

OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE INDICADORES DE EFICIENCIA OPERATIVA PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

Gerardo Morales Reyes (13)
Instituto Mexicano del Petróleo

ABSTRACT

At the moment, the oil production of the Country this falling and the operation costs have not changed ace the production has evolved, reason why they plows required to carry out urgently, initiatives of reduction of costs. As first step to achieve this initiative of improvement a system was developed to quantify and to optimize the unitary costs of production of raw in each process, from their extraction of the location until their export or shipment to the National System of Refinement. Until before this work, he/she didn't have any tool like support to analyze the system of production costs and to identify the most expensive operations and the less efficient processes. This system was created by specialists of the area of economy of the Mexican Institute of the Petroleum and combined with the application of technical of decisions analysis it was possible to develop an effective methodology to identify opportunity areas for optimization of operations and reduction of costs. With the application of the methodology that will be described in this work they were possible to generate initiatives whose economic benefits can end up overcoming the 30 million annual pesos in the areas in which the application was developed.

KEY WORDS: Decisions analysis, oil industry, unit production cost, operative efficiency.

RESUMEN

Actualmente, la producción petrolera del País esta decreciendo y los costos de operación no han cambiado conforme ha evolucionado la producción, por lo cual se requieren llevar a cabo urgentemente, iniciativas de reducción de costos. Como primer paso para lograr esta iniciativa de mejora se desarrolló un sistema para cuantificar y optimizar los costos unitarios de producción de crudo en cada proceso, desde su extracción del yacimiento hasta su exportación o envío al Sistema Nacional de Refinación. Hasta antes de este trabajo, no se contaba con ninguna herramienta como soporte para analizar el sistema de costos de producción e identificar las operaciones más costosas y los procesos menos eficientes. Este sistema fue creado por especialistas del área de economía del Instituto Mexicano del Petróleo y combinado con la aplicación de técnicas de análisis de decisiones se logró desarrollar una efectiva metodología para identificar áreas de oportunidad para optimización de operaciones y reducción de costos. Con la aplicación de la metodología que se describirá en este trabajo se lograron generar iniciativas cuyos beneficios económicos pueden llegar a superar los 30 millones de pesos anuales en la industria petrolera de nuestro país.

PALABRAS CLAVE: Análisis de decisiones, Industria petrolera, Costo unitario de producción, Eficiencia operativa.

(13) Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial con Especialidad en Análisis de Decisiones por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Ingeniero Industrial con Especialidad en Gestión de Sistemas de Calidad por el Instituto Tecnológico de Orizaba.

INTRODUCCIÓN

La producción de un pozopetrolero decrece progresivamente al paso del tiempo, esto forma parte de su ciclo natural de vida, por esta razón, para mantener la producción de un complejo petrolero a un ritmo constante, es necesario explotar cada día, nuevos yacimientos que vayan sustituyendo la producción consumida, independientemente de los sistemas de recuperación artificial en que pueda apoyarse cualquier Activo de Explotación para restablecer la presión de un yacimiento y mantener la producción de un pozo.

Actualmente, la producción petrolera del País esta decreciendo debido a la falta de nuevos yacimientos de crudo, esta situación por sí sola es un problema bastante fuerte y ya se desarrollan programas de investigación para superarla. Aunado a esto, los costos de operación no se han ajustado conforme al comportamiento de la producción, manteniéndose un esquema de costos fijos para un nivel de explotación muy superior a lo actual, creando un balance negativo conforme transcurre el tiempo. Por esta razón, se requiere llevar a cabo urgentemente, iniciativas de reducción de costos en aquellos procesos e instalaciones que se van haciendo obsoletos, van perdiendo eficiencia, se van volviendo muy costosos o que ya no se requieren.

El primer paso para el análisis y la identificación de procesos con áreas de oportunidad fue la creación de una herramienta para calcular los costos unitarios de producción por proceso, desde la extracción de crudo hasta su exportación o envío al Sistema Nacional de Refinación. Los costos unitarios de producción son un excelente indicador de eficiencia operativa, pues relacionan los volúmenes de producción manejados en cada proceso con los recursos presupuestales consumidos para lograr su objetivo.

La metodología de cálculo y su automatización fue desarrollada por especialistas del área de economía del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y al sistema se le llamó SICOTRA.

A partir de los costos unitarios de producción, tomados como indicadores de eficiencia operativa, y aplicando herramientas de análisis de decisiones se creó una metodología de análisis muy eficiente para identificar áreas de

oportunidad para reducción de costos en operaciones de la industria petrolera. El presente trabajo describirá la estructura de cálculo del SICOTRA (Instituto Mexicano del Petróleo 2006), la metodología desarrollada y los resultados obtenidos de su aplicación.

DESARROLLO

Estructura de Cálculo del Sistema

El SICOTRA es una aplicación informática creada para calcular los costos unitarios de producción en cada proceso de la explotación de crudo. La metodología está basada en un sistema híbrido entre costeo absorbente (costos fijos y variables), y un método de costeo tradicional (prorrateo múltiple).

La estructura de costos utilizada para generar un costo unitario contempla 4 elementos: costos de operación y mantenimiento, depreciación de activo fijo, costo de consumibles y volumen de producción (Padilla Euan 2003).

Los costos de operación y mantenimiento para cada una de las áreas y etapas del proceso se determinan con base en el análisis e identificación de los renglones del presupuesto asignado. El valor de la depreciación para cada uno de los activos fijos (plantas, ductos, equipos, etc.) se obtiene de la base de datos de activo fijo de PEMEX Exploración y Producción y de las estimaciones realizadas por expertos en valoración de activo fijo. El costo de consumibles empleados en la operación de los equipos son el elemento variable del costo total, pues está relacionado con los volúmenes de crudo manejados en cada proceso. El último elemento de cálculo es el volumen de producción, el cual varía continuamente, razón por la cual los costos unitarios de producción deben ser generados tomando como base periodos mensuales de producción.

