

Estructura de Análisis de Decisiones para la Evaluación Económica de Proyectos Petroleros bajo Condiciones de Incertidumbre y Riesgo

Gerardo Morales Reyes*

Resumen

La representación adecuada del conocimiento que se tiene sobre una situación problemática es un aspecto crítico en la solución de un problema. Una solución excelente a un problema mal planteado dará como resultado una solución poco eficaz o con baja probabilidad de éxito, por otro lado, una buena solución a un problema bien planteado dará como resultado mejores conclusiones con mayores probabilidades de éxito. Para lograr una representación exitosa de problemas complejos, difíciles, con muchos elementos o con gran impacto para los tomadores de decisiones, se cuenta con la disciplina de Análisis de Decisiones (AD). Las herramientas con que cuenta el AD permiten a los analistas dar estructura y claridad al proceso de solución a través de gráficos fácilmente entendibles con los cuales se puede modelar el conocimiento de la situación. El presente artículo describe de manera breve, las principales herramientas y la estructura metodológica de AD desarrollada para brindar soluciones en la industria, con énfasis en aplicaciones petroleras.

Introducción

En su artículo "Decision Analysis: Practice and Promise", Ronald Howard (1966) describió al AD como un procedimiento sistemático para transformar problemas de decisión opacos en problemas de decisión transparentes, por medio de una secuencia de pasos lógicos y claros. Entendiéndose como opaco: difícil de entender, resolver o explicar; no simple, claro u obvio.

De tal forma, que el AD ofrece una metodología que hace énfasis en el entendimiento del problema y sus consecuencias, más que en el proceso de solución. Esto es, la metodología se enfoca en el desarrollo de un excelente proceso de concientización y/o comprensión de alternativas y análisis de impactos, más que en el desarrollo de complicados procesos de solución

matemática. Para lograrlo, AD utiliza un conjunto de herramientas que por si solas tienen un gran poder de representación, y que en conjunto crean un sistema muy robusto y claro de solución.

La metodología de AD es un proceso que para llegar a la solución del problema va desde un enfoque macro, hasta un enfoque micro. El proceso inicia con la comprensión de la parte conceptual y de ideas del proyecto y finaliza con una recomendación basada en el análisis de resultados de los valores económicos, valores de utilidad o valores de preferencia obtenidos. La secuencia de un proceso integral para evaluar económicamente proyectos de inversión bajo condiciones de incertidumbre y riesgo con AD se presentará enseguida, describiendo con cada herramienta, cada paso correspondiente a la estructura metodológica.

La descripción las principales herramientas y metodología de AD que se mostrará a continuación fueron aplicadas a la industria petrolera de México. En trabajos posteriores, se describirá a detalle cada una de las herramientas que aquí se presentarán, así como algunas apli-

caciones, donde se podrán observar las bondades de utilizar AD para la solución de problemas.

Herramientas y Metodología de Análisis de Decisiones

1. El Enmarcamiento de la Decisión.

La primera etapa del proceso corresponde al enmarcamiento, el cual consiste en definir de manera clara la situación de decisión que se desea abordar, de tal manera que se delimite el alcance y se genere un marco de trabajo común para todo el personal involucrado. Al abordar un problema con AD, el primer paso es sentar las bases para un mismo lenguaje entre los especialistas, promoviendo el entendimiento de los conceptos, premisas y supuestos que enmarcan la situación. Para lograr este objetivo es preciso identificar el Disparador de la Toma de la Decisión (Hammond, Keeney, Raiffa, 1999). Al estar consciente de este elemento y de su importancia en el proceso, será posible superar el sesgo que pudiera generar.

El Disparador de la Toma de la Decisión es la fuerza inicial que

*Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial con Especialidad en Análisis de Decisiones por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Ingeniero Especialista en Análisis de Decisiones en la Competencia de Economía en el Instituto Mexicano del Petróleo, Dirección Regional Marina. Correo electrónico: gmreyes@imp.mx.

impulsa la toma de la decisión. La mayor parte de los detonadores proceden de fuentes externas al decisor, sin embargo, esto no quiere decir que éste tiene que esperar a que un estímulo externo genere una situación de selección de alternativas. El decisor puede crear situaciones de decisión generando oportunidades antes de que se presente un problema.

2. Diagrama de Objetivos.

Una vez que se ha formulado y entendido el problema, el siguiente paso es identificar: ¿Qué es lo que realmente se quiere lograr? ¿Cuáles son las metas? En esta parte del proceso es necesario identificar el objetivo fundamental y los objetivos intermedios que estén involucrados en la situación (Keeney 1992).

¿Por qué son tan importantes los objetivos? Porque constituyen la base de las alternativas que se considerarán en el abanico de soluciones. Si no se establecen adecuadamente los objetivos, se corre el riesgo de dejar fuera de consideración alguna alternativa que podría resultar importante. La clave para un entendimiento completo de lo que se desea lograr en una situación de decisión, es descubrir las razones detrás de cada objetivo y cómo se relaciona con otros objetivos.

Para modelar eficientemente los objetivos se puede recurrir a un Diagrama de Objetivos (DO). Esta herramienta es una gráfica que permite reflejar las jerarquías entre los objetivos y visualizar aquellos que son sólo un medio para lograr la función objetivo del problema, en la Figura 1 se puede apreciar un DO.

Suponga que Usted es el Gerente de Producción de una empresa productora de tubería y le hacen un pedido de producto que requiere de maquinaria y equipo con lo cual no cuenta la empresa. En ese momento se enfrenta a la decisión de: ¿Qué hacer para suministrar el producto? ¿Compro la maquinaria

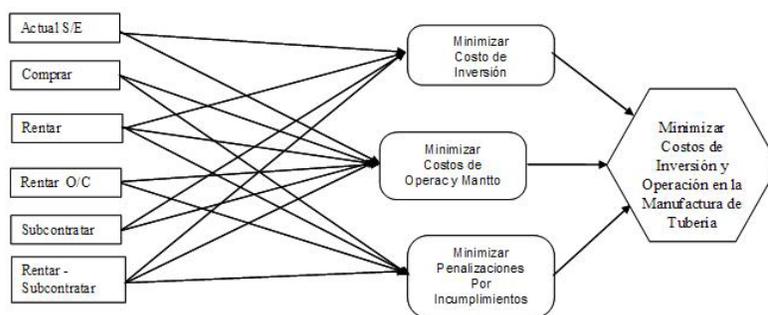


Figura 1. Diagrama de objetivos para seleccionar maquinaria y equipo para manufactura de tubería.

que requiere la empresa? ¿Rento los equipos? ¿Subcontrato la manufactura? O, si económicamente no es rentable invertir para generar la producción, ¿sigo operando bajo las condiciones actuales?

El enmarcamiento de esta situación se puede hacer evidente a los ojos de todos los involucrados en la decisión a través de un Diagrama de Objetivos, tal y como lo muestra la Figura 1. En este modelo, se planteó como objetivo fundamental: Minimizar Costos de Inversión y Operación en la Manufactura de Tubería; es aquí donde radica la función objetivo del problema, que es donde se establecen los criterios para determinar cuál de las alternativas es la mejor. En este caso, dado que lo que se busca es el mínimo costo, la alternativa ganadora será aquella con el menor VPN.

Los objetivos intermedios están vinculados al objetivo fundamental pues constituyen las formas para lograrlo, en este caso, los objetivos intermedios son: Minimizar Costo de Inversión, Minimizar Costos de Operación y Mantenimiento, y Minimizar Penalizaciones por Incumplimientos. Esto es, la forma de lograr los menores costos totales de inversión y de operación, es a través de la reducción al mínimo, de los costos parciales que el proceso conlleva.

Finalmente, las opciones que se tienen para poder alcanzar los objetivos intermedios son llamadas alternativas, y éstas aparecen en el extremo izquierdo del diagrama.

Las alternativas que aparezcan modeladas deberán evaluarse en el estudio para seleccionar aquella que mejor satisfaga el objetivo fundamental. En este caso, las alternativas consideradas son: Mantener la situación actual; Comprar Equipo; Rentar; Rentar con Opción a Compra; Subcontratar y una combinación de contratar-rentar. El estudio debe determinar cuál de estas alternativas es la mejor, observando que fuera de estas alternativas modeladas, no existe ninguna otra, es decir, el conjunto de alternativas es exhaustivo.

Una variante de los DO son los Árboles de Medios y Metas. Esta herramienta tiene la característica de que la orientación de los objetivos es en sentido vertical, en lugar del sentido horizontal que tiene el DO, una aplicación en la industria farmacéutica de esta herramienta puede consultarse en Morales G., Quiroz F., Ramírez L. (2001).

3. Tabla de Estrategias.

Las Tablas de Generación de Estrategias (Howard 1988) son una herramienta de amplia utilidad, ya sea que se apliquen de forma individual o como parte de una metodología; se utilizan cuando al modelar una situación problemática se identifican en ella varias decisiones relacionadas entre sí, lo cual vuelve complejo el análisis, y por lo tanto, se requiere un manejo eficiente de las combinaciones de alternativas.

Se le llama estrategia a cada combinación resultante de tomar

una alternativa por cada decisión, de tal modo que resulta más práctico generar unas pocas estrategias coherentes tomando una alternativa de cada decisión individual, que considerar todas las combinaciones posibles de las alternativas, un ejemplo de una Tabla de Estrategias se muestra en la Tabla 1.

Alternativas de cada decisión	Decisiones consideradas		
	Decisión sobre localización de Infraestructura	Decisión sobre Puente	Decisión sobre Ubicación de Equipo
1	Plataforma	Construir	Abkatun-A
2	FPSO		Nohoch-A
3	FSO	No construir	Akal-J
4	TMDB		Ku-A

Tabla 1. Tabla de estrategias para selección de inversiones en infraestructura petrolera.

Donde se forman estrategias como:

Plataforma-Construir-Abkatun
 Plataforma-Construir-Nohoch-A
 Plataforma-Construir-Akal-J

Esta herramienta permite seleccionar dentro del abanico de combinaciones de alternativas, aquellas que cumplen con las condiciones técnicas, lógicas, políticas, sociales y de factibilidad, para ser llevadas a la práctica, descartando combinaciones poco útiles y eliminando trabajo de evaluación innecesario, haciendo más eficiente el uso de los recursos. Por ejemplo, de la Tabla 1 se desprenden 32 posibles combinaciones, de las cuales se tiene que llevar a cabo un proceso de depuración con los tomadores de decisiones para determinar qué estrategias no son factibles por las características que ya han sido mencionadas.

4. Prueba de Claridad.

Para que en el desarrollo del estudio quede fuera cualquier ambigüedad en los términos que se manejan, es recomendable realizar una prueba de claridad (Howard 1988) a cada uno de ellos, esto es, se deben definir todos y cada uno de los términos, de forma tal, que la

definición no deje duda de a qué se está refiriendo cada expresión y las personas involucradas entiendan lo mismo sin utilizar su propio criterio en la interpretación.

5. Análisis de Incertidumbre y Riesgo.

Una vez definidas las alternativas o estrategias que se deben abordar en un proyecto, el siguiente paso es realizar un Análisis de Incertidumbre y Riesgo, que es la etapa en la que se distinguen las variables que están fuera del control de los decisores y que pueden afectar los resultados deseados. Estas variables son llamadas variables inciertas y son las generadoras de riesgo en el proyecto.

Para modelar las variables inciertas y visualizar cómo se relacionan entre sí y con los demás elementos dentro del proyecto, puede utilizarse un Diagrama de Influencia o un Mapa de Conocimiento.

Los diagramas de influencia son una representación compacta del conocimiento que se tiene sobre una situación de decisión bajo condiciones de incertidumbre. Los diagramas de influencia, también llamados diagramas de decisión tienen una estructura que se orienta a resaltar las relaciones de información y dependencia probabilística entre los elementos de la situación (Clement 1996). Un ejemplo de un diagrama de influencia se presenta en la Figura 2.

Los diagramas de influencia se integran principalmente por:

- Nodos de decisión: rectángulos que representan una situación de selección de alternativas.
- Nodos de incertidumbre: óvalos con línea sencilla que repre-

sentan una variable probabilística que puede aportar riesgo al proyecto.

- Nodo de valor: un octágono que representa la función objetivo o el objetivo fundamental del proyecto.

Una descripción completa de la estructura y proceso de solución de diagramas de influencia se encuentra en (Ley Borrás 2001).

Los mapas de conocimiento son una herramienta muy similar en estructura y aplicación a los diagramas de influencia, la diferencia radica en que en un mapa de conocimiento se admite la representación de nodos sobre los que no se tiene información suficiente para especificar su distribución de probabilidad, o que representan un grado de detalle excesivo para el problema que se aborda. Estos nodos se llaman nodos evocativos y se simbolizan en el diagrama por óvalos con línea punteada. La Figura 3 muestra un ejemplo de este tipo de diagrama.

6. Árbol de probabilidad.

Cada uno de los eventos inciertos que se identifiquen en el proyecto tiene posibles resultados que deben ser identificados exhaustivamente por el analista, estos resultados son llamados sucesos. En caso de que existan varios eventos inciertos, existirán combinaciones de sucesos que introducirán complejidad al estudio. Para hacer manejable esta situación, puede utilizarse un árbol de probabilidad, que además de hacer manejable situaciones complejas, permite visualizar posibles situaciones de asimetría en las combinaciones existentes. Un ejemplo de un árbol de probabilidad se muestra en la Figura 4.

Al igual que con las combinaciones de alternativas, las combinaciones de sucesos pueden depurarse para eliminar del estudio variables innecesarias; todas las combinaciones de sucesos pueden visualizarse claramente a través

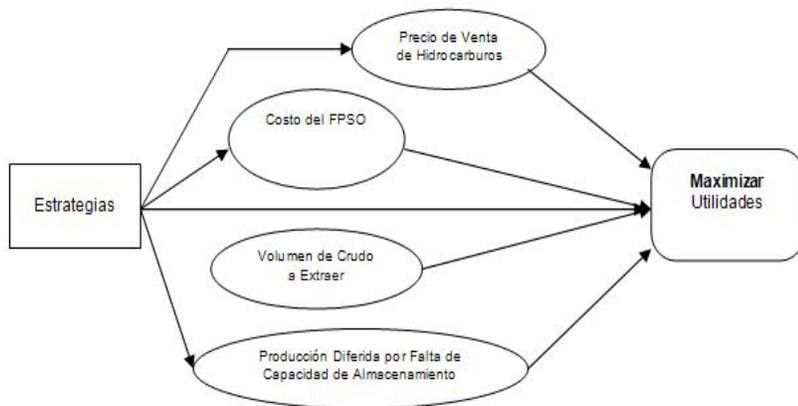


Figura 2. Diagrama de influencia para la contratación de un FPSO.

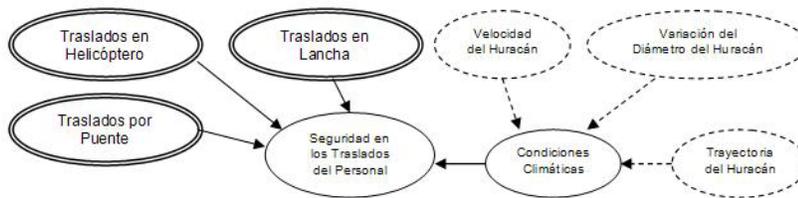


Figura 3. Mapa de conocimiento para la variable seguridad en los traslados de personal entre plataformas.

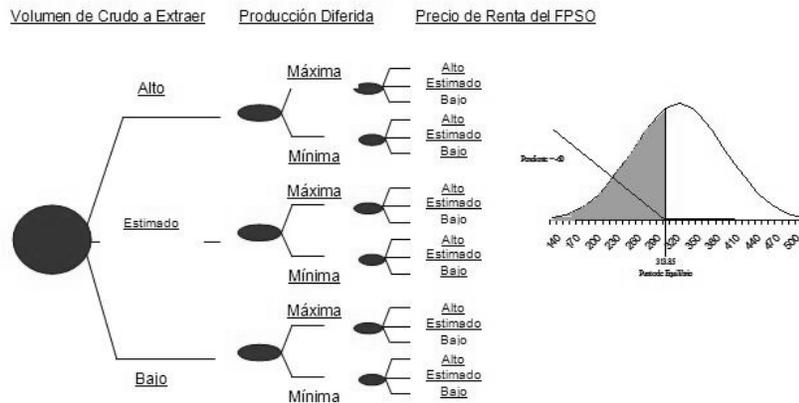


Figura 4. Árbol de probabilidad con tres variables ramificadas.

del árbol de probabilidad. Para una mayor profundidad en el estudio de los árboles de probabilidad puede consultarse (Ley Borrás 2001).

Cada uno de los escenarios factibles resultantes del árbol de probabilidad tiene asociada una distribución de probabilidad, ésta puede ser calculada a través de un método cognoscitivo o a través de registros estadísticos validados por un especialista en el área de obtención de los datos, a fin de validar que las frecuencias relativas obtenidas son válidas para las condiciones y

el tiempo en que se lleve a cabo el estudio.

Existen varios métodos para la obtención de probabilidades cognoscitivas, los cuales permiten transformar el conocimiento que tiene un decisor sobre una situación particular, en probabilidades de ocurrencia de sucesos. En trabajos posteriores se describirán a detalle algunos de los métodos más utilizados por los analistas de decisiones.

Una vez que se tiene definido el árbol de probabilidad se integra

con cada una de las estrategias o alternativas factibles, según sea el caso, y con ellos se obtiene lo que es llamado un escenario.

7. Árbol de Decisión.

El árbol de decisión es una herramienta que integra el conjunto de estrategias factibles del modelo, con el conjunto de combinaciones resultantes del árbol de probabilidad, dando como resultado la cuantificación del total de escenarios posibles en el proyecto.

Los árboles de decisión utilizan símbolos para representar a las decisiones e incertidumbres, iguales a los usados en el diagrama de influencia. El nodo de decisión está representado a través de un cuadro, del cual emanan líneas que representan las alternativas de la situación.

Los eventos inciertos están representados a través de círculos, de ellos emanan líneas que representan a los posibles sucesos o acontecimientos del evento. A cada suceso se le asigna un valor de probabilidad y un monto económico, que, al combinarse, dan como resultado el cálculo de la magnitud del riesgo del problema.

Lo anterior se deriva de que el riesgo está definido como la probabilidad de ocurrencia de un suceso indeseable por el monto económico que ello representa, por lo que la magnitud del riesgo de un evento depende tanto de la probabilidad de ocurrencia como de la magnitud económica que implique. Un ejemplo de un árbol de decisión se presenta en la Figura 5. Puede obtenerse mayor información referente a las aplicaciones de los árboles de decisión en (Ley Borrás 1996) y en (Clement 1995).

8. Modelo Económico e Indicadores Financieros.

Una vez definidos los escenarios, se tiene que desarrollar un modelo económico para cada uno de ellos, de tal forma que se dé la pauta para

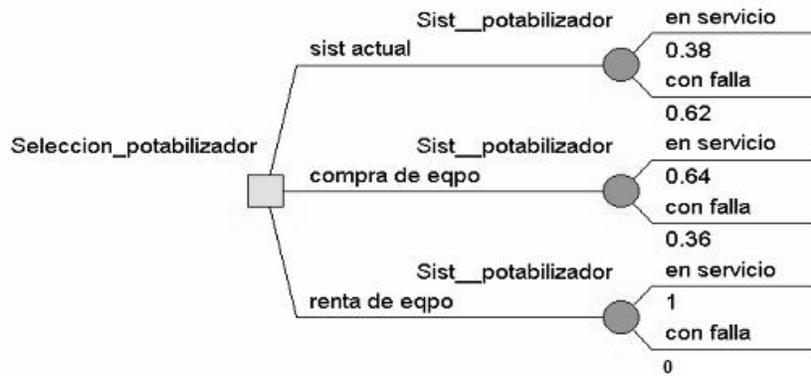


Figura 5. Árbol de decisión para la selección de equipo potabilizador de agua en plataformas petroleras.

generar un criterio de decisión. De este modelo se desprenden los indicadores económicos, tales como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), el criterio de Mínimo Costo (MC), el índice de utilidad, el índice de beneficio-costos, de entre los más utilizados (Coss Bu 1986) (Canada 1977) y (Baca Urbina 1994).

El VPN consiste en calcular un equivalente de todos los flujos de efectivo en el tiempo cero y compararlos con la inversión inicial; si la diferencia es positiva, el proyecto es rentable, de lo contrario no lo es y el proyecto debe rechazarse.

El indicador de MC traslada al año de inicio de inversiones, los flujos de efectivo por concepto de costos y posteriormente compara los flujos de las diferentes estrategias, seleccionando aquella estrategia con el menor flujo negativo.

El índice de utilidad se basa en la selección de la estrategia con la mejor razón entre utilidades totales y costos totales. El resultado indica el porcentaje de utilidades respecto de la inversión que se puede obtener por invertir en la estrategia evaluada.

9. Simulación Financiera.

Como en el modelo económico existen variables inciertas, los resultados deben obtenerse a través de un proceso de solución probabilístico. Si se manejan distribuciones

de probabilidad discretas, puede utilizarse el método de valor esperado utilizando árboles de decisión, o resolverse a través de simulación financiera por Montecarlo o simulación latinhipercúbica. En caso de que existan solo distribuciones de probabilidad continuas en el modelo, lo más recomendable es utilizar un proceso de solución por simulación.

La simulación de Montecarlo es una técnica muy utilizada pues se considera una herramienta de vanguardia para realizar corridas de simulación y obtener distribuciones de probabilidad de los indicadores económicos del proyecto, como en este caso particular, pero de igual forma se pueden generar análisis de riesgos a la administración de proyectos, o a niveles de seguridad en instalaciones. Si se desea más información al respecto puede consultar (Clement 1995) y (Morales G. et al. 2005).

10. Análisis de Sensibilidad.

Existen básicamente dos tipos de análisis de sensibilidad: análisis determinístico y análisis probabilístico de variables. Es muy importante esta distinción pues si no se tiene, puede llevar a errores de interpretación al momento de realizar un análisis de sensibilidad sin distinguir que tipo de análisis es el que se realiza realmente.

El análisis de sensibilidad determinístico se realiza sobre un modelo

que no contiene variables inciertas y tiene la misión de determinar cual de todas las variables del modelo, tiene el mayor impacto sobre la función objetivo. Existen varios programas especializados para realizar este tipo de análisis, si se desea profundizar en el modo de operación se puede encontrar información muy útil en la "User's Guide, Precision Tree: Decision Analysis Add-In for Microsoft Excel".

Para ejemplificar este tipo de sensibilidad considere el siguiente ejemplo: Usted está programando los gastos corrientes personales que ejercerá en los próximos días, de tal forma que espera tener ingresos por 1000 dólares, producto de su nómina (800) y de su ahorro (200); como egresos totales debe pagar a sus bancos 350 dólares (200 a Banamex y 150 a Santander), y pagar la renta de 100 dólares, haciendo esto un total de 450 dólares, lo cual genera una utilidad de 550 dólares. El estado de resultados de este ejercicio puede apreciarse en la Figura 6. Aunque para este ejercicio es evidente cual de las variables es la de mayor peso, para efectos didácticos se considerará que no es claro y se aplicará la técnica apropiada. Si se realizara un análisis de sensibilidad para determinar cuál de todas las variables tiene el mayor impacto, se obtendría un Diagrama de Tornado como el que se muestra en la Figura 6, en la cual se señala que la variable de mayor impacto en las utilidades son los ingresos por nómina, seguidos por los ingresos por ahorro y en igualdad de jerarquía, los egresos por pago a Banamex.

