultado de la opción



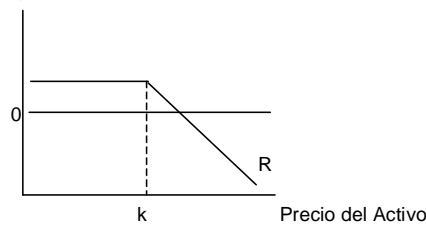
En este caso el poseedor del bien y del put tiene venderá el bien al precio k mientras el precio al momento de ejecutar la opción sea menor a k obteniendo como resultado la diferencia entre k y el precio del bien menos el costo de comprar el put y si el precio del bien es mayor a k no ejercerá la opción y perderá el costo del put.

Existen dos opciones básicas mas que son vender un put o un call. Las graficas de los resultados posibles son estas:

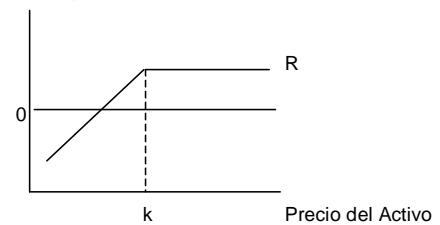


Opciones Reales

VENTA DE UN CALL
Resultado del la opción



VENTA DE UN PUT
Resultado del la opción



El modelo desarrollado por Black & Scholes no consideraba el pago de dividendos y esta expresado por la siguiente fórmula:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$$

donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Los inputs para esta fórmula están dados por:

El precio actual del activo (S) sobre el cual se emite la opción.

El precio de ejercicio (K) que es el precio al cual la opción puede ser ejercida.

La incertidumbre (σ) que es la medida de la volatilidad del movimiento del precio del bien en el futuro, calculado como la desviación estándar.

El tiempo (t) predeterminado dentro del cual puede ejercerse la opción

Y por último la tasa de interés (r) libre de riesgo.

Posteriormente Merton corrigió la fórmula agregándole los dividendos (y)

$$C = Se^{-yt} N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$$

donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Estos ajustes permite descontar del valor del activo el flujo descontado de los dividendos que pagará durante la vida de la opción y por otro lado disminuye el costo de oportunidad al disminuir la tasa de interés. Este efecto neto hará disminuir el valor de la opción.



Opciones Reales

Para valuar puts se utiliza el put-call parity que se expresa de la siguiente manera, siempre que no exista arbitraje:

$$C - P = S - Ke^{-rt}$$

El valor de las opciones esta dado por el valor de las distintas variables enunciadas arriba y una variación en el valor de estas variables provocará:

- Ante un aumento en el valor del activo subyacente un call aumentará de valor porque es el derecho a comprar el activo, mientras que un put disminuirá su valor
- Ante un aumento en la volatilidad del activo subyacente ambos, call y put aumentarán de valor ya que como las pérdidas están limitadas la mayor volatilidad le da mas probabilidades a tener mayores ganancias.
- El pago de dividendos durante la vida de la opción tendrá el efecto contrario al del aumento de valor del activo subyacente y por lo tanto disminuirá el valor de un call y aumentará el de un put.
- Un aumento en el precio de ejercicio disminuirá el valor del call ya que es el precio que se esta acordando pagar por el activo y en el caso de un put aumentará también por la misma razón.
- Un aumento del tiempo hasta el ejercicio de la opción aumentará l valor de ambas opciones ya que se comporta de manera análoga al aumento de la volatilidad del activo.
- Por último un aumento de la tasa de interés libre de riesgo hará que el precio pagado al vencimiento de la opción descontado al día de hoy sea menor, por lo que aumentará el valor de un call y disminuirá el de un put.

El resumen de estos efectos esta en la siguiente tabla:

Ante un incremento en el Factor	<u>Call</u>	<u>Put</u>
Valor del activo subyacente	↑	↓
Volatilidad del activo subyacente	↑	↑
Precio de Ejercicio	↓	↑
Tiempo hasta el ejercicio	↑	↑
Pago de Dividendos	↓	↑



Opciones Reales

Tasa de Interés Libre de Riesgo	↑	↓
---------------------------------	---	---

Para que lo que esta expresado arriba sea verdad deben cumplirse una serie de premisas. El mercado no debe tener fricciones, es decir:

- (i) no debe haber costos de transacción o impuestos asociados
- (ii) no debe haber restricciones para la venta de activos que no poseo (ej. collaterals),
- (iii) todas las acciones deben ser infinitamente divisibles y
- (iv) se puede tomar prestado y prestar dinero a la misma tasa sin restricciones. Además el modelo esta basado en la regla de que no existe arbitraje.

Semejanza de las opciones reales con las opciones financieras

Las opciones reales tienen todos los elementos de las opciones financieras.

El tiempo en el cual debe ejercitarse una opción financiera tiene su correlato en el tiempo durante el cual existe la opción real. La volatilidad en el precio de las acciones esta reflejada en la volatilidad de los cashflows del proyecto.

El precio de la acción esta reflejado en el valor presente neto (VPN) del proyecto, los dividendos se ven reflejados en la perdida de valor que sufre la opción durante en tiempo, por ejemplo el efecto de un competidor.

El precio de ejercicio esta reflejado en la inversión necesaria para que el proyecto adquiera la opción y por último la tasa libre de riesgo que afecta a ambos tipos de opciones.

Opciones Financieras	Opciones Reales
PRECIO DE LA ACCIÓN	Valor presente del flujo de fondos
Volatilidad del precio de la acción	Volatilidad del flujo de fondos
Precio de ejercicio	Valor presente de las inversiones
Dividendos	Perdida de valor durante la vida de la opción (ej. competencia, tiempo de explotación)
Tasa libre de riesgo	Tasa libre de riesgo
Tiempo hasta el ejercicio	Tiempo hasta el ejercicio



Clasificación de opciones reales

Existen diversos tipos de opciones reales que pueden agruparse en tres grupos. Estos tres grupos son (i) Invertir o crecer, (ii) Esperar o Aprender y (iii) Desinvertir o achicar. Dentro de cada uno de estos grupos podemos encontrar a su vez distintas opciones.

En el primer grupo encontraremos la opción de aumentar la escala, es decir, una vez en funcionamiento el proyecto, y a medida que las incertidumbres de precios, demanda, etc. se van resolviendo, puede decidirse aumentar la escala del proyecto original y la opción de expandir, que puede verse tanto como en los productos y servicios que la empresa comercializa como en los mercados en los que lo hace.

El segundo grupo incluye las opciones de esperar a que se resuelva alguna incertidumbre clave para el proyecto o realizar estudios e investigaciones que permitan disminuir el nivel de incertidumbre.

Por último, en el tercer grupo encontramos la opción de reducir la escala del proyecto o incluso abandonarlo si nueva información hace que esto sea lo más conveniente y la opción de disminuir la cantidad de productos o mercados donde la compañía actúa.

Además pueden existir combinaciones entre distintos tipos de opciones y opciones sobre opciones. El valor de estas opciones no será la suma lineal de cada una por separado ya que si ambas son calls o puts el resultado puede potenciarse mientras que si es un put y un call es muy posible que el resultado de una haga descender el resultado de la otra.

A continuación se explican con mas detalle las opciones de atrasar, expandir y abandonar un proyecto de los cuales los dos primeros representan calls y la última un put.

