

Evaluación de alternativas QFD con resultados inciertos por medio de análisis de decisiones.

Leopoldo Viveros Rosas[#], Marco Ivan Rivera Bazan[#]; Rebeca Díaz Téllez[#],
Mario Luis Chew Hernández[#] y José Roberto Pérez Torres[#].

[#] TECNm – TESCO, Av. 16 de septiembre 54, Coacalco, Estado de México, México.
leopoldo@tesco.edu.mx, marco_mct@tesco.edu.mx, rebeca.sub.a@tesco.edu.mx,
mario@tesco.edu.mx, jose.roberto@tesco.edu.mx

Resumen- En este trabajo se presenta la aplicación del análisis de decisiones para dar claridad de acción cuando se presenta incertidumbre en la selección de alternativas referentes al material utilizado para la producción de un herramienta utilizado en la fabricación de pirotécnica. Se aplica el despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment - QFD) para transformar las verbalizaciones del cliente en variables de ingeniería y se establecen los criterios necesarios para la definición de eventos inciertos. Posteriormente se aplica análisis de decisiones para la ganancia esperada por cada material y para la utilidad subjetiva esperada. El modelo planteado permite al decisor, con ayuda del analista, modificar los valores de entrada permitiendo así la adecuación a diversos problemas similares.

Palabras Clave- Análisis de Decisiones, Incertidumbre, QFD, Utilidad Subjetiva Esperada.

Abstract- This work presents the application of decision analysis to give clarity of action when uncertainty arises in the selection of alternatives regarding the material used for the production of a tooling used in the manufacture of pyrotechnics. The Quality Function Deployment (QFD) is applied to transform the client's verbalizations into engineering variables and the necessary criteria are established for the definition of uncertain events. Later, decision analysis is applied for the expected profit for each material and for the expected subjective utility. The proposed model allows the decision maker, with the help of the analyst, to modify the input values, thus allowing adaptation to various similar problems.

Keywords- Decision Analysis, Expected Subjective Utility QFD, Uncertainty.

Mathematical Subject Classification: 90C70.

I. INTRODUCCIÓN

El despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment) QFD, por sus siglas en inglés; es una metodología de planeación que introduce el control de calidad en la etapa del diseño y/o desarrollo de un producto o servicio; es un mecanismo formal para asegurar que la “voz del consumidor” sea escuchada y tomada en cuenta en todas las etapas del desarrollo del producto o servicio [1]. El QFD es un sistema estructurado que permite identificar necesidades y expectativas de los clientes, comúnmente llamada “escuchar la voz del cliente” y traducirlos al lenguaje de ingeniería ayudando de esta manera a determinar los requisitos críticos de diseño para lograr la satisfacción del cliente [2]. Por otra parte, el Análisis de Decisiones consiste en herramientas y modelos para mejorar la toma de decisiones; tiene un especial uso cuando las decisiones múltiples objetivos en conflictos y cuando las consecuencias o resultados son inciertos o presentan incertidumbre [3]. En este trabajo se presenta una aproximación de la introducción de herramientas de análisis de decisiones al QFD; en particular se introduce los árboles

bayesianos de decisión y el análisis de preferencias a la evaluación de alternativas de diseño.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En [4] se presenta una revisión analítica de la literatura sobre artículo publicados referentes a QFD difuso (FQFD) entre 2000 y 2011, llegando a las siguientes conclusiones: La mayoría de los estudios se centraron en métodos cuantitativos para lograr la fase 1 de QFD o casa de la calidad; las técnicas más empleadas son métodos de toma de decisiones de multicriterio. Aunque el propósito principal de usar QFD era el desarrollo de productos, otros factores como el análisis de riesgo y competitividad deben considerarse en el proceso de desarrollo del producto.

Además [5] presentan una metodología para determinar la función de transferencia en la herramienta de la casa de calidad del método de implementación de funciones de calidad. La función de transferencia relaciona las características del producto con los requisitos del cliente sobre el producto.

En [6] mencionan que el diseño es un tema interdisciplinario, por lo tanto, el proceso de diseño tiene una cierta complejidad, su trabajo muestra la combinación de EGM (método de la cuadrícula para evaluación) y QFD difuso; el EGM es utilizado para analizar los requisitos del cliente y los elementos de diseño, para que con el proceso analítico jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) se calculen los valores de peso de los requisitos del cliente y por último se establece la matriz de relaciones difusa entre los requisitos del cliente y los elementos de diseño.

Por su parte [7] por medio de un experimento ortogonal virtual proponen un método para incorporar en análisis de sensibilidad en el QFD, por medio de un software integrado crean un entorno en el que los parámetros de diseño se asignan con diferentes valores y las acciones correspondientes se supervisan en tiempo real.

Además [8] proponen un modelo de despliegue de funciones de calidad en dos etapas para identificar las tecnologías centrales desde una perspectiva basada en la demanda; después de obtener las necesidades del cliente, se utiliza el análisis de clúster para recopilar temas tecnológicos. Posteriormente construyen la matriz de relación entre temas tecnológicos y códigos manuales primarios. Finalmente, los códigos manuales secundarios se pueden calcular mediante la información de patentes en la base de datos de patentes de Derwent.

Por su parte [9] menciona la importancia que tiene el QFD como herramienta sistemática para traducir los requisitos del cliente (CR) en características de ingeniería factