

EVALUACIÓN DE PROYECTOS NO CONVENCIONALES CON TOMA DE DECISIONES PROBABILÍSTICA

Juan Rosbaco, J@R Consultora, jrosbaco@jarconsultora.com.ar
Álvaro Bugari, J@R Consultora, abugari@jarconsultora.com.ar
Máximo Bugari, J@R Consultora, mbugari@jarconsultora.com.ar

Palabras claves

Evaluación probabilística, toma de decisiones, modificaciones durante la ejecución del proyecto, reservorios no convencionales.

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar una metodología probabilística, para el análisis técnico-económico de proyectos de exploración y desarrollo de hidrocarburos. La misma ha sido aplicada en diferentes oportunidades, especialmente en reservorios no convencionales, aunque ha sido utilizada también para el análisis de reservorios convencionales, pudiendo ser usada incluso en otros tipos de proyectos, petroleros o no. Resulta especialmente recomendable donde existe alta incertidumbre, debido a causas exógenas o endógenas, y por lo tanto se presume que durante el desarrollo del proyecto habrán de introducirse modificaciones respecto al plan original.

La diferencia con las evaluaciones tradicionales, aún con las probabilísticas, es que estas últimas asumen fechas fijas para los diferentes eventos inclusive para los no iniciales, por ejemplo, para la perforación de pozos futuros, sin tener en cuenta que el resultado de acciones anteriores podría modificar no solo dichas fechas sino también la cantidad de sondeos a perforar y las expectativas existentes sobre la producción de los mismos.

De esta forma, los resultados obtenidos con la metodología que se propone no son simplemente curvas de distribución obtenidas con programas y datos inmodificables, sino a través de un proceso con toma de decisiones en forma constante, tal como ocurre en la vida real.

Así, no solo resulta posible construir las curvas de distribución de las distintas variables de salida (Recuperación Final Estimada, Valor Actual Neto, etc.) sino identificar también eventos posibles, tales como excesos de oferta, cuellos de botella en el transporte, marginalidad de zonas o del proyecto global, valores esperados para distintos grados de desarrollo y su probabilidad de ocurrencia, máximas exposiciones y su probabilidad de ocurrencia, etc.

Abstract

This paper's goal is to present a probabilistic methodology to analyze oil and gas exploration and development projects, from both a technical and an economic standpoint. This method has already been applied several times in actual cases, specially focused in unconventional plays, but not limited to those (or to this industry). It is particularly useful in high uncertainty environments, both from internal and external sources, and it's for this reason that the model includes decision making abilities throughout the whole process.

The difference between this approach and traditional methods, even probabilistic ones, is that those assume fixed dates for every event, for example: spud date, without taking into consideration the results of previous actions. This input could (and should) modify development and help generate a decision-making process.

Thus, results obtained by applying this methodology are not simply the probabilistic distributions one would get from randomizing a set of static inputs but rather a complex set of results accounting for sequential decisions, which are closer to what a real-life development would be like.

In this way, outputs are not limited to usual variables, such a NPV, EUR, etc., but also include future possible impactful events as excess offer, bottlenecks, marginal developments in certain areas or the project as a whole; each with its own impact in the overall project and its probability of occurrence; making it possible to guard against worst case scenarios and identify the size of the best ones.

Introducción

Si bien el análisis probabilístico es común dentro de la industria petrolera, lo habitual es aplicar el mismo utilizando árboles de probabilidad carentes de flexibilidad, al no contemplarse los cambios en los planes originales que habitualmente se producen a medida que el desarrollo avanza. Éstos pueden ocurrir como consecuencia de fenómenos exógenos (variación del precio del crudo, del tipo de cambio, etc.) o endógenos (comportamiento en la producción de los pozos diferente al esperado, mayores tiempos de perforación, etc.).

Una forma de valorizar económicamente esta flexibilidad operativa, que permite a la conducción de la empresa revisar sus decisiones mientras se desarrolla el proyecto, es mediante la aplicación de la Teoría de las Opciones Reales.

La teoría mencionada parte de asociar proyectos reales flexibles con opciones financieras (put y call, en sus distintas variantes), habiéndose incluso propuesto, en un principio, la utilización de algoritmos válidos en el mundo de las finanzas, pero de aplicabilidad altamente cuestionable en el ámbito petrolero (Black – Scholes, 1977). Aunque posteriormente aparecieron otras metodologías de análisis (árboles binomiales) la aplicación de opciones fuera del entorno financiero resulta inadecuada, o al menos discutible, por tratarse de ambientes diferentes. Además, su resolución conlleva una complejidad tal que obliga a la utilización de “softwares” cuyo contenido no es conocido generalmente por los ejecutantes del programa, convirtiendo al proceso de valorización en una caja negra.

La metodología que se propone evita recurrir a asociaciones inadecuadas (proyectos petroleros con operaciones financieras), siendo lo suficientemente claro para el analista, que deberá construir el modelo, y para la gerencia encargada de tomar las decisiones.

Descripción del método

La metodología que se presenta en este artículo obliga a realizar un análisis previo profundo del proyecto y de sus flexibilidades, como así también de las curvas de distribución de los resultados de los diferentes eventos (curva de producción de los pozos, tiempo y costo de la perforación, precio del crudo, etc.), las que pueden depender o no de eventos anteriores (la curva de distribución de la recuperación final del pozo 8 puede modificarse como consecuencia de los resultados obtenidos en los pozos 5, 6 y 7).

Posteriormente, se construye un árbol de decisión probabilístico donde, en el caso de un proyecto de desarrollo, los resultados obtenidos de forma aleatoria en sísmica y/o en los pozos perforados, método de Montecarlo mediante, pueden conducir a modificaciones del programa original, influyendo y condicionando asimismo los resultados de los futuros sondeos. De esta manera, el comportamiento productivo de pozos previos puede inducir a discontinuar el proyecto, a acelerar o ralentizar el ritmo de perforación, etc.

Se simulan así de forma aleatoria diferentes desarrollos posibles, lográndose luego de un número importante de corridas una variedad de resultados, obtenidos simulando el proceso real de trabajo, que permiten la construcción de curvas de distribución de diversas variables de salida, tales como la Recuperación Final Estimada (RF o EUR, según su sigla en inglés), el Valor Actual Neto (VAN) o el Tiempo de Repago.

Ejemplo de aplicación

Se presenta el análisis de un proyecto de desarrollo de un reservorio “tight” ubicado en la Cuenca Neuquina. Si bien los pozos perforados en el área del proyecto son escasos y la información obtenida en ellos casi nula, existen reservorios análogos que permiten la construcción de curvas de distribución de las variables que presentan mayor aleatoriedad:

- Espesor total
- Espesor útil
- Permeabilidad
- Porosidad
- Saturación de agua
- Presión – Grado de sobrepresurización
- Módulo de Young
- Tamaño, densidad y número de fracturas
- Factor de recuperación
- Caudal inicial
- Declinación inicial
- Tiempo de perforación y su variación con la curva de aprendizaje
- Tarifa de Perforación

Una vez construidas las curvas de distribución, que en casi todos los casos resultaron, como era de esperar, lognormales (Capen, 1984), y adoptado el valor del resto de las variables necesarias, que fueron tratadas de forma determinística, se planteó el programa de desarrollo, mediante el árbol de decisiones que se presenta de forma simplificada en la Fig. 1. Su forma no esquemática puede alcanzar fácilmente el orden de cientos de ramas.

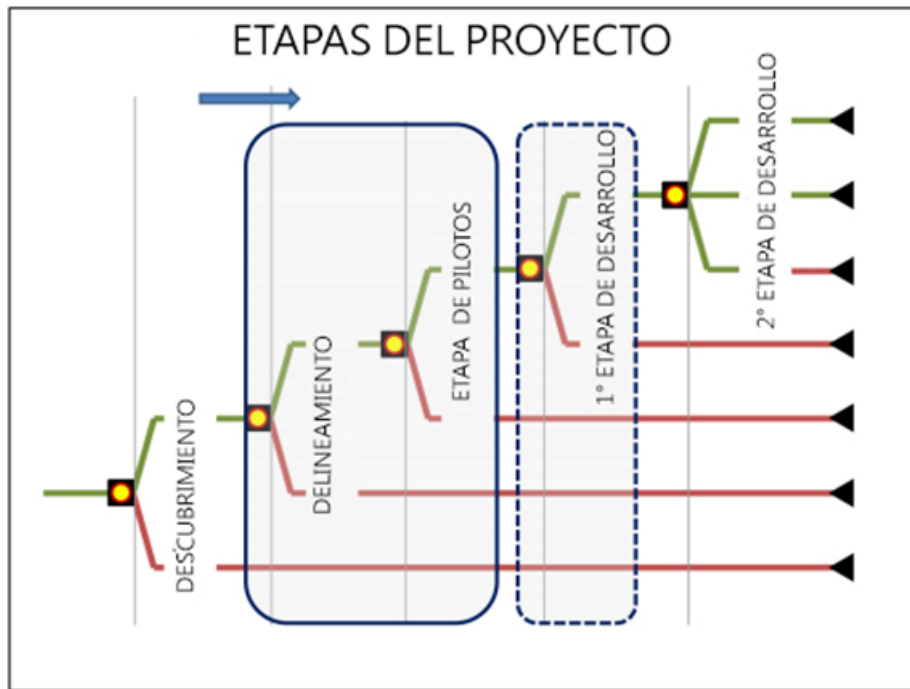


Fig. 1 - Diagrama probabilístico resumido

Para obtener los resultados buscados, curvas de distribución de EUR y VAN, probabilidad de éxito del proyecto y variables con mayor sensibilidad en los indicadores, el modelo probabilístico toma en forma aleatoria una muestra de datos de todas las variables que poseen distribuciones y realiza una corrida completa, tomando decisiones a medida que el desarrollo avanza. Esta simulación se ejecuta una cantidad de veces tal, que permite arribar a distribuciones con intervalos de confianza aceptables, en cada una de las salidas definidas.

Lo novedoso del modelo es, justamente, la posibilidad de tomar decisiones a medida que se desarrolla el proyecto. En este caso, a lo largo de cada corrida, habida cuenta de los resultados obtenidos, se define si se continúa o no con el desarrollo. El criterio que provoca la salida es una combinación de ocurrencias de distintos eventos, que pueden ser un total de pozos antieconómicos respecto del total de sondeos perforados, una sucesión de pozos antieconómicos (dependiendo de la madurez del desarrollo) o la economicidad del proyecto en su conjunto. Al mismo tiempo, los resultados que se van obteniendo influyen sobre los valores que pueden tomar eventos similares.

Al respecto resulta interesante comentar el tratamiento efectuado con la EUR de los pozos. Originalmente se partió de 5 valores obtenidos por analogía, como se aprecia en la Tabla 1.

Esta información fue procesada utilizando la metodología de la Distribución Envolvente (Fulford, 2016). Este método fuerza a que los 3 valores de P_{10} , P_{50} y P_{90} se ubiquen dentro de la poligonal determinada por los P_{10} y P_{90} extremos, manteniendo el carácter lognormal de la distribución, tal como se muestra en la Fig. 2.

EUR Pozos Tipo					
Propiedades estadísticas	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
EUR Media	188,18	148,01	182,03	135,92	217,50
Varianza	5.165	7.01 4	2.989	1.856	10.252
Desvío Estándar	71,87	83,75	54,67	43,08	101,25
Media Lognormal	5,17	4,86	5,16	4,86	5,28
Varianza Lognormal	0,14	0,28	0,09	0,10	0,20
Desvío Estándar Lognormal	0,37	0,53	0,29	0,31	0,44
P90	109,56	65,56	119,62	87,15	111,78
P50	175,80	128,82	174,34	129,57	197,18
P10	282,08	253,11	254,07	192,62	347,83