Una vez cargada la información al sistema, los administradores están en condiciones de conocer lo que cuesta producir o manejar un barril de crudo en cada uno de sus procesos, y tienen la capacidad de identificar de entre los costos de producción incurridos, cuales corresponden a su Gerencia y cuales corresponden a otras entidades.

El análisis de descomposición del presupuesto que se lleva a cabo con el SICOTRA combinado

con el cálculo de tarifas a nivel pozo y campo (Figura 1), permite identificar cuales son las áreas de operación más costosas y aquellas que son las menos eficientes.

Esta distinción es muy importante, pues existen áreas que consumen muchos recursos pero que los aprovechan al máximo, mientras que pueden existir departamentos que consuman pocos recursos, pero que sea innecesario el gasto o sea poco eficiente su utilización.

Metodología de Análisis de Indicadores

Actualmente el proceso de manufactura de petróleo tiene costos fijos muy elevados que no son acordes a la producción que se está generando, por ello la metodología que se describirá puede ser de gran valor para encontrar áreas de oportunidad y brindar enormes beneficios económicos.

Es importante destacar nuevamente un punto muy importante, un proceso puede ser muy costoso y consumir muchos recursos, sin embargo, el balance de “producción manejada-recursos consumidos” puede ser positivo, ubicando este proceso como caro pero eficiente,

sin embargo, pueden existir procesos que consuman recursos de manera discreta y su balance de beneficios sea negativo, identificando un proceso poco eficiente. Así pues, no se trata de quitarle recursos a los procesos que tienen para dárselo a los que no tienen, sino de hacer eficiente el uso de los recursos asignados.

La metodología consta de 15 etapas, los cuales se describen a continuación. La forma en como se estructuraron las herramientas de análisis para construir la metodología, al igual que el SICOTRA, fue diseñada por especialistas del área de Economía del IMP.

1.- Presupuesto de Operación: la base de datos del presupuesto es un programa anual de costos de operación, mantenimiento e inversión que un Activo o una Gerencia contempla para cubrir sus actividades de producción. El programa puede ir cambiando, dependiendo de los eventos que ocurran en el transcurso del periodo, por lo que generalmente surgen adecuaciones al programa original. Esta información es la base para el análisis y es parte de la información que se captura en el SICOTRA como un insumo para el cálculo de los costos unitarios de producción.

Figura 1. Cálculo de costos unitarios de producción a nivel pozo y a nivel campo.

CAMPO CAAN								
Costos de producción por instalación y por campo								
Instalación	Presupuesto (anual) \$	Depreciación (anual) \$	Insumos (anual) \$	Insumos Serv. Aux. (anual) \$	Volumen (anual) BPCE	Costo Prod. \$/BPCE	Dlls \$\$/BPCE	No. Pozos
Caan 1	86,594,249.67	36,456,692.84	0.00	0.00	6,202,922.00	19.84	2.09	3
Caan 401	37,111,821.29	9,169,325.53	0.00	0.00	2,107,397.00	21.96	2.31	1
Caan 501	12,370,607.10	10,274,812.53	0.00	0.00	413,501.00	54.77	5.76	1
Caan A	374,625,450.83	61,943,627.45	0.00	0.00	25,000,671.00	17.46	1.84	9
Caan C	309,338,810.12	59,614,010.78	0.00	0.00	18,391,446.00	20.06	2.11	9
Caan TA	185,559,106.44	15,672,946.43	0.00	0.00	12,070,064.00	16.67	1.75	4
Caan TC	111,920,525.28	13,079,161.36	0.00	0.00	7,728,847.00	16.17	1.70	3
Caan TF	125,083,981.96	13,420,185.09	0.00	0.00	8,111,200.00	17.08	1.80	3
Campo Caan	1,242,604,552.68	219,630,762.02	0.00	0.00	80,026,048.00	18.27	1.92	33
Total pozos Campo Caan								33
Total pozos no productivos								3
Total pozos semi productivos								4
Total pozos productivos								26

Fuente: Elaboración propia.

2.- Costos Unitarios de Producción: son un excelente indicador de eficiencia operativa, pues establecen la relación entre recursos consumidos en un proceso, con el volumen de crudo que tal proceso alcanza a manejar en un periodo determinado. La aplicación de la metodología que se presenta en este trabajo se enfocará al análisis de la composición y comportamiento de los costos unitarios de producción a lo largo del tiempo y las formas de optimizar este indicador para lograr la reducción de costos en la explotación de petróleo crudo.