Opción de atrasar un proyecto

Un proyecto que actualmente tiene un VAN negativo puede llegar a ser positivo en el futuro si alguna de las variables que lo componen mejora. Esto no tiene mucho valor en un mercado competitivo, sin embargo si el proyecto solo puede ser llevado a cabo por una empresa ya sea por restricciones legales o barreras de entrada, entonces el cambio de valor en el proyecto tiene las características de un call.

Suponiendo que una compañía tiene derechos exclusivos sobre un proyecto y que el valor del proyecto puede cambiar ya sea por cambios en el cash flow o en la tasa de descuento, entonces, si el valor del proyecto es mayor que las



inversiones necesarias para llevarlo a cabo la compañía lo hará, mientras que si no lo es la empresa no incurre en costos adicionales.

En la literatura se ven normalmente dos formas de valorar las opciones reales, una es utilizar un portfolio equivalente con activos que tengan cotización y que para escenario de la naturaleza tengan el mismo cash flow del proyecto, como se hace con las opciones sobre acciones utilizando la misma acción. La segunda alternativa es utilizar la formula de Black & Scholes para lo cual es necesario calcular los inputs para la formula:

Valor del Activo Subyacente: el valor del activo subyacente esta dado por el valor presente del proyecto calculado tradicionalmente

Varianza en el valor del Activo Subyacente: La varianza puede ser calculada de tres formas diferentes. La primera es utilizar la volatilidad de proyectos similares realizado en el pasado. La segunda forma de calcularla es asignándole una distribución d probabilidad a cada una de las variables y haciendo una simulación y la última es utilizar la varianza de las compañías que operan en ese sector.

Precio de ejercicio: este será el valor actual de las inversiones necesarias ara llevar adelante el proyecto.

Plazo hasta el ejercicio de la opción: Este plazo puede asumirse como el tiempo durante el cual la compañía tiene derechos exclusivos o ventajas competitivas con respecto a sus competidores.

Costo de atrasar el proyecto (Dividendos): el costo de atrasar el proyecto esta representado por la pérdida de cash flow que se produce en el proyecto ya sea por el menor tiempo en el que se explotará o por el ingreso de posibles competidores o productos sustitutos.

Tasa libre de riesgo: es la tasa libre de riesgo para el mercado en el que la compañía llevará adelante el proyecto.

Es conveniente tener en cuenta algunas consideraciones ya que en este caso el activo subyacente no es una acción con cotización en el mercado, sino que es un proyecto puntual y por esto es más difícil calcular su valor y aún más difícil su varianza.

Además asumimos que la varianza del proyecto se mantiene constate durante toda la vida del proyecto, lo que puede no ser cierto, y por último la mayoría de las opciones de esperar no tienen un plazo de tiempo definido en el cual ejercer la opción.



Las implicancias de esta opción son que si bien un proyecto puede tener un VAN negativo y por esta razón no llevarse a cabo en este momento, los derechos sobre el proyecto si tienen valor, e incluso si la compañía tiene derechos exclusivos sobre el proyecto durante mucho tiempo y la volatilidad es alta, un proyecto que tenga VAN positivo puede esperar a un mejor momento.

Opción de expandir un proyecto

Una compañía puede aceptar un proyecto no por el valor que este proyecto en si genera, sino por que al hacerlo crea la posibilidad de entrar en nuevos proyectos o en nuevos mercados a los que no podría acceder si no hubiera realizado con anticipación el primer proyecto. Esto hace que se acepten incluso proyectos cuyo VAN es negativo ya que se esta pagando por la opción a poder realizar los proyectos subsiguientes.

Así, una empresa puede acelerar o aumentar la capacidad de producción, entrar en nuevos mercados, etc, y para realizarlo deberá invertir las sumas necesarias para hacerlo y si los flujos de fondos descontados de la producción incremental son superiores a la inversión necesaria ejercerá la opción y en caso contrario no lo hará.

En muchos casos el plazo hasta la expiración de la opción puede no estar claro o simplemente no existir, así como tampoco puede estar claro cuales son las inversiones y el flujo incremental de expandir el proyecto, lo que agrega complicaciones al momento de valorar la opción.

Muchas empresas utilizan implícitamente la opción de expandir al aceptar proyectos que le permiten entrar en nuevos mercados. Esta opción tiene mas valor en mercados con mucha volatilidad.

La opción de expandir es análoga a hacer proyectos en etapas, al final de cada una de ellas la compañía decide si continua a la etapa siguiente, si se queda en la etapa en la que esta o si abandona el proyecto.

En este último tipo de opciones los riesgos asociados son en primer lugar darle espacio a posibles competidores en negocios en los que con una escala mayor en primera instancia los hubiera desalentado y mayores costos operativos por menor escala, que se ven compensados por la menor exposición del proyecto en caso de que no se obtengan los resultados esperados.

Opción de abandonar un proyecto

El último tipo de opción que voy a tratar es la opción de abandonar el proyecto. A diferencia de los otros tipos de opciones tratados con anterioridad esta opción toma la forma de un put en lugar de un call. Si llegado un momento en



la vida del proyecto en que el valor actual del cash flow es menor que el posible valor de venta o si el costo de mantener el proyecto funcionando es mayor al costo de cerrarlo, será mas conveniente abandonar el proyecto.

Solo en algunos casos puntuales donde haya un valor de venta del proyecto en determinado momento asegurado contractualmente, será posible valorar correctamente esta opción ya que el mayor inconveniente para valorar este tipo de opciones es determinar cual será el valor de recupero del proyecto, si es que lo tiene.

Este tipo de opciones permite pensar los proyectos de manera que si las cosas no salen como era esperado se puedan abandonar o reducir la escala.

Se podrá evaluar la conveniencia de crear flexibilidad haciendo contratos con los proveedores a corto plazo, alquilando las instalaciones y contratando al personal temporariamente versus el mayor costo que esto genera. Esto es especialmente beneficioso en negocios donde la volatilidad es alta.

Las opciones de abandonar están presentes en la mayoría de las concesiones que se otorgan para realizar exploración en áreas aun no exploradas. En estos contratos la empresa se compromete a realizar una determinada cantidad de inversiones exploratorias durante un período de tiempo y al cabo de ese lapso debe decidir si continua al próximo período y compromete nuevas inversiones o abandona el proyecto.

Propiedad de las opciones

Para que las algunas de estas opciones tengan valor la propiedad de la opción debe ser restringida. Es decir, la compañía debe tener un derecho o una ventaja competitiva que le permita tener la propiedad de la opción así como en una opción financiera se paga una prima para poder tener la opción.

El valor de la opción esta derivado de los cash flows adicionales que se obtendrán gracias a poseer este derecho, y si la propiedad de la opción es compartida por muchas compañías, una opción de esperar puede hacer perder valor al proyecto, ya que un competidor puede entrar en cualquier momento y realizar el proyecto quedándose con parte del mercado. Del mismo modo la opción de expandir el proyecto tendrá valor cuando tenga asegurada la exclusividad en el desarrollo futuro del proyecto, ya sea a través de derechos tales como patentes, concesiones, etc, o de ventajas competitivas que puedan mantenerse en el tiempo, ya que si son imitables esperar a comenzar o desarrollar el negocio puede tener una fuerte perdida de valor que es muy difícil de estimar a priori, pero no por eso debe dejar de considerarse.