Tabla 1 - Indicadores estadísticos de los pozos tipo en millones de m³

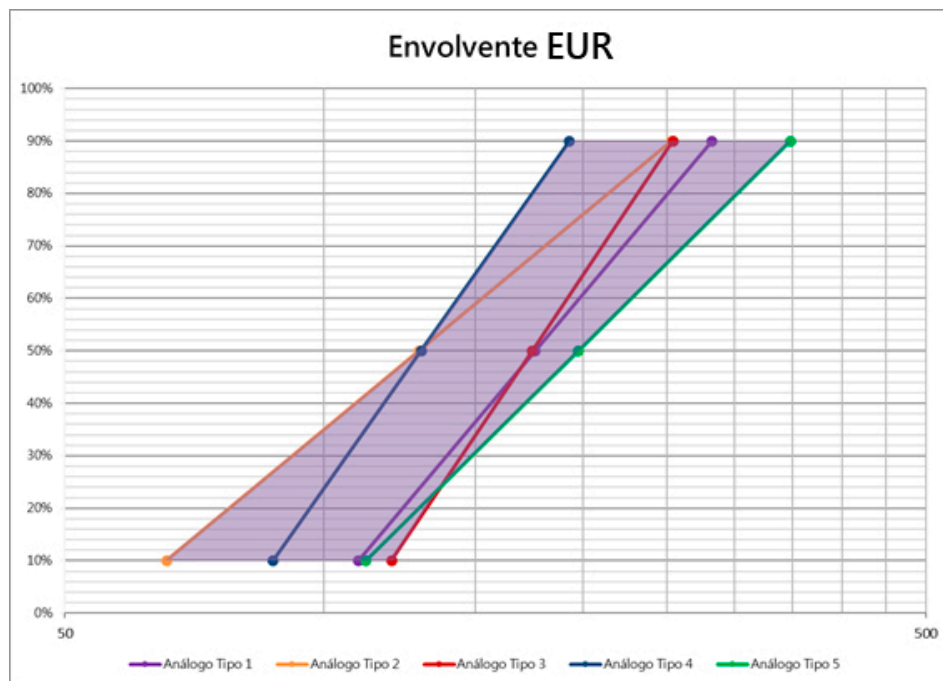


Fig. 2 - Ejemplo de valores seleccionados al azar utilizando el método de las envolvertes

Recuérdese que al tratarse de distribuciones lognormales, la curva queda determinada con solo conocerse dos valores (P_x y P_y , P_x y desvío estándar, media y desvío estándar, etc.). Podría suceder que los dos valores elegidos al azar hagan caer el P_{10} o el P_{90} fuera del polígono. El método de la Distribución Envolvente fuerza a que esto no ocurra.

Este procedimiento hace que cuanto mayor sea el número de pozos perforados dentro de una misma corrida menor sea la dispersión en los resultados, tal como puede verse en la Fig. 3.

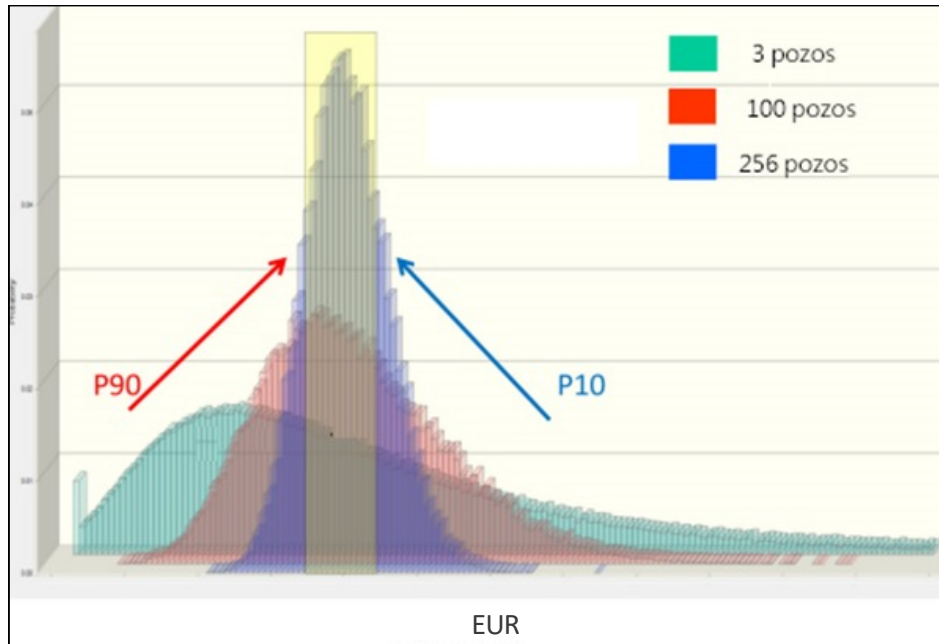


Fig. 3 - Disminución de la incertidumbre con el aumento en el número de pozos de desarrollo

La disminución de incertidumbre con la cantidad de pozos de desarrollo se pone también de manifiesto en los gráficos probabilísticos de EUR (Fig. 4) al tornarse más vertical la curva de distribución cuando aumenta el número de pozos involucrados.

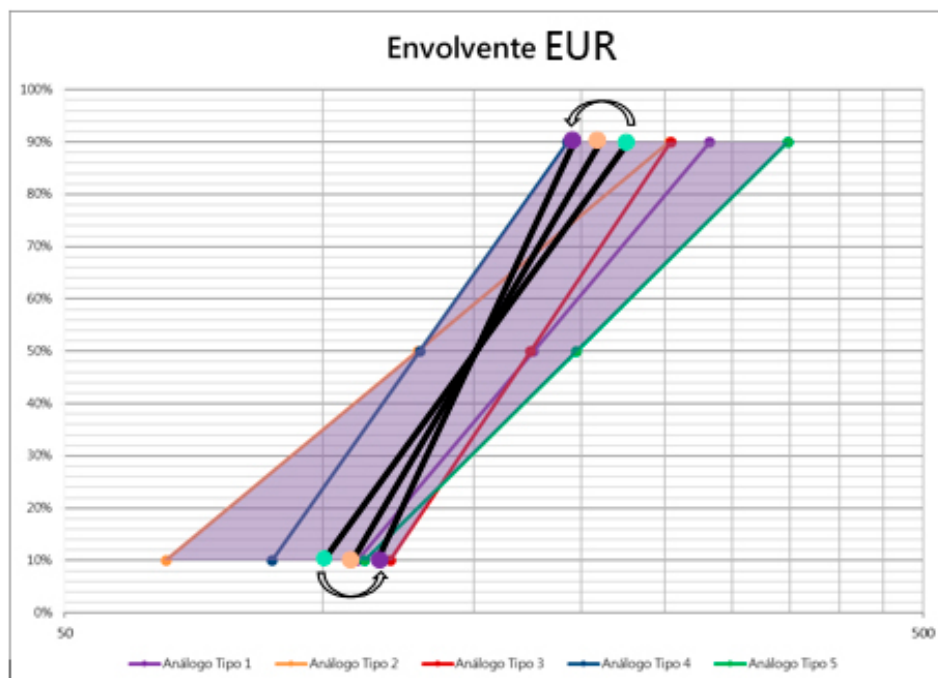


Fig. 4 – Aumento de la verticalidad con el agregado de pozos

En la Fig. 5 se presentan las curvas de distribución de las variables de salida. Por su parte, como puede observarse en la Fig. 6, las corridas efectuadas ponen de manifiesto que las variables con mayor incidencia en el VAN del proyecto son los EUR de ciertos pilotos y en segundo término las inversiones requeridas para la ejecución de dos de ellos.