3.- Análisis de Tendencias: este es el primer análisis que se realiza una vez que se han calculado los costos unitarios de producción. Es muy útil para observar el comportamiento de los costos a través del tiempo y puede poner en evidencia lo que se espera a futuro bajo las condiciones actuales de operación (Chou Ya-Lun 1977). Dado que se está manejando un indicador de eficiencia, el análisis de tendencias puede brindar indicios de la necesidad futura de desincorporar instalaciones por obsolescencia o falta de operación. En la Figura 2 se muestra el análisis de tendencias típico que se debe realizar. Para efectos didácticos, suponga que se analizaron dos procesos y se graficó el

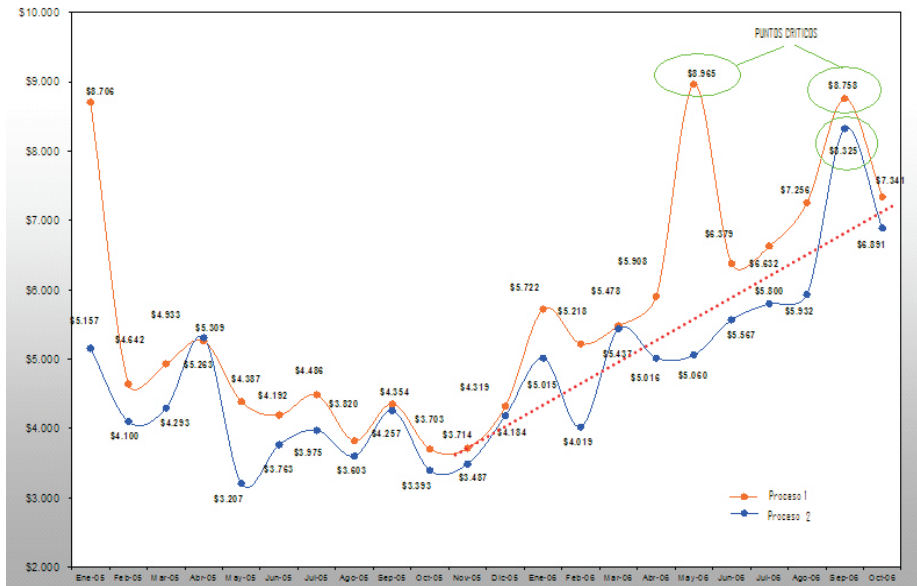
comportamiento mensual de sus costos unitarios de producción en los últimos dos años.

Dado que el cálculo de costos unitarios de producción se realiza de manera mensual, cada punto dentro de la gráfica corresponde al comportamiento de los costos totales y de los volúmenes manejados dentro de un proceso en un periodo de 30 días.

Puede observarse que en la gráfica de la Figura 2 existen varios puntos extremos, críticos o atípicos. A estos puntos debe dárseles seguimiento para encontrar áreas de mejora. De esta manera, se identificaron los meses de Enero 2005, Mayo y Septiembre de 2006 como puntos críticos para el Proceso 1 y Septiembre del 2006 como punto crítico para el Proceso 2.

El siguiente paso será determinar las causas por las cuales los costos unitarios de producción tuvieron ese notable incremento. Para dar seguimiento a la metodología, considere ahora que se dará seguimiento únicamente a uno de los puntos críticos, septiembre del 2006 para el proceso 1. Sin embargo, en un análisis integral se recomienda el seguimiento a cada uno de los puntos críticos identificados.

Figura 2. Análisis de tendencias a costos unitarios de producción



Fuente: Elaboración propia.

4.- Análisis de Sensibilidad Determinístico: al llegar a este punto, se ha logrado enfocar la atención en los puntos críticos de un proceso. Puede darse el caso de que las causas de la variabilidad sean completamente explicables y sean atribuibles a eventos fuera de lo ordinario que difícilmente se repetirán, en este caso, el análisis no concluye, pues debe reorientarse al estudio de la tendencia incremental de los costos unitarios a través del tiempo. Para esta segunda situación, puede tomar cualquier punto del gráfico que sea representativo para continuar con la aplicación de la metodología.

Una vez que ha definido el punto en la gráfica que se va a analizar (septiembre 2006), el siguiente

paso es desglosar el proceso de acuerdo a las partidas presupuestarias que se le asignan.

Esta etapa tiene la intención de identificar dentro de la estructura de costos, aquellas actividades con el mayor presupuesto asignado y con el mayor costo unitario de producción. Para lograrlo, se debe realizar un análisis de sensibilidad determinístico y obtener un diagrama de tornado (Howard 1988).

En la Figura 3 se muestran las actividades que componen un proceso típico de almacenamiento y distribución de hidrocarburos con el desglose de sus partidas presupuestarias y el cálculo de sus costos unitarios de producción.

Figura 3. Proceso típico de almacenamiento y distribución de hidrocarburos

Septiembre 2006							
Proceso	Presupuesto \$	Depreciación \$	Insumos \$	Serv. Aux. \$	Total Costos	Volumen	
Almacenamiento en Tanques	969,079.41	241,783.56	0.00	0.00	1,210,862.97	27,065,744	0.04474
Bombeo de Crudo	391,528.45	28,987.19	0.00	88,349.22	508,864.86	154,142	3.30127
Control de Calidad para el Crudo	2,323,138.04	53,333.80	0.00	0.00	2,376,471.83	14,692,678	0.16175
Exportación	61,674.08	87,557.45	0.00	0.00	149,231.53	154,142	0.96814
Deshidratación de Crudo	17,017,653.90	106,488.02	0.00	0.00	17,124,141.92	16,498,415	1.03793
Servicios a la Exportación	262,851.31	0.00	0.00	0.00	262,851.31	154,142	1.70525
Estabilización del crudo	724,559.65	30,853.89	0.00	0.00	755,413.54	16,498,415	0.04579
Inyección de Maya al Istmo	755,995.36	171,165.67	0.00	0.00	927,161.03	4,041,639	0.22940
Medición a Exportación	23,124.61	1,512.91	0.00	0.00	24,637.53	154,142	0.15984
Transporte para el Crudo	10,246,686.34	4,063,607.25	0.00	0.00	14,310,293.59	14,692,678	0.97397
Tuberías y Válvulas para el Crudo	40,538.76	383,708.27	0.00	0.00	424,247.03	14,692,678	0.02887
TOTAL	34,057,895.56	5,258,104.26	658,410.52	4,282,193.95			8.97

Costo Unitario de Producción

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de tornado generado en esta etapa se muestra en la Figura 4. En este diagrama se puso en evidencia que el bombeo de crudo es la actividad menos eficiente y que por ello tiene el costo unitario de producción más elevado.