Ventajas y desventajas de las Opciones Reales

La ventaja de aplicar este método es que se incorpora toda la flexibilidad que el proyecto tiene dentro del valor del proyecto de una forma sencilla sin necesidad de crear un Árbol de Decisión de infinitas ramas que haría muy complejo el cálculo y la comprensión del mismo. Además es intuitivo suponer que si un proyecto tiene alguna opción asociada esa opción tendrá algún valor por mínimo que sea y es razonable agregar ese valor al valor del proyecto sin opciones.

Sin embargo hay algunos puntos que es necesario tener muy en cuenta al momento de evaluar proyectos con este método.

Para asignarle a un proyecto el valor de las opciones que posee es necesario asegurarse que el proyecto efectivamente tiene derecho a esas opciones. Es decir, si digo que el proyecto me va a permitir entrar en un nuevo mercado, esto debe ser así y si no realizo el primer proyecto no puedo ir al nuevo mercado. Si de todas maneras tengo la posibilidad de entrar en el nuevo mercado, es otro proyecto y no una opción del primero.

También esto es aplicable a la opción de esperar, en la medida en que no tenga un derecho exclusivo sobre el proyecto o para la opción de abandonar el proyecto si no tengo asegurada la venta del proyecto de antemano.

Para que la valuación de opciones reales sea reflejo de lo que la compañía espera, la gerencia deberá estar dispuesta, llegado el caso a abandonar un proyecto en el que ya se hayan invertido mucho dinero y esfuerzo. Esto generalmente no sucede por debido a las consecuencias políticas que podría tener para el sponsor del proyecto abandonarlo y generalmente lo continua, aun sabiendo que es preferible discontinuarlo.

Otro aspecto muy importante, si se utilizará la metodología para aceptar o rechazar proyectos es que comparado con el método del VAN es que al valuar el valor de las opciones sobre el proyecto siempre se estará obteniendo mas valor y se aceptarán proyectos con VAN negativo debido al valor que agregan las opciones. Esto es peligroso debido a que para la valuación se asumen las premisas utilizadas para la valuación de opciones financieras pero que no se cumplen en la misma medida al aplicarlas a activos reales. Un error en la estimación de la volatilidad de proyecto puede hacer aumentar el valor de las opciones y cuando el proyecto esta en el limite, el valor de las opciones puede representar varias veces el valor del proyecto. Sin embargo, cuando el proyecto tiene un VAN positivo y el retorno del proyecto es superior al costo de capital, el valor de las opciones comienza a hacerse marginal, debido a que las posibilidades de abandonar el proyecto, atrasarlo o hacerlo en etapas no agregan tanto valor y el costo por ejercerlas es casi igual al beneficio que aportan.



4. Caso de Estudio

En esta sección voy a valorar un proyecto exploratorio a través del método tradicional y a través de opciones reales para determinar el valor adicional que el proyecto puede tener considerando el valor de las opciones.

Valuación Tradicional

En el Anexo I se puede ver la valuación tradicional de un proyecto exploratorio en un yacimiento petrolero en Neuquen. El proyecto contempla la perforación de un pozo exploratorio y si este es exitoso, la perforación de cinco pozos adicionales, de los cuales asumo que uno no será productivo. Además serán necesarios para la puesta en producción el tendido de un oleoducto de 4 pulgadas de diámetro de 17km de longitud, un tanque de almacenamiento de petróleo de 500 m³ de capacidad y una planta de separación en la que se separen el gas, el petróleo y el agua, dejando al petróleo en condiciones de ser transportado e inyectado en el oleoducto. Los pozos tendrán un distanciamiento de 500 metros y una profundidad promedio de 1800 metros. El objetivo es una estructura que tiene un cierre contra una falla geológica, si esta falla no premitió que los hidrocarburos pasaran a través suyo, entonces puede haber dado las condiciones para que se formara un yacimiento.

Existen cientos de proyectos exploratorios similares a este en la cuenca Neuquina, son proyectos marginales, desarrollados sobre estructuras muy chicas, que permiten al poseedor de la licencia de explotación del yacimiento mejorar el retorno del yacimiento en general. Estos proyectos tienen como objetivo pequeñas formaciones, por lo que tienen la gran mayoría de la producción en los primeros años del proyecto.

Para realizar esta evaluación se tuvieron en cuenta los valores medios de porosidad, área, espesor y factor de recuperación estudiados por los geólogos.

También se utilizaron los factores que determinan la adecuación del proyecto, en los que la probabilidad de reservorio fue estimada en 74%, dado que se conoce razonablemente bien las formaciones de esa zona de la cuenca neuquina, la probabilidad de Carga/Timming en 82% ya que se conoce en otros yacimientos de la zona que los tiempos geológicos fueron los adecuados para que se produjera la migración del petróleo al reservorio, y por último la probabilidad de Sello/Trampa en 40% dado que se supone la continuidad de una falla que haría de sello pero hasta no perforar no se podrá saber con seguridad si efectivamente la falla hace de sello o permitió el paso de los hidrocarburos. Con estos datos la adecuación del proyecto es de 24%, es decir que tiene un 24% de probabilidades de descubrir hidrocarburos y un 76% de ser un pozo seco.



Opciones Reales

Con estos datos, y utilizando un precio del petróleo de 22 dólares por barril se obtuvo el siguiente cash flow:

		Año	dic-04	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Producción de Petróleo		m3		44.507	84.127	53.970	36.068	24.120	16.130	10.787	5.062	274.771
Precio bruto		u\$/bbl		22	22	22	22	22	22	22	22	22
Descuento Comercial	(2,00) u\$/Bbl	Mu\$		-560	-1.058	-679	-454	-303	-203	-136	-64	-3.457
Descuento Mercado Local	-8,16%	u\$/m3		-35	-66	-43	-28	-19	-13	-9	-4	-217
Precio Neto		u\$/m3		117	117	117	117	117	117	117	117	117
Venta Neta de Petróleo		Mu\$		5.206	9.840	6.313	4.219	2.821	1.887	1.262	592	32.140
II. BB.	-2,00%	Mu\$		-104	-197	-126	-84	-56	-38	-25	-12	-643
Transporte (Año 1 y 2 / resto)	(3,20) u\$/m3	Mu\$		-142	-269	-219	-146	-98	-65	-44	-21	-1.003
Regalías	-11,03%	Mu\$		-574	-1.085	-696	-465	-311	-208	-139	-65	-3.545
Ingresos por Ventas Petróleo		Mu\$		4.385	8.289	5.272	3.523	2.356	1.576	1.054	494	26.949
Producción de Gas		Mm3		3561	6730	4318	2885	1930	1290	863	405	21982
Producción Neta para la Venta		Mm3		3561	6730	4318	2885	1930	1290	863	405	21982
Precio		u\$/Mm3		29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52
Ventas Neta de Gas		Mu\$		105	199	127	85	57	38	25	12	649
- Compresión (MP/AP)	(5,48) u\$/Mm3	Mu\$		0	0	0	-16	-11	-7	0	0	-33
- Compresión (BP/AP)	(8,22) u\$/Mm3	Mu\$		0	0	0	0	0	0	-7	-3	-10
- II. BB.	-2,00%	Mu\$		-210	-397	-3	-2	-1	-1	-1	-0	-13
- Regalías	-10,10%	Mu\$		(10,6)	(20,1)	-13	-9	-6	-4	-3	-1	-66
Ingresos por Venta Gas		Mu\$		92	175	112	59	40	26	15	7	527
Ingresos Totales		Mu\$		4.478	8.464	5.384	3.582	2.396	1.602	1.069	502	27.475
Costos Operativos	por Pozo (24,13) Mu\$/año	Mu\$		-97	-121	-121	-121	-121	-121	-121	-121	-941
	por m3 equiv. (8,16) u\$/m3	Mu\$		-392	-741	-476	-318	-213	-142	-95	-45	-2.422
Egresos Totales		Mu\$		-489	-862	-596	-439	-333	-263	-216	-165	-3.363
Inversión en Perforación		Mu\$	-617	-1.806	-917	0	0					-3.340
Facilities		Mu\$		-1.441								-1.441
Inversiones Totales		Mu\$	-617	-3.247	-917	0	0	0	0	0	0	-4.781
Impuesto a las Ganancias		Mu\$	0	-1.122	-2.149	-1.348	-881	-575	-371	-233	-87	-6.766
Cash Flow después de impuestos		Mu\$	-617	-380	4.535	3.440	2.263	1.487	969	620	249	12.566