Para observar la diferencia entre la sensibilidad determinística y la sensibilidad probabilística, observe lo que sucede cuando en el ejercicio incorporamos incertidumbre en dos variables y realizamos un análisis de sensibilidad. Suponga que en su programación de gastos existirán dos variables sobre las cuales no tiene la certeza de cuál será su valor: sus ahorros y los dólares que deberá pagar a Banamex. En

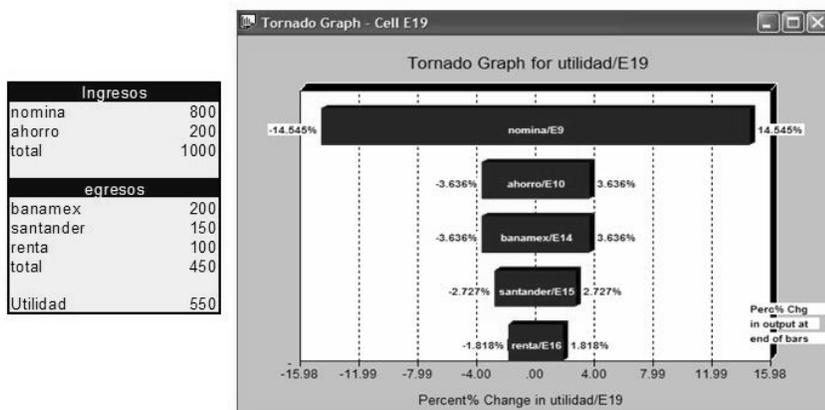


Figura 6. Estado de resultados y análisis de sensibilidad determinístico para el ejercicio de programación de gastos personales.

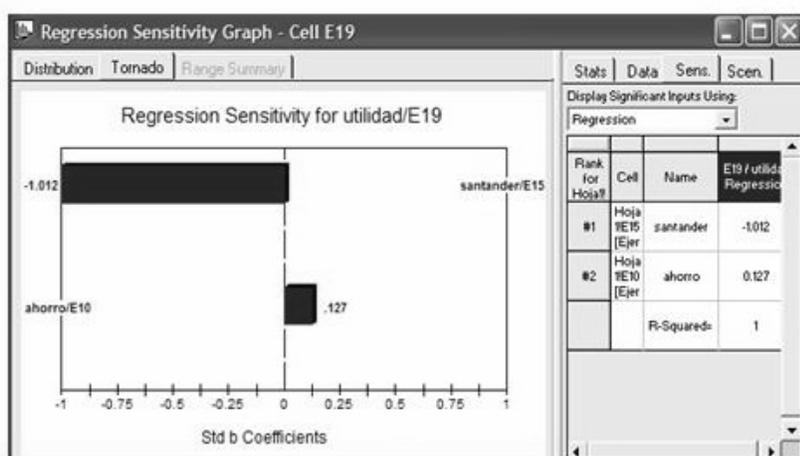


Figura 7. Análisis de sensibilidad probabilístico para el ejercicio de programación de gastos personales.

Ingresos		Ingresos		Min.	Media	Max.
Nómina	800	Nómina	800			
Ahorro	300	Ahorro	=RiskTriang(290,300,310)	290	300	310
Total	1100	Total	=E9+E10			
Egresos		Egresos				
Banamex	200	Banamex	200			
Santander	180	Santander	=RiskTriang(100,180,260)	100	180	260
Renta	100	Renta	100			
Total	480	Total	=SUMA(E14:E16)			
Utilidad	620	Utilidad	=RiskOutput()+E11-E17			

Tabla 2. Estado de resultados con variables probabilísticas para el ejercicio de programación de gastos personales.

el primer caso, Usted puede esperar que sus ahorros puedan tomar un valor mínimo de 290 dólares, un valor medio de 300 y un valor máximo de 310 dólares. Por otro lado, el pago que deberá hacer a Banamex puede esperarse con un monto mínimo de 100 dólares, un

valor medio esperado de 180 y un monto máximo de 260 dólares. Si los valores de cada variable se validan por el decisor y se construye una distribución de probabilidad Pert o una distribución triangular y se introducen al estado de resultados, se generaría una tabla como la que

se muestra en la Tabla 2. Al realizar ahora un análisis de sensibilidad con los nuevos valores, se generaría un gráfico de tornado tal y como se muestra en la Figura 7.