Esto significa que los volúmenes de crudo que se manejan en esta área son muy pequeños comparado contra la gran cantidad de recursos que consume el proceso. En segundo término, debe prestarse atención a los servicios a la exportación de crudo.

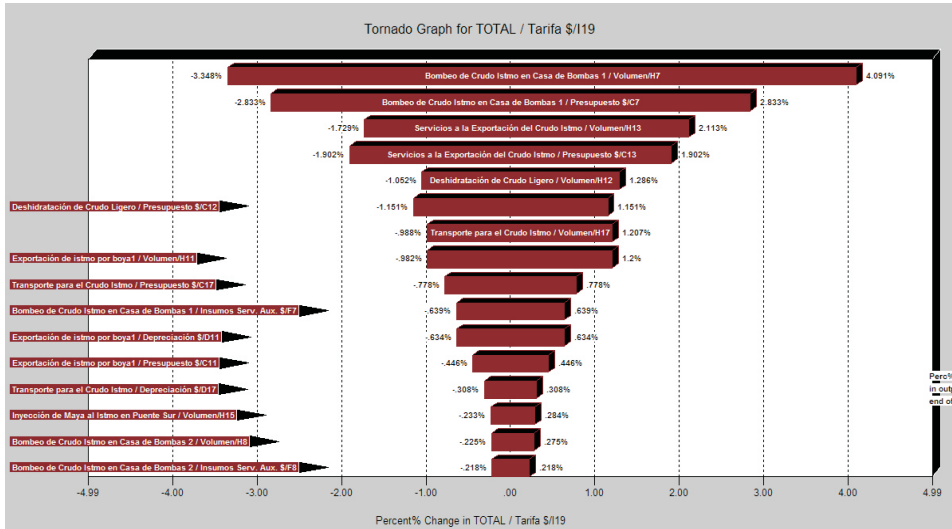
Observe que las actividades señaladas no son las que mayor presupuesto tienen asignado,

sino las que tienen un mayor aporte al costo unitario de producción. De acuerdo a este análisis, las actividades con mayor presupuesto están siendo eficientes en el uso de los recursos.

Conforme se avanza en la metodología, se va delimitando el problema y van surgiendo las áreas menos eficientes y sobre las cuales se debe prestar atención.

El diagrama de tornado señala el orden jerárquico en el cual se deben atacar las variables, pero no señala cuantas hay que abordar para cubrir el 80% de criticidad, por ello, el siguiente paso es realizar un diagrama de Pareto.

Figura 4. Diagrama de tornado para sensibilidad determinística



Fuente: Elaboración propia.

5.- Gráfica de Pareto: es una herramienta que se utiliza para priorizar e identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial.

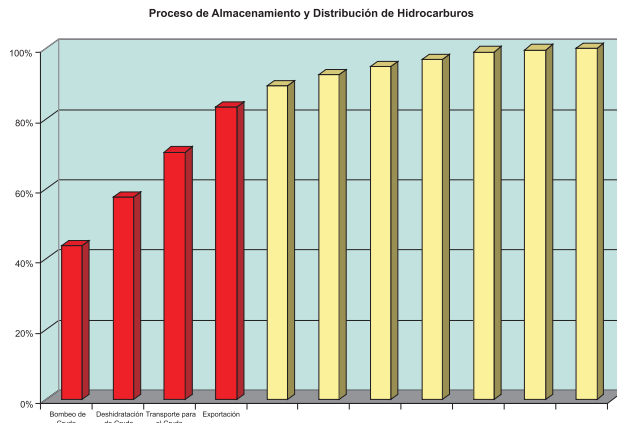
Esta herramienta permite delimitar el alcance de las variables que deben analizarse (Ishikawa 1986).

Con esta aplicación se identificó el 20% de las variables que se estudiaron y que originan al 80% del costo unitario de

producción: bombeo, deshidratación, transporte para el crudo y exportación (Figura 5).

6.- Lluvia de Ideas y Diagrama de Ishikawa: dado que el área de bombeo de crudo es la que se debe abordar primero, se realizaron sesiones de trabajo con los especialistas del área y a través de lluvias de ideas, se desarrollaron los diagramas de Ishikawa correspondientes (Ishikawa 1986) (Feigenbaum 1992).

Figura 5. Gráfica Pareto aplicada al proceso de almacenamiento y distribución de hidrocarburos



Fuente: Elaboración propia.