Luego, para determinar el valor del proyecto en caso de éxito utilice una tasa de descuento del 12% real anual. Esta tasa surge del promedio del portfolio de proyectos que la compañía tiene en la Argentina, ya que es muy difícil utilizar otro método porque el mercado de capitales en la Argentina es muy fluctuante y no tiene sentido utilizar un método como el CAPM usando al Merval como referente, y utilizar un índice externo no eliminaría los riesgos sistemáticos.

De todos modos, a continuación se muestra una sensibilidad a la tasa de descuento para saber que valor tendría el proyecto a otras tasas. Como puede verse este proyecto no es muy sensible a la tasa de descuento, porque tiene el 67% de los ingresos en los primeros tres años.

Tasa Anual	0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%
VAN(Mu\$)	12.566	11.419	10.421	9.548	8.779	8.098	7.493	6.952

Una vez hecho esto utilizo un árbol de decisión para incluir los escenarios de éxito y fracaso. El escenario de éxito tendrá un valor de 8.8 millones de dólares después de impuestos descontados a la tasa del 12% como puede verse en la tabla de arriba. Por otro lado, si el pozo no resulta exitoso el costo del mismo



Opciones Reales

se reduce fuertemente, ya que no será necesario incluir las instalaciones de producción y asumo que la compañía podrá deducir ese costo del impuesto a las ganancias por otras actividades, por lo que solo tome el 65% del costo del pozo exploratorio seco. Este escenario tiene un valor negativo de 0.2 millones de dólares.

	Probabilidad Ocurrencia (%)	VAN 12% s/riesgo ATAX (MUS\$)	VAN 12% c/riesgo ATAX (MUS\$)
Exito 24,3%	24%	8.779	2.131
Fracaso 75,7%	76%	-205	-155
100,00%			1.976
			EVAN

El valor total del proyecto ajustado por la probabilidad de éxito y fracaso ($24\% \times 8.8 + 76\% \times (-0.2)$) es de 1.98 millones de dólares ($24\% \times 8.8 + 76\% \times (-0.2) = 1.98$).

Valuación por opciones reales

La valuación por opciones reales utiliza el valor del proyecto como punto de partida, ya que no existe un mercado del que se pueda obtener su valor. A continuación voy a valuar distintas opciones que están incluidas dentro de este proyecto que pueden agregar valor.

Opción de esperar

Para calcular el valor de la opción de esperar para este proyecto utilizando la fórmula de Black & Scholes debo obtener los inputs necesarios.

Valor presente de los cash flows del proyecto = 3.0 millones de dólares

Valor presente de las inversiones del proyecto = 1.1 millones de dólares

Varianza del proyecto = 0.0719

Tiempo hasta el ejercicio = 8 años

Costo de espera de un año (tasa de dividendos) = 2%

Tasa libre de riesgo = 6%



Opciones Reales

El valor presente de los cash flows del proyecto fue calculado como todos los flujos de fondos a excepción de las inversiones ajustado probabilidad de ocurrencia descontados a una tasa del 12% real anual, del mismo modo fue calculado el valor actual de las inversiones del proyecto.

La varianza del proyecto es la resultante de la simulación realizada que se encuentra en el Anexo II.

El plazo hasta el ejercicio estará dado por el tiempo restante de la licencia de explotación del yacimiento.

El costo de espera es la proporción del cash flow que se pierde al final del proyecto por esperar. El costo de esperar esta calculado como la porción de cash flow que pierdo, ya que la concesión termina en 2012 sobre el total del cash flow original del proyecto.

El valor del proyecto visto como la opción de esperar un año estará dado por:

$$C = Se^{-yt} N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$$

$$3.0 \exp^{(-0.02)(8)} N(d_1) - 1.1 \exp^{(-0.06)(8)} N(d_2) = 1.99$$

donde:

$$d_1 = 2.0858 \quad N(d_1) = 0.98$$

$$d_2 = 1.3272 \quad N(d_2) = 0.91$$

El valor del proyecto incluyendo la opción de esperar un año es de 1.99, mientras que el valor del proyecto original era de 1.98, por lo que el valor de la opción de esperar es de 0.1 millones de dólares.

Este proyecto tiene una rentabilidad muy buena y es por eso que la opción de esperar un año agrega muy poco valor, y si en lugar de esperar un año se esperara por dos años el valor del proyecto seria menor al valor del proyecto original.

En este caso, todos los inputs serán iguales a excepción del costo de esperar que pasará del 2% al 6.9% ya que es mayor la porción del cash flow que se pierde por la finalización de la concesión.

El valor del proyecto visto como opción de esperar dos años será:

$$C = Se^{-yt} N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$$



$$3.0 \exp^{(-0.069)(8)} N(d_1) - 1.1 \exp^{(-0.06)(8)} N(d_2) = 1.13$$

donde:

$$d_1 = 1.5653 \quad N(d_1) = 0.94$$

$$d_2 = 0.8067 \quad N(d_2) = 0.79$$

El valor del proyecto incluyendo la opción de esperar dos años es de 1.13, mientras que el valor del proyecto original era de 1.98, por lo que el valor de la opción de esperar es de -0.84 millones de dólares. En este caso no existiría opción de esperar dos años ya que los beneficios que pueden obtenerse por la obtención de nueva información son menores que la pérdida de producción del proyecto debido a retraso en iniciarlo.

Sin embargo, proyectos que se encuentran cerca de la rentabilidad mínima para aceptar un proyecto o aun debajo de ella el valor de las opciones es muy relevante en comparación al valor original del proyecto.

Es bastante claro que la opción de esperar está presente en la mayoría de los proyectos que pueden presentarse, sin embargo hay algunos problemas que pueden presentarse.

En primer lugar el activo subyacente sobre el que se basa la opción es un proyecto y no es "traideado" en el mercado, por lo que no se puede tener un valor y una volatilidad del proyecto. Es por eso que para poder calcular el valor de la opción utilizo como valor del proyecto el valor del cash flow básico sin opciones y varianza la obtenida de la simulación.

El otro inconveniente es que para poder realizar la simulación utilicé una distribución una distribución lognormal para describir la forma en que se distribuyen los precios, pero esto en el tiempo puede no ser así y pueden existir saltos en la distribución del precio que no estar contenidos en la simulación.