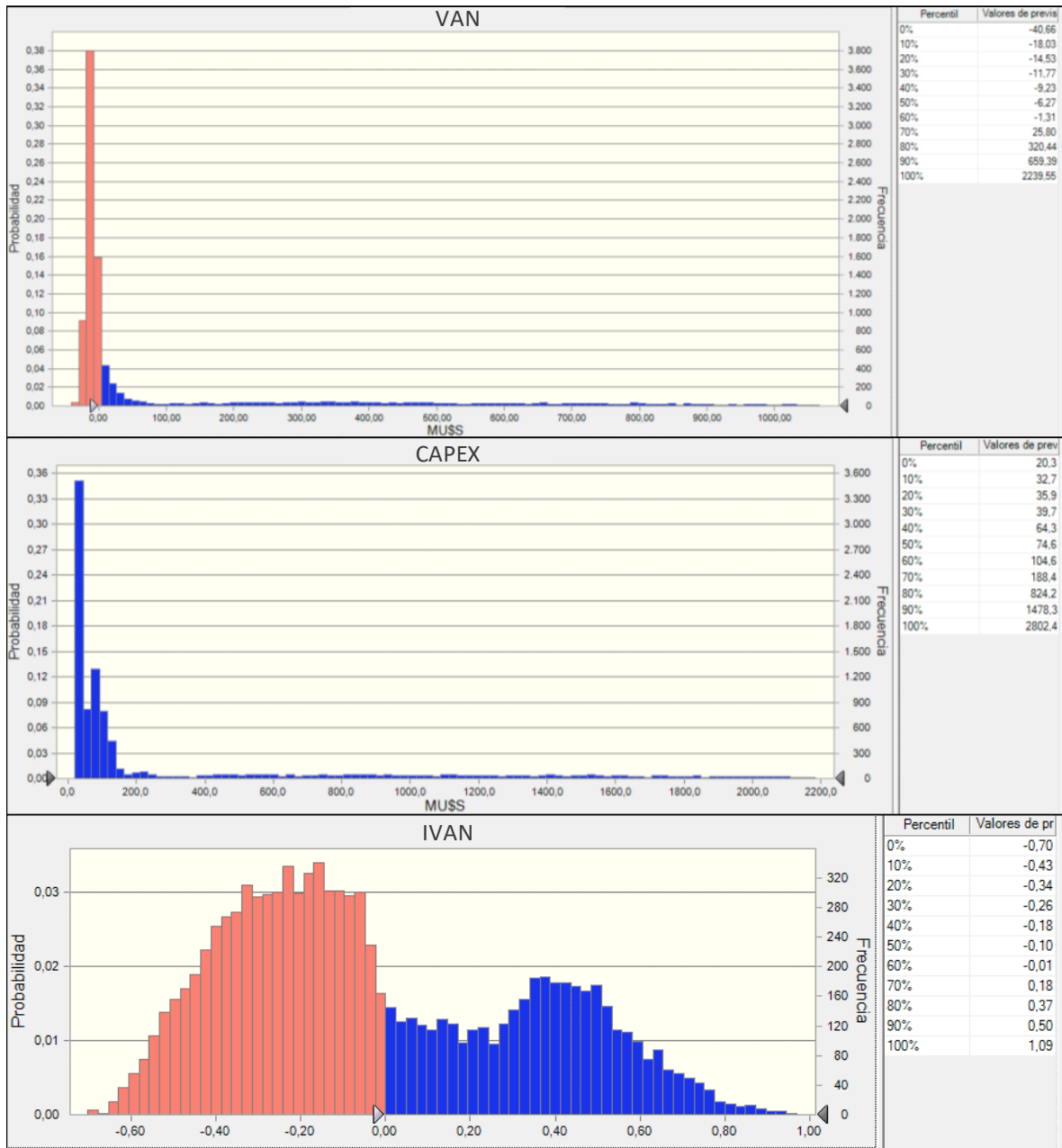


Fig. 5 - Distribución estadística: VAN al 12.5%- CAPEX y Cociente VAN/Inversión (IVAN)