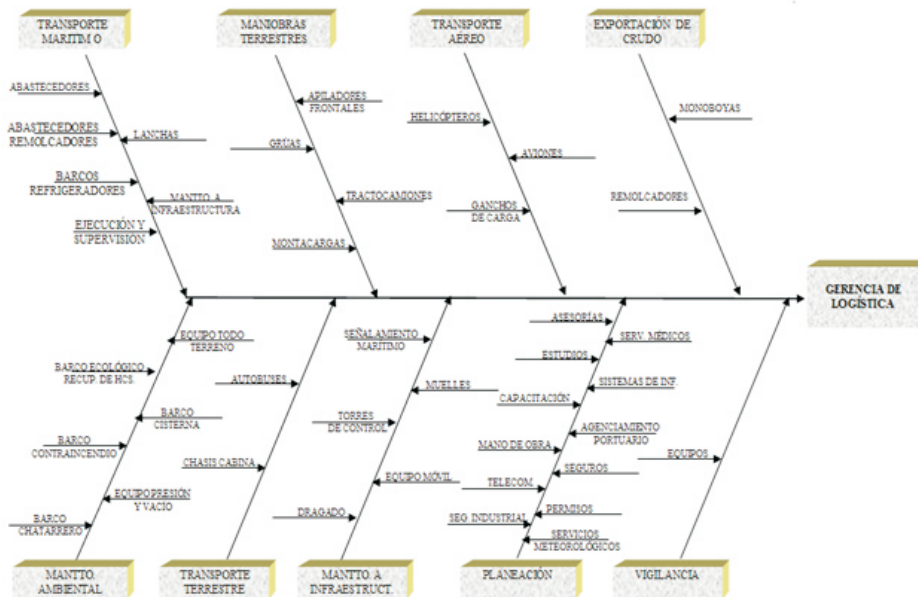
De las sesiones de trabajo se identificaron los rubros de mayor peso para el componente de los costos unitarios de producción en el área de los bombeos de crudo: sueldos (35%), previsión social (18%), incentivos y compensaciones (10%), arrendamientos (8%) y servicios auxiliares (6%).

Abordando el primer componente: sueldos, surgieron como iniciativas: la necesidad de realizar evaluaciones de puestos para determinar eficiencia del personal y cargas de trabajo; así como realizar análisis de puestos para identificar perfiles profesionales y necesidades de capacitación.

En este proceso, pueden surgir diagramas de Ishikawa cuyas soluciones pueden resultar mas complejas que en el caso anterior. Observe la Figura 6, este diagrama se desarrolló para identificar áreas de oportunidad en una Gerencia de Logística. De este análisis se desprendieron propuestas de mejora complejas y algunas requirieron estudios técnico-económicos antes de tomar cualquier acción.

Dentro de las iniciativas que se evaluaron, y cuyo proceso se mostrará a continuación, fue la necesidad de reducir los altos costos de operación y mantenimiento de instalaciones para exportación de crudo, específicamente de las monoboyas.

Figura 6. Diagrama de Ishikawa para identificar áreas de oportunidad en la Gerencia de Logística.



Fuente: Elaboración propia.

7.- Diagrama de Objetivos: es muy importante documentar y establecer los objetivos de todo estudio antes de hacer cualquier cosa. Aunque al analista y a los especialistas del área pueda parecer evidente que es lo que se persigue como objetivo, generalmente para quien esta fuera de ese círculo no es tan claro lo que se busca ni las formas en como lograrlo. Para clarificar esta situación y dar el marco de trabajo global que permita a toda persona que vea el estudio entender los mismos conceptos y el mismo

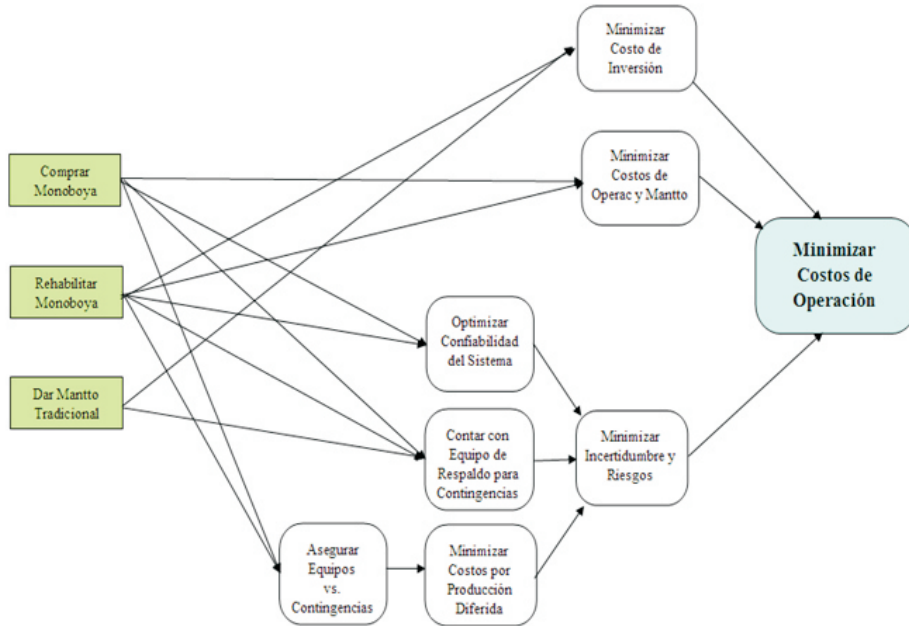
alcance, una herramienta de gran utilidad es el diagrama de objetivos (Keeney Ralph 1992).

El enmarcamiento de la situación se hace muy evidente a los ojos de todos los involucrados en la decisión a través de un diagrama de objetivos. Para ilustrar la metodología se dará seguimiento al estudio desarrollado para la operación de monoboyas, y en algunas herramientas se mostrará su aplicación en otros estudios que se consideraron mas didácticos.

Observe el diagrama de objetivos mostrado en la Figura 7. En este modelo, se planteó como objetivo fundamental: minimizar los costos de operación de monoboyas, es aquí donde radica la función objetivo del problema y donde se establecen los criterios para determinar cual de las alternativas es la mejor.

En este caso, surgieron tres opciones: comprar una nueva monoboya, rehabilitar la existente o darle mantenimiento tradicional. Dado que lo que se busca es el mínimo costo, la alternativa ganadora será aquella con el menor VPN.

Figura 7. Diagrama de objetivos para el análisis de decisiones respecto a operación de monoboyas.



Fuente: Elaboración propia.