Opción de expandir

En este proyecto, la opción de expandir no tiene sentido, ya que de por si el proyecto tiene inversiones secuenciales, que corresponden a la perforación de los pozos uno a continuación de otro y no tiene sentido hacer solo una parte de las inversiones.

Para que existiera la opción de expandir el proyecto, debería existir la posibilidad de hacer mayores inversiones que estuvieran asociadas a un cash



flow que en las condiciones actuales tendrían un VAN negativo, pero que en el futuro podrían agregar valor.

Estas inversiones adicionales, además deberían estar condicionadas a las inversiones iniciales, ya que si de todos modos pudieran hacerse sin la necesidad del proyecto original, entonces no serían parte de ese proyecto.

Si tuviéramos que valorar la opción de expandir el proyecto, podríamos hacerlo calculando el valor de la opción sobre el proyecto incremental desde la fecha en que suponemos expandiríamos el negocio.

Opción de abandonar

En la mayoría de los casos la opción de abandonar el proyecto recibiendo un valor de terminación del proyecto ya conocido de antemano es poco común, pero para hacer el ejercicio, supongamos que durante los próximos tres años la compañía tiene la opción de abandonar el proyecto a cambio de 2 millones de dólares.

Valor presente de los cash flows del proyecto = 3.0 millones de dólares

Valor de abandono = 2.0 millones de dólares

Varianza del proyecto = 0.0719

Tiempo hasta el ejercicio = 3 años

Tasa libre de riesgo = 6%

El valor de la opción de abandonar el proyecto en esas condiciones estará dado por:

$$P = Ke^{-rt} N(-d_2) - SN(-d_1)$$

$$2.0 \exp^{(-0.06)(3)} N(-d_2) - 3.0 \exp N(-d_1) = 0.05$$

donde:

$$d_1 = 1.4926 \quad N(-d_1) = 0.07$$

$$d_2 = 1.0281 \quad N(-d_2) = 0.15$$

Nuevamente el valor que agrega la opción es muy pequeño, ya que el proyecto es muy bueno.

El valor original del proyecto era de 1.98 y la opción de abandonar el proyecto en el tercer año por 2 millones de dólares agrega 0.05 millones de dólares al proyecto, por lo que el valor total del proyecto mas la opción llega a 2.03.



Opciones Reales

Es muy importante al valorar opciones en proyectos que estas realmente existan, ya que de otro modo se estaría sumando valor al proyecto que no corresponde a este.

En este sentido, por ejemplo, la opción de esperar suele estar presente en la mayoría de los proyectos, pero en algunos proyectos exploratorios las compañías obtienen las licencias exploratorias comprometiendo una determinada cantidad de inversiones en un plazo determinado. En estos casos no aplican las opciones de esperar, reducir la escala y abandonar, ya que al momento de otorgar las licencias los gobiernos piden garantías corporativas de cumplimiento del programa de inversiones que serán ejecutadas en caso de no hacerlo.

Como comente anteriormente, la posibilidad de tener un valor de salida confiable y la opción de abandonar el proyecto por un valor preacordado no es practica habitual, ya que si el negocio funciona bien nadie querrá abandonarlo y si no es así nadie querrá pagar por un proyecto lo que no vale.

En cuanto a las opciones de expandir el proyecto, en la medida en que no haya restricciones de transporte o legales, como en los países miembros de la OPEP que deben cumplir con cuotas de producción, parecerían factibles en la mayoría de los casos. En este tipo de opciones hay que tener especial cuidado en no asignarle el valor de un proyecto completamente independiente a otro proyecto diciendo que es necesario realizar el primero para poder llevar adelante el último.

Si consideramos el proyecto original mas el valor de las opciones de esperar un año y de abandonar el valor del proyecto alcanzaría los 2.04 millones de dólares, esto representa un 5% mas de valor que el proyecto original.

Sin duda las opciones implícitas en el proyecto agregan valor al proyecto estático, sin embargo estos valores se basan fuertemente en la volatilidad del proyecto que en este caso esta calculada en base a una simulación, pero valores mayores o menores pueden hacer que el valor de las opciones sea mucho mayor o mucho menor. Esto es lo que hace que el método de cálculo es riesgoso.



5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo era tratar de aplicar la valuación por opciones reales a los proyectos petroleros para incorporar al valor de los proyectos el valor de la flexibilidad que tienen los que llevan adelante para tomar decisiones sobre la marcha en función a como se resuelven las incertidumbres asociadas al proyecto. La idea de utilizar opciones reales era que permitía valorar el proyecto sin eliminar la flexibilidad como lo hace el Valor Actual Neto y sin generar infinitos escenarios como podría hacerlo un Árbol de Decisión.

En base a lo desarrollado en los puntos precedentes, creo que hay tres puntos relevantes con respecto a la valuación de proyectos a través de opciones reales.

El primer punto es reconocer que muchos proyectos tienen opciones implícitas que es necesario tenerlas en cuenta antes de abandonar un proyecto.

La forma tradicional de valorar proyectos a través del VAN no toma en cuenta los distintos escenarios posibles y asume un único escenario y cuyos cash flows son descontados por una tasa de descuento ajustada por el riesgo del proyecto. Utilizando los Árboles de Decisión si se tiene en cuenta los distintos escenarios, pero tener en cuenta todos los escenarios posibles hace imposible de poder llegar a un resultado y muy engorroso su cálculo por lo que solo se limita la aplicación a los escenarios mas probables.

Por estas razones no se toman en cuenta ni se analizan todas la opciones, y en muchos casos solo se habla de un posible upside si estas condiciones se dieran, pero no afecta a la decisión sobre realizar o no el proyecto.

El segundo punto es la valuación de estas opciones. Muchos autores desarrollaron distintas metodologías como la usada anteriormente de Damodaran, pero todos se basan en la creación de portfolios equivalentes o la utilización del valor obtenido por la forma tradicional de valorar los proyecto y la varianza del mismo proyecto utilizando una simulación. Ambos métodos pueden llegar a dar una idea de orden entre las distintas opciones que un proyecto puede tener implícitas, pero un error en la estimación de la volatilidad puede hacer que el verdadero valor de la opción este varias veces sobre o sub-estimado.

Esto es así porque se esta utilizando una metodología desarrollada para valorar activos que tienen mucho volumen de transacciones todos los días de manera que el mismo mercado ajusta el valor diariamente, momento a momento, mientras que la decisión de entrar en un proyecto petrolero tiene muy pocos



Opciones Reales

comparables, ya que existe mucha variabilidad en las características de cada uno de ellos.

La gran incertidumbre sobre el valor obtenido por estos métodos de valuación hace que aceptar un proyecto que no agrega valor solo por de sus opciones sea al menos arriesgado, ya que es muy posible que los valores obtenidos no representen la realidad.

El tercero es la utilización estratégica de la concepción de las opciones reales, esto significa que además de la evaluación tradicional las compañías deberían intentar dilucidar todas las opciones que se encuentran asociadas a un proyecto, y intentar crear opciones en proyectos en los que no existen previamente.

El primer concepto es bastante utilizado, aunque no se calcule numéricamente el valor de las opciones, estas son generalmente tenidas en cuenta por la dirección al momento de decidir sobre la viabilidad de un proyecto, aunque si este no es al menos un proyecto donde la empresa recupere el costo del capital que invierte, difícilmente pueda llevarse a cabo.