Como se puede observar en el nuevo diagrama de tornado, el análisis de sensibilidad probabilístico obtenido es muy diferente al primer caso, las variables que se identifican como las de mayor impacto no corresponden a las que señala el primer diagrama. Del análisis de las diferencias entre los resultados obtenidos por los dos tipos de análisis de sensibilidad se pueden desprender las siguientes conclusiones: el análisis de sensibilidad probabilístico muestra en el diagrama de tornado, únicamente las variables que contienen elementos inciertos en el modelo, ocultando el impacto en las utilidades de otras variables que podrían ser igualmente importantes en el estudio o incluso de mayor impacto directo a las utilidades (como la variable nomina en este caso). Este análisis permite identificar las variables que en el proceso podrían tener la mayor variación o incertidumbre, independientemente de su impacto en los resultados; esto puede verse con la variable "Santander", la cual se marca como de mayor jerarquía o impacto en el diagrama de tornado, por ser la de mayor variabilidad en el modelo, aunque su monto económico sea de menor peso que la otra variable incierta "ahorro". Y finalmente, la descripción de las barras en el diagrama también tiene una acotación distinta, pues en el análisis de sensibilidad probabilístico, el direccionamiento de la barra indica la relación de incremento o decremento proporcional de la variable de interés (Santander) con la variable objetivo (Utilidades), esto es, como la barra tiene un direccionamiento negativo, significa que Santander tiene una relación inversamente proporcional a las Utilidades, mientras mas crezca Santander, menores serán las Utilidades esperadas.

Para realizar ambos tipos de análisis de sensibilidad existen varios programas de cómputo de los cuales se puede auxiliar el analista, entre los cuales se puede mencionar DPL, Cristal Ball y @Risk de Palisade Corp. Para el desarrollo de los ejercicios anteriores se utilizaron @Risk y Precision Tree de Palisade Corp.

11. Modelo Multiatributos.

Las decisiones complejas generalmente se toman considerando el entorno global en el cual se desarrollan, y no únicamente consideran un factor económico, o social, o político o algún otro. Frecuentemente se requiere considerar más de un elemento para seleccionar una opción de entre el conjunto de soluciones factibles. Para este caso, se puede recurrir a un modelo multiatributos.

Un modelo multiatributos es un auxiliar de decisión que permite incorporar en un modelo de decisión elementos cualitativos (seguridad y calidad de vida, entre otros), y cuantitativos (ingresos y costos, entre otros), denominados atributos, con el objetivo de integrarlos en una evaluación única.

Para evaluar el modelo multiatributos, se requiere que a cada atributo se le asigne una ponderación dentro del modelo, y posteriormente que se califique a cada atributo de acuerdo al estado que guarde en cada una de las estrategias que componen el modelo (Clement 1995).

Los resultados obtenidos de un modelo multiatributos son valores de preferencia adimensionales que reflejan el grado de deseabilidad de la estrategia en función de la satisfacción de los atributos del modelo. Para mayor profundidad sobre el tema puede consultarse (Clement 1995) o (Ramírez Carrera 1998).

12. Modelos Reusables de Decisión.

En muchas ocasiones, las empresas se enfrentan a decisiones de gran

impacto para la compañía y tienen que seleccionar alternativas de situaciones con una estructura muy similar, lo que les permite tomar como base la experiencia obtenida de situaciones anteriores, teniendo la ventaja de no partir siempre desde cero. Este razonamiento es la base de los modelos reusables de decisión (Ley Borrás 1998, 2000, 2001).

Un modelo reusable de decisión es un modelo capaz de ser utilizado en repetidas ocasiones, en situaciones problemáticas similares, sin la necesidad de realizar todo el proceso típico de modelación desde el inicio.

Un modelo reusable de decisión está formada por un modelo maestro, que es un modelo de decisión muy general que contempla todas las posibles decisiones, eventos inciertos y relaciones de relevancia, influencia e impacto para el grupo de situaciones de decisión que se analizan (llamadas familias de decisión); y por un metamodelo, que es una guía que permite definir qué elementos del modelo general están presentes en el modelo particular donde se genera el análisis.

Aplicaciones industriales de los modelos Reusables de decisión pueden consultarse en (Morales Reyes 2002), y en (Quiroz Aguilar, Ley Borrás 2003).

13. Aplicaciones Relevantes de Análisis de Decisiones.

Muchas de las aplicaciones descritas en este trabajo forman parte de las soluciones que en el transcurso de una década han desarrollado especialistas mexicanos en el área de Análisis de Decisiones, los cuales, en los últimos años han destacado por sus trabajos aplicados a la industria petrolera, presentándolos en los máximos foros técnicos de esta importante industria: las Jornadas Técnicas de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, y el Congreso Nacional de Ingenieros Petroleros. De estos trabajos destacan: "Análisis de Decisiones. Caso: el Impacto de

la Incertidumbre en la Factibilidad Económica para la Recuperación de Plataformas Marinas", "Evaluación Económica de Sistemas Artificiales de Producción bajo Condiciones de Incertidumbre", "Análisis de Decisiones. Caso: Desarrollo de un Modelo de Toma de Decisiones para Selección de Infraestructura para el Manejo, Procesamiento y Transporte de Crudo", y "Modelo para el Análisis de Incertidumbre y Riesgo al Proceso de Planeación de la Producción en la Región Marina Suroeste".