¿Por qué es tan importante clarificar los objetivos? Porque constituye la base de las alternativas que se consideraran 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 como se relaciona con otros objetivos. Una aplicación en la industria farmacéutica de esta herramienta puede consultarse en (Morales Reyes et al 2001).

8.- Tabla de Estrategias: las tablas de generación de estrategias (Howard 1988) (Clement 1995) 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 si, 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.

Para el estudio de monoboyas no se requirió ninguna tabla de estrategias pues únicamente se abordó 1 decisión con 3 alternativas, para efectos

didácticos suponga que este problema se vuelve complejo y además de determinar el servicio que debe darle al equipo, debe seleccionar uno de tres proveedores en caso de compra de una nueva monoboya, y una tercer decisión que corresponde a la nueva ubicación del equipo.

La tabla de estrategias correspondiente quedaría tal y como lo muestra la Figura 8. De esta tabla surgen 27 posibles escenarios, cada uno de los cuales, en caso de ser factible, debe evaluarse para determinar la solución óptima.

Figura 8. **Tabla de estrategias para el estudio de operación de monoboayas**

DECISIONES	Servicio a Equipo	Proveedor	Nueva Ubicación
ALTERNATIVAS	Comprar Nueva	Proveedor 1	Coordenadas (X1,Y1)
	Rehabilitar	Proveedor 2	Coordenadas (X2,Y2)
	Mantto Tradicional	Proveedor 3	Coordenadas (X3,Y3)

Fuente: Elaboración propia.

9.- Prueba de Claridad: para que en el desarrollo del estudio no haya lugar a conceptos ambiguos en los términos que se manejan, es recomendable realizar una prueba de claridad (Howard 1988) (Clement 1995), esto es, se deben definir todos y cada uno de los términos, de forma tal, que la definición no deje duda de a que se está refiriendo cada expresión y las personas involucradas entiendan lo mismo sin utilizar su propio criterio en la interpretación .

10.- 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 y cuantifican probabilísticamente 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 (Ley Borrás 2001) (Morales Reyes et al 2005).

Para el estudio de monoboayas, el análisis de riesgo puso en evidencia únicamente un par de factores de riesgo: la probabilidad de contingencias en la monoboya y la incertidumbre respecto a los resultados de un análisis estructural al equipo para determinar su estado bajo las condiciones actuales de operación.

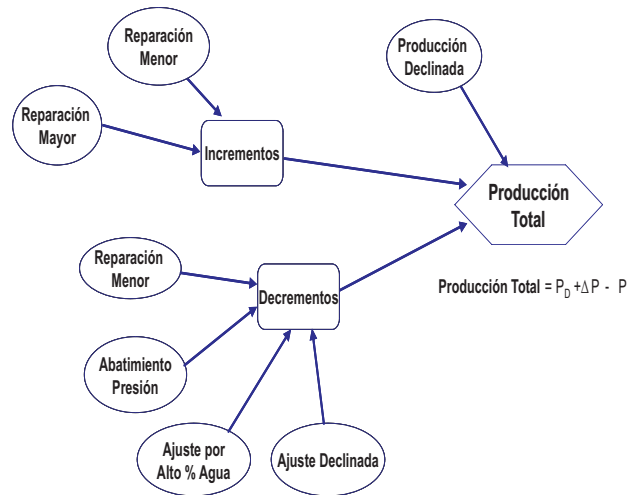
Para modelar las variables inciertas y visualizar como se relacionan entre sí y con los demás elementos dentro del proyecto, puede utilizar un diagrama de influencia o un mapa de

conocimiento (Ley Borrás 1996) (Clement 1995). 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 1995). En este diagrama el nodo de valor o función objetivo está representado por un hexágono, las variables inciertas de la situación a través de óvalos, y las variables determinísticas están representadas por medio de cuadros con puntas redondeadas. Un ejemplo de diagrama de influencia típico realizado para identificar las variables inciertas existentes dentro de un proceso de planeación de producción de petróleo crudo se presenta en la Figura 9.

11.- Árbol de Decisión: una herramienta integradora que permite visualizar la totalidad de escenarios (combinación de alternativas y eventos inciertos), es el árbol de decisión. Esta es la manera mas explícita de representar la información o conocimiento que se tiene sobre una situación de decisión (Ley Borrás 1996).

Los árboles de decisión utilizan símbolos para representar a las decisiones e incertidumbres, iguales a los usados en el diagrama de influencia. Para el estudio de monoboayas, se presenta en la Figura 10 parte del árbol de decisión, donde se modela una de las variables inciertas.

Figura 9. Diagrama de influencia para el proceso de planeación de producción petrolera

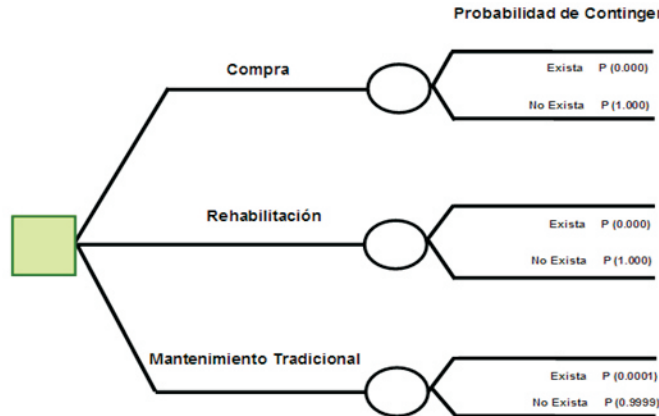


Fuente: Elaboración propia.