El segundo aspecto es el menos utilizado pero el que puede tener importantes beneficios para las compañía. Esto es por ejemplo, si existe un proyecto que es muy bueno, tener una opción de salida de un décimo de su valor es una opción que hoy no vale casi nada y que un socio puede llegar a darnos, sin embargo si las cosas salen muy mal podemos mejorar el perfil del negocio.

Introducir en los contratos opciones que hoy casi no tiene valor pueden ayudar a una compañía enormemente o perjudicarla si se usan como estrategia comercial. Si por ejemplo para ganar mercado un banco sale a dar créditos a tasa fija a largo plazo y sin costos de precancelación, esto haría que el tomador tenga la opción de cancelarlo en cualquier momento si las tasas bajan o mantenerlo si suben, y lo que pudo resultar en un pequeño beneficio en un momento puede convertirse en una gran pérdida al paso de algunos años.

Además de esto último, también es importante monitorear las variables que tienen influencia sobre las opciones mas importantes que tienen los proyectos de la compañía, y en caso de ser posible actuar sobre estas variables para lograr que alcancen los valores en que las opciones pueden ser ejercidas y aumentar el valor de los proyectos para la compañía.

La utilización de opciones reales para la evaluación de proyectos exploratorios puede ser de gran utilidad ya que en la mayoría de estos tipos de proyectos la variabilidad de resultados posibles es muy grande, como también lo son la cantidad de variables que intervienen para poder hacer la evaluación del



Opciones Reales

proyecto. Como la mayor variabilidad de resultados hace mayor el valor de las opciones es importante tenerlas en cuenta.

En especial en proyectos como el de Puesto Morales, donde la mayoría de los ingresos se producen en un período corto de tiempo, y viendo que la volatilidad de los precios del petróleo se fue incrementando en los últimos tiempos, las opciones de esperar o de expandir un proyecto pueden ser de gran valor y es importante tenerlas en cuenta a la hora de definir el timing de las inversiones.

En definitiva, las opciones reales me parecen una muy buena herramienta para construir la estrategia de la compañía y me parece importante hacer el intento de identificarlas y valuarlas lo mas acertadamente posible, pero utilizadas únicamente como método de valuación para decidir la aceptación o no de un proyecto me parece muy riesgoso debido a lo endeble de las bases sobre las que se desarrollan los modelos de valuación de opciones reales, que toman como ciertas las premisas utilizadas para la valuación de opciones financieras.



6. Anexos



Opciones Reales

Anexo I: Evaluación Puesto Morales

ANALISIS ECONOMICO DE PROYECTOS EXPLORATORIOS - PLANILLA DE ENTRADA DE DATOS

Tecpetrol GEXP

PROYECTO:	Puesto Morales Noroeste	AREA:	Puesto Morales	FECHA:	dicembre-04	VERSION:	100%TEC PLAY:	Sierras Blancas
PARAMETROS DEL PROSPECTO			PARAMETROS DEL DESARROLLO			PREMISAS ECONOMICAS		
Trampa	Espolón contra Falla		Nº de Pozos (Exp+Des+Secos)	1+4+1		Mercado Interno o Externo	Interno	
Area P _{ca} (Km ²)	1,1		Costo Pozo Exploratorio (MUS)	0,617		Precio WTI US\$/bbl Gas US\$/Mm3	22 29,52	
Espesor P _{ca} (m)	22,2		Costo P. Desarrollo Vert. (MUS)	0,602		Ajuste por Calidad (%/m ³)	1,10% 1,34%	
Porosidad P _{ca} (%)	14,4		Costo P. Desarrollo Dirig. (MUS)			Efecto Devaluatorio (%)		
Saturación P _{ca} (%)	54,0		Costo P. Desarrollo Seco (MUS)	0,315		Desc. Comercial (US\$/bbl)	-2,0	
Factor de Volumen P _{ca}	1,2		Distanciamiento (m)	466		Desc. Mercado Local (%)	-8,16%	
Factor de Recuperación (%)	15,0		GOR	80		Retención Exportación (%)		
Adecuación Geológica Total (%)	24		Pozo Tipo			Ingresos Brutos (%)	-2,0%	
Recursos Recuperables P* (Mm ³)	278		O Inicial (P* m ³ - G* Mm ³)	80		Transporte & Otros (US\$/m ³)	-3,20 -4,05	
Recursos Recuperables G* (Mm ³)	0		O Aband. (P* m ³ /d - G* Mm ³ /d)	3,6		Regalías (%)	11,3	
Profundidad (m)	1800		Acumulada (P* Mm ³ - G* Mm ³)	55		Costo p/ Productor (MUSS/Año)	-24,1	
Fecha de Inicio del Proyecto	01-ene-04		F. Declinación Anual <1°/Año (%)	-0,060		Costo por m ³ Neto (US\$/m ³)	-8,16	
Projet Leader / Team	alm-gfr-gfo		F. Declinación Anual >1°/Año (%)	-0,034		Costo Abandono (MUSS/Pozo)		

INPUT

PROGRAMACION DE INVERSIONES EN EL TIEMPO																		
Mes 0	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
1ene04	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
INVERSION EN PERFORACION 1° fila: P. Exploratorios 2° fila: P. Desarrollo Vertical 3° fila: P. Desarrollo Dirigido 4° fila: P. Secos 5° fila: Totales MUS																		
1																		
	3	1	0	0														
	1																	
617,0	2121,1	602,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INVERSION EN FACILIDADES 1° fila: Instalaciones Separación Primaria 2° fila: Sistemas Extracción 3° fila: Plantas Tratamiento 4° fila: Ductos 5° fila: Total MUS																		
	376,00																	
	0,00																	
	235,00																	
	830,00																	
0	1441,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRONOSTICO DE PRODUCCION DE HIDROCARBURO 1° fila: Petróleo/Condensado (Mm ³) 2° fila: Gas (MMm3) 3° fila: LPG (Mm3)																		
	45	84	54	36	24	16	11	5										
	3,6	6,7	4,3	2,9	1,9	1,3	,9	4										

Total
1,0
4,0
0,0
1,0
3340,1
376,00
0,00
235,00
830,00
1441,00
275
22
0

PARAMETROS ECONOMICOS PRONOSTICADOS	
VAN AL 0 % (MUSS)	12.566
VAN AL 3 % (MUSS)	11.419
VAN AL 6 % (MUSS)	10.421
VAN AL 9 % (MUSS)	9.548
VAN AL 12 % (MUSS)	8.779
VAN AL 15 % (MUSS)	8.098
TIR (%)	265,0%
TIR CON RIESGO (%)	
TIEMPO DE REPAGO (Meses)	50
MAXIMA EXPOSICION FINANCIERA (MUSS)	
FECHA DE MAXIMA EXPOSICION FINANCIERA	
VALOR ESPERADO - (MUSS)	1976
VALOR ESPERADO / INVERSION EXPLORATORIA	9,6
FINDING COST TEORICO A/ %	

PARAMETROS de PRODUCCION		
	P*	G*
PICO DE PRODUCCION (P* m3/dia / G* Mm3/dia)	289	
FECHA DEL PICO PRODUCCION		mes 15
ACUMULADA FINAL DEL YACIMIENTO (P* Mm3 / G* MMm3)	275	
PRODUCCION DEL ULTIMO AÑO (P* Mm3 / G* MMm3)	0	
VIDA UTIL DEL YACIMIENTO (Años)		7,7
FECHA DE FINALIZACION DE LA CONCESION		dic-15
SISTEMA DE EXTRACCION		Gas Lift
PORCENTAJE DE AGUA (%)		
RIESGOS		
ADECUACION GEOLOGICA TOTAL (%)	24	42
ADECUACION GEOLOGICA DEL RESERVORIO (%)	74	74
ADECUACION GEOLOGICA DE CARGA Y TIMING (%)	82	82
ADECUACION GEOLOGICA DE SELLO Y TRAMPA (%)	40	70
SUMARIO DE RECURSOS RECUPERABLES		
	P*	G*
RECURSOS SWANSON (P* Mm3 / G* MMm3)	278	
P _{ca} RECURSOS (P* Mm3 / G* MMm3)	523	
P _{ca} RECURSOS (P* Mm3 / G* MMm3)	229	
P _{ca} RECURSOS (P* Mm3 / G* MMm3)	100	



Opciones Reales

TECPETROL S.A.		Evaluación de Recursos Exploratorios			
Gerencia de Exploración					
Area / Fecha	Puesto Morales				
Tren Estructural	Puesto Morales				
Proyecto	PMNO				
Prospecto / Play	S. Blancas				
Profundidad Objetivo / TD	2000mbbp				
Tipo Hidrocarburo	Petróleo				
Parámetros Volumétricos Máximos y Mínimos de Entrada					
	Area (ha)	Netpay (m)			
Máximo Absoluto P ₁	400	50,0			
Mínimo Absoluto P ₉₉	30	10,0			
	Porosidad (%)	1-Sw (%)	Factor Volumétrico		
Máximo Absoluto P ₁	21,0	65	1,2200		
Mínimo Absoluto P ₉₉	10,0	45	1,2400		
	Factor de Recuperación (%)	GOR Promedio (m3 / m3)			
	15	80			
Percentiles de la Distribución					
		P10%	P50%	P90%	
Porosidad (%)		17,70	13,99	11,80	
1-Sw (%)		59,73	54,00	48,85	
F. de Volumen		1,2246	1,2300	1,2355	
Area (Ha)		220	108	53	
Espesor (m)		34,52	22,21	14,32	
F. Miner. (m3/haxm)		863	634	466	
Volúmenes Derivados de la Distribución de Probabilidades					
	P1.3%	P10%	P50%	P90%	P98.7%
Recursos In Situ (m3)	6.569.331	3.490.424	1.518.389	663.100	357.041
Recursos In Situ Swanson (m3)			1.853.413		
		P10%	P50%	P90%	
Recursos Recuperables (m3)		523.564	227.758	99.465	
Recursos Recuperables (bbbl)		3.293.215,44	1.432.599,89	625.635,27	
Recursos Recuperables Petróleo Swanson (m3)			278.012		
Recursos Recuperables Petróleo Swanson (bbbl)			1.748.695,17		
Recursos Recuperables Gas Asociado Swanson (Mm3)			22.241		
Recursos Recuperables Gas Asociado Swanson (Bcf)			1		
Evaluación de Adecuaciones Parciales					
	Reservorio (%)	Carga/Timing (%)	Sello/Trampa (%)		
Parámetros	74	82	40		
Parámetros post 3D	74	82	70		
Adecuidad Geológica					
Adecuidad Geológica Total (%)			24		
Adecuidad Geológica Total (%) post 3D			42		