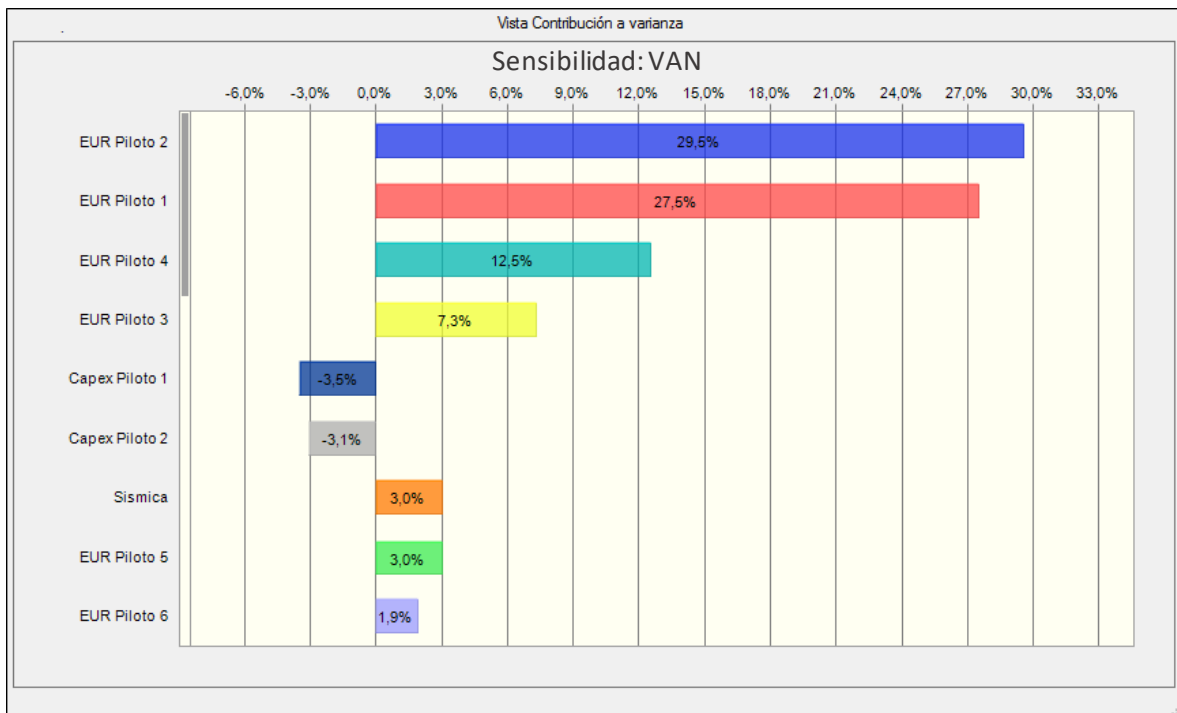


Fig. 6 - Impacto de las variables más sensibles en el Valor Actual Neto

Conclusiones

- El modelo presentado permite la evaluación probabilística de proyectos que, como ocurre en gran cantidad de casos reales, sufren frecuentes modificaciones durante su ejecución.
- Los cambios previsibles pueden ser la interrupción del desarrollo, modificaciones en su ritmo de ejecución o la introducción de cualquier otro tipo de variación respecto al programa original.
- Esta metodología ha sido utilizada principalmente para analizar proyectos de desarrollo en reservorios no convencionales, ya que los mismos presentan grandes incertidumbres y es común introducir frecuentes cambios, principalmente durante el comienzo del desarrollo.
- No obstante, es perfectamente aplicable para el análisis en reservorios convencionales e incluso en otros tipos de proyectos, petroleros o no.
- Presenta ventajas notorias frente a la aplicación de la teoría de Opciones Reales, al no tratarse de una caja negra ni imponer similitudes con ambientes de características diferentes.

Referencias

Black, F., Scholes, M., 1977, "*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*", May – June 1977, 637-659.

Capen, E.C., 1984, "*Why lognormal?*" Notes AAPG Course Evaluating and Managing Petroleum Risk, USA 1984.

Fulford, D. S., 2016, "*Unconventional Risk and Uncertainty*" SPE-179996-MS

Breve C.V. de Juan Rosbaco

Título: Ingeniero Químico (UBA)

Empresa actual: J@R Consultora (Presidente).

Breve C.V. de Álvaro Bugari

Título: Ingeniero en Petróleo (ITBA - UCEMA Postgrado en Evaluación de Proyectos)

Empresa actual: J@R Consultora (Ingeniero Senior).

Breve C.V. de Máximo Bugari

Título: Ingeniero Industrial (UTN - ITBA Postgrado en Producción de Petróleo y gas)

Empresa actual: J@R Consultora (Ingeniero Senior).