Los árboles de decisión pueden utilizarse para modelar situaciones poco complejas como la que se mostró en la Figura 10 o pueden utilizarse en aplicaciones realmente complejas, como el árbol que se generó para optimizar servicios e

instalaciones en Carnegie Mellon University (Groosmann 2006) y que se presenta en la Figura 11. Puede obtenerse mayor información referente a las aplicaciones de los árboles de decisión en (Clement 1995) (Morales Reyes et al 2005).

Figura 10. Árbol de decisión para el estudio de operación de monoboyas.

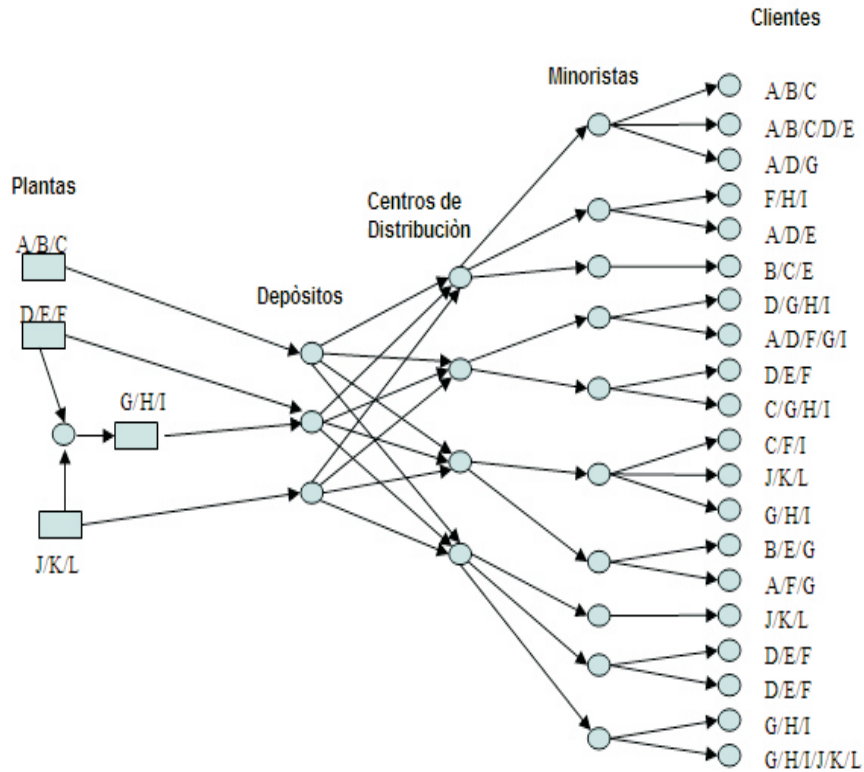


Fuente: Elaboración propia.

12.- 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 genere la base para tomar una decisión. De cada modelo se desprenden 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).

Figura 11. Árbol de decisión para optimización de servicios e instalaciones.



Fuente: Grossman, 2006

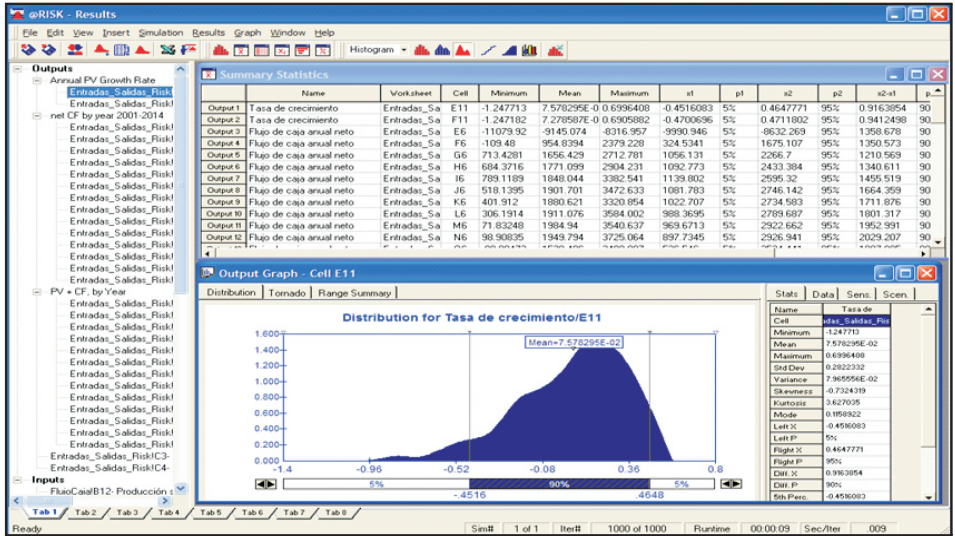
13.- Simulación Financiera: como en los modelos económicos existen variables inciertas, los resultados deben obtenerse a través de un proceso de solución probabilístico. Si se manejan distribuciones de probabilidad discretas, puede utilizarse el método de valor esperado utilizando árboles de decisión, 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

(Palisade Corporation 2001). En el caso de evaluaciones de factibilidad económica el indicador que se genera típicamente es un VPN Probabilístico (además de todos los parámetros estadísticos del proceso, como son la media, la mediana, la moda, la curtosis de la distribución, y los percentiles, entre otros). La Figura 12 muestra una pantalla de resultados producto de una corrida de simulación financiera utilizando el programa @Risk de Palisade, Corp.

En este punto de la metodología ya se tiene una base para tomar decisiones considerando todas las implicaciones técnicas, económicas y de riesgo existentes alrededor de la situación. Los siguientes pasos son elementos que generan valor agregado al estudio y le darán mayor claridad al decisor respecto a las decisiones que tome.