Opciones Reales

Proyecto: Puesto Morales Noroeste
Objetivo: Sierras Blancas

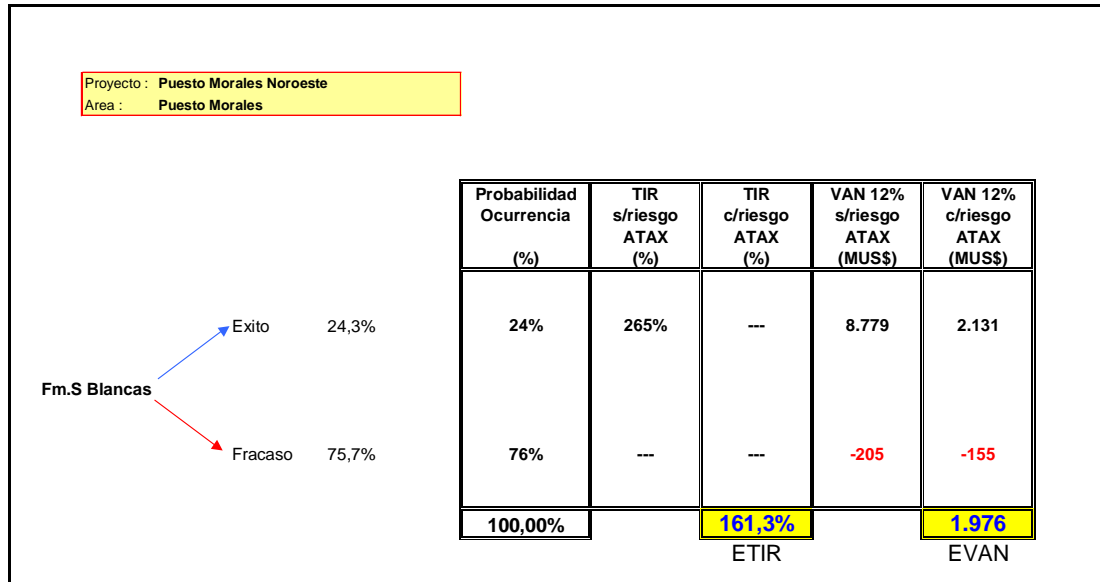
WTI = 22 u\$s/Bbl
Gas = 29,52 u\$s/Mm3

	Año	dic-04	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Producción de Petróleo	m3		44.507	84.127	53.970	36.068	24.120	16.130	10.787	5.062	274.771
± Ajuste de calidad	m3	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio bruto	u\$s/bbl		22	22	22	22	22	22	22	22	22
Descuento Comercial	Mu\$s	(2,00) u\$s/Bbl	-560	-1.058	-679	-454	-303	-203	-136	-64	-3.457
Descuento Mercado Local	u\$s/m3	-8,16%	-35	-66	-43	-28	-19	-13	-9	-4	-217
Precio Neto	u\$s/m3		117	117	117	117	117	117	117	117	117
Venta Neta de Petróleo	Mu\$s		5.206	9.840	6.313	4.219	2.821	1.887	1.262	592	32.140
II.BB.	Mu\$s	-2,00%	-104	-197	-126	-84	-56	-38	-25	-12	-643
Transporte (Año 1 y 2 / resto)	Mu\$s	(3,20) u\$s/m3	-142	-269	-219	-146	-98	-65	-44	-21	-1.003
Regalías	Mu\$s	-11,03%	-574	-1.085	-896	-485	-311	-208	-139	-65	-3.545
Ingresos por Ventas Petróleo	Mu\$s		4.355	8.289	5.272	3.523	2.356	1.576	1.054	494	26.948
Producción de Gas	Mm3		3561	6730	4318	2885	1930	1290	863	405	21982
± Ajuste de Calidad	Mm3	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción Neta para la Venta	Mm3		3561	6730	4318	2885	1930	1290	863	405	21982
Precio	u\$s/Mm3		29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52
Ventas Neta de Gas	Mu\$s		105	199	127	85	57	38	25	12	649
- Compresión (MPI/AP)	Mu\$s	(5,48) u\$s/Mm3	0	0	0	-16	-11	-7	0	0	-33
- Compresión (BPI/AP)	Mu\$s	(8,22) u\$s/Mm3	0	0	0	0	0	0	-7	-3	-10
- II.BB.	Mu\$s	-2,00%	-2,10	-3,97	-3	-2	-1	-1	-1	-0	-13
- Regalías	Mu\$s	-10,10%	(10,6)	(20,1)	-13	-9	-6	-4	-3	-1	-66
Ingresos por Venta Gas	Mu\$s		52	175	112	59	40	26	15	7	527
Ingresos Totales	Mu\$s		4.478	8.464	5.384	3.582	2.396	1.602	1.069	502	27.475
Costos Operativos	por Pozo		-57	-121	-121	-121	-121	-121	-121	-121	-941
por m3 equiv.	(24,13) Mu\$s/año		-352	-741	-476	-318	-213	-142	-95	-45	-2.422
Egresos Totales	Mu\$s		-489	-862	-596	-439	-333	-263	-216	-165	-3.363
Inversión en Perforación	Mu\$s		-617	-1.806	-917	0	0	0	0	0	-3.340
Facilites	Mu\$s		-1.441								-1.441
Inversiones Totales	Mu\$s		-617	-3.247	-917	0	0	0	0	0	-4.781
Amortizaciones	Mu\$s		-762	-1.461	-937	-626	-419	-280	-187	-88	-4.781
Impuesto a las Ganancias	Mu\$s		0	-1.122	-2.149	-1.348	-881	-575	-371	-233	-6.766
Cash Flow después de impuestos	Mu\$s		-617	-380	4.535	3.440	2.263	1.487	620	249	12.566
Cash Flow Acumulado	Mu\$s		-617	-997	3.538	6.378	9.240	10.728	11.696	12.316	19.332

Tasa Anual VAN(Mu\$s)	0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	TIR
	12.566	11.419	10.421	9.548	8.779	8.098	7.493	6.952	265%



Opciones Reales



CASH FLOW ESPERADO

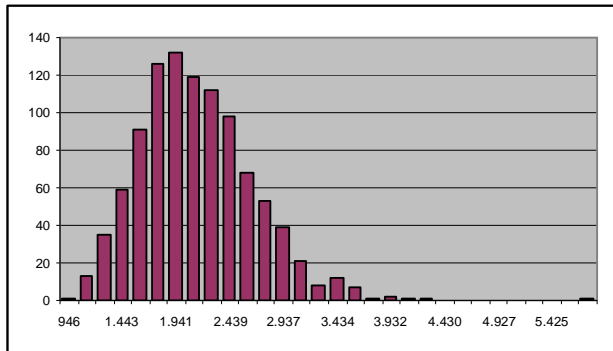
	Prob.Occur.	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total	TIR
Cash Flow sin riskear		-617	-380	4.535	3.440	2.263	1.487	969	620	249	12.588	
Cash Flow riskiado	24,3%	-150	-92	1.101	835	549	361	235	151	61	3.050	
Cash Flow pozo estéril	75,7%	-155									-155	
Cash Flow Esperado	100,0%	-305	-92	1.101	835	549	361	235	151	61	2.895	161%

		Inversión				
		80%	90%	100%	110%	120%
WTI	80%	1.396	1.318	1.241	1.163	1.086
	90%	1.763	1.686	1.608	1.531	1.453
	100%	2.131	2.053	1.976	1.898	1.821
	110%	2.498	2.421	2.343	2.266	2.188
	120%	2.866	2.788	2.711	2.633	2.556



Anexo II: Resultados de la Simulación del Modelo de Puesto Morales

ENPV @ 12%	
Máximo	5.674
Mínimo	863
Media	1.973
Varianza	280.135
Desv.Est.	529
Des./Media	26,82%



Resumen de las variables

Iteraciones	1.000					
Nombre	Máximo	Mínimo	Media	Varianza	Desv.Est.	Des./Media
NPV@15%	5.674	863	1.973	280.135	529	26,82%
WTI año 8	45	9	22	33	6	25,66%
WTI año 7	48	9	22	30	6	24,89%
WTI año 6	56	9	22	29	5	24,34%
WTI año 5	47	10	23	35	6	26,30%
WTI año 4	44	10	22	33	6	25,43%
WTI año 3	44	11	22	30	5	24,60%
WTI año 2	45	9	22	28	5	23,75%
WTI año 1	44	10	22	34	6	25,96%
Área	390	26	104	1828	43	40,93%
Porosidad	23	9	14	3	2	13,16%



Bibliografía

Lenos Trigeorgies - Real Options Managerial Flexibility and Strategy in resource Allocation - The MIT Press 1996

Tom Copeland/Vladimir Antikarov - Real Options a practitioner guide - TEXERE 2001

Thomas Copeland/Philip Keenan - How much is flexibility worth? - The McKinsey Quarterly 1998 N°2

Thomas Copeland/Philip Keenan - Making real options real - The McKinsey Quarterly 1998 N°3

Keith Leslie/Max Michaels - The real power of real option - The McKinsey Quarterly 1997 N°3

<http://www.real-options.com>

<http://www.puc-rio.br>

Cambell R. Harvey - Identifying Real Options - Fuqua University

Marco Antonio Guimaraes Dias - Real Option Valuation Conference - New Orleans 2001

Marco Antonio Guimaraes Dias – Selection of alternatives of investment for oil development using evolutionary real options approach - 5th Annual International Conference on Real Options

Gordon Sick - Real Optin Valuation an Capital Budgeting - University of Calgary

Robert McDonald – Real Options and Rules of Thmb in Capital Budgeting – Kellogg School

Jose Pablo Dapena - Flexibilidad, Activos Estrategicos y Valuación por Opciones reales – Universidad del CEMA

Jose Pablo Dapena – On the property of real options and the asset that give rise to them – Universidad del CEMA

Jose Pablo Dapena – On the valuation of companies with growth opportunities – Universidad del CEMA



Opciones Reales

Jose Pablo Dapena – Programa de actualización en herramientas para la valuación de proyectos – Universidad del CEMA

Brealey & Myers – Principles of Corporate Finance – McGraw-Hill

Aswath Damodaran - The promise and peril of Real Options – Stern School of Business

Martha Amram y Nalin Kulatilaka – Estrategias y creación de valor para el accionista – Journal of Applied Corporate Finance – Stern Stewart & Co

Bratvold & Begg - Would you know a good decision if you saw one? – Society of Petroleum Engineers

Smith & McCardle – Valuing oil properties: Integrating option pricing and decision analysis approach – Duke University

Dickens & Lohrenz – Evaluating oil and gas assets: Option pricing methods prove no panacea – Journal of Financial and Strategic Decisions

Juan Rosbaco – Evaluación de proyectos, Riesgo, aceleración y mantenimiento-reemplazo – Instituto Argentino del Petróleo y del Gas

Laughton, Sagi & Samis – Modern Asset Pricing and Project Evaluation in the Energy Industry – Journal of Energy Literature