Conclusiones

Muchas de las decisiones que se toman en la industria son rutinarias y sencillas, por lo que no requieren de un análisis formal en que utilicen una metodología de alto nivel, sin embargo, hay decisiones que pueden tener un alto impacto en la organización y pueden cambiar el rumbo estratégico de la misma, dependiendo de la calidad de la decisión. Para estas situaciones se justifica la utilización de la disciplina de Análisis de Decisiones.

El entendimiento en los conceptos e ideas, la claridad de la metodología, así como la conciencia al analizar el impacto de la decisión que se tome, dan al decisor una razón suficiente para utilizar Análisis de Decisiones. Aun si el decisor no construye un modelo formal, o si utiliza las herramientas de la disciplina en forma individual, el tomador de la decisión aumentará notablemente la claridad de la situación al estar conciente del panorama de alternativas, posibles riesgos y resultados.

Al hacer explícita la decisión, son claras para el decisor las razones por las cuales seleccionó una opción, pero además, es posible explicar las razones y hacer visibles los conceptos, la metodología y los cálculos para la selección de la alternativa ante un tercero. Además, el análisis explícito, permite verificar el alineamiento en los objetivos del decisor con los objetivos de la

empresa, la información disponible al momento de tomar la decisión y las preferencias del decisor.

Finalmente, la incorporación

en la evaluación de la medición y análisis de la incertidumbre y riesgo, así como la consideración de factores intangibles que pudie-

ran llegar a ser importantes en la decisión, hacen de la disciplina un método de evaluación de proyectos muy útil y efectivo. 

Bibliografía

- Baca Urbina, Gabriel. *Evaluación de Proyectos, Análisis y Administración del Riesgo*, Editorial Mc Graw Hill, México, 1994.
- Canada, John R. *Técnicas de Análisis Económico para Administradores e Ingenieros*, Editorial Diana, México, 1977.
- Clement Robert T. *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*, Duxbury Press. Second Edition. 1995
- Coss, Bu. *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*, Editorial Limusa, México, 1986.
- Guía para el uso de @Risk, Programa auxiliar para el análisis y simulación de riesgo en Microsoft Excel*. Palisade Corporation. Versión 4. México. 2001.
- Howard, Ronald A. "Decision Analysis: Practice and Promise", *Management Science*, Vol 34, No 6. 1988.
- Hammond, J. et al., *Smart Choices: A Practical Guide to Making Better Decisions*, Harvard Business School Press. Boston Massachusetts. 1999.
- Keeney, Ralph L. *Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making*, Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 1992.
- Ley Borrás Roberto. *Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones*, Comunidad Morelos. México, 2001
- Ley Borrás Roberto. "Representación del Conocimiento en Análisis de Decisiones". *Revista UPIICSA*, (UPIICSA-IPN), Vol II No. 9, pp. 2-8. 1996.
- Ley Borrás, Roberto. "Principios para el Desarrollo de Modelos Reusables de Decisión", *Revista UPIICSA*, (UPIICSA-IPN), Vol. II, No. 16, pp. 10-13. 1998.
- Ley Borrás, Roberto. "El Poder de Generalización de los Modelos Reusables de Decisión", *Investigación Administrativa* (ESCA-IPN), No. 87, año 29, pp. 1-14. 2000.
- Morales Reyes, Gerardo & Roberto Ley Borrás. "Desarrollo de un modelo reusable para decidir la apertura de nuevos centros de operación para empresas de mantenimiento industrial". *Eureka, Ciencia y tecnología*, pp. 2-19. 2004.
- Morales Reyes, Gerardo et al. "Análisis de Decisiones. Caso: el Impacto de la Incertidumbre en la Factibilidad Económica para la Recuperación de Plataformas Marinas". *Ingeniería Petrolera*, pp 17-27. 2005.
- Morales Reyes, Gerardo et al. "Aplicación de un Árbol de Medios y Metas al Proceso de Validación de una Compañía Farmacéutica", *Revista UPIICSA*, (UPIICSA-IPN), Vol IV, No. 26, pp 19-25. 2001.
- Quiroz Aguilar, F. & R. Ley Borrás. "Modelo reusable para decidir sobre estrategias de comercialización de materiales de procesamiento". *Investigación Administrativa* (ESCA-IPN). Año 32 No. 93. Agosto-Diciembre 2003.
- Ramírez Carrera, Lilia C. *Selección de Modelos de Preferencia cuando existen Atributos Múltiples*. Tesis de Grado. Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Orizaba. 1998.
- User's Guide. Precision Tree, Decision Analysis Add-In for Microsoft Excel*. Newfield NY. July, 2000.