Figura 12. Pantalla de resultados de una corrida de simulación financiera utilizando el programa @Risk.



Fuente: Elaboración propia.

14.- Análisis de Sensibilidad Probabilística:

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 variable de interés. Por otro lado, el análisis de sensibilidad probabilístico tiene la misión de identificar únicamente dentro de las variables inciertas, aquellas que tienen el mayor impacto en los resultados.

Para realizar ambos tipos de análisis de sensibilidad existen varios programas de computo de los cuales se puede auxiliar el analista, entre los cuales se pueden mencionar Top Rank, DPL, Cristal Ball y @Risk.

15.- Plan de Implementación de Estrategias:

todo el trabajo de análisis y esfuerzo realizado por todos los participantes durante el proceso descrito anteriormente será en vano si no se

realiza un programa de acciones orientado a impulsar las iniciativas generadas. Este programa debe ser respaldado por la autoridad de la empresa y coordinado por los analistas que participaron en el estudio.

De igual forma, para dar seguimiento al comportamiento de los indicadores de eficiencia, se debe diseñar un tablero de indicadores de desempeño que establezca parámetros de comparación para determinar en que momento se esta operando de manera eficiente y en que momento se tienen que implementar nuevamente acciones de mejora.

CONCLUSIONES

En todas las grandes empresas siempre existe gente con muchos años de experiencia que intuitivamente perciben campos donde existen problemas y pueden detectar áreas de oportunidad sin necesidad de aplicar ninguna técnica. Esta situación puede ser favorable si esas personas comparten su conocimiento y respaldan técnicamente sus iniciativas, sin embargo, en los actuales tiempos las empresas no pueden depender de la suerte o la intuición de sus especialistas para generar iniciativas que permitan mantener la competitividad a sus

firmas, requieren técnicos especializados que con metodologías y tecnologías probadas pongan en evidencia nichos de mercado y áreas de oportunidad que le permitan a la empresa crecer y optimizar el uso de sus recursos.

Con la aplicación de la metodología descrita en este trabajo se lograron generar iniciativas cuyos beneficios económicos pueden llegar a superar los 30 millones de pesos anuales a la industria petrolera de nuestro país.

La metodología fue presentada con aplicaciones variadas en cada herramienta que se describió para ejemplificar la flexibilidad para modelar y adaptarse a situaciones de decisión de diferente naturaleza, sin embargo, se recomienda seguir la estructura planteada, lo cual no implica que todas las herramientas deban aplicarse, por supuesto, pueden existir situaciones que no requieran una o dos aplicaciones y no con ello se puede considerar que la metodología este incompleta.

El éxito de los resultados en aplicaciones futuras basadas en este trabajo dependerá de la habilidad de los analistas para capturar el conocimiento y generar iniciativas valiosas a la organización, así como del apoyo de la Gerencia para implementar las estrategias de respuesta creadas para optimizar las operaciones y lograr el objetivo final de toda empresa: reducir sus costos y reflejarlo en utilidades.

BIBLIOGRAFÍA

⊕ Baca, G. (1994) "Evaluación de Proyectos, Análisis y Administración del Riesgo" Editorial Mc Graw Hill, México.

⊕ Canada, J. (1977) "Técnicas de Análisis Económico para Administradores e Ingenieros" Editorial Diana, México.

⊕ Clement, R. (1955) "Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis" Duxbury Press. Second Edition.

⊕ Coss Bu. (1986) "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión" Editorial Limusa, México.

⊕ Chou Ya-Lun. (1977) "Análisis Estadístico". Editorial Interamericana. Segunda Edición.

⊕ Feigenbaum, A. (1992) "Control Total de Calidad". Editorial CECOSA. México.

⊕ Groossmann, I. (2006) "Material del Taller de Programación No Lineal y No Lineal Mixta Entera". Instituto Mexicano del Petróleo.

⊕ Howard, R. (1988) "Decision Analysis: Practice and Promise". Management Science, Vol. 34, No 6.

⊕ Instituto Mexicano del Petróleo, (2006) "Instructivo de Trabajo para el Cálculo de Precios de Transferencias y Costos de Producción". Sistema Institucional de Calidad.

⊕ Ishikawa, K. (1986) "¿Qué es el Control Total de Calidad?". Grupo Editorial Norma.

⊕ Keeney, R.(1992) "Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making" Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

⊕ Ley, R.(2001) "Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones" Comunidad Morelos. México.

⊕ Ley, R. (1996) "Representación del Conocimiento en Análisis de Decisiones". UPIICSA, IPN, Vol II No. 9, pp 2-8.

⊕ Morales, G. et al. (2005) "Análisis de Decisiones. Caso: el Impacto de la Incertidumbre en la Factibilidad Económica para la Recuperación de Plataformas Marinas". Ingeniería Petrolera. Pp 17-27.

⊕ Morales, G. et al. (2001) "Aplicación de un Árbol de Medio y Metas al Proceso de Validación de una Compañía Farmacéutica" UPIICSA, IPN Vol IV, No.26, pp 19-25.

⊕ Padilla, S. (2003) "Diseño y Cálculo de Costos de Producción por el Sistema de Costeo ABC, así como sus Mecanismos de Evaluación mediante el Uso de EVA: Un Caso de la Industria Petrolera". Tesis de Licenciatura en Contaduría. Universidad del Mayab. Mérida, Yucatán.

⊕ Palisade Corporation.(2001) "Guía para el uso de @Risk, Programa Auxiliar para el Análisis y Simulación de Riesgo en Microsoft Excel". Versión 4.5. México.

Recibido: 05/10/07
Aceptado: 11/10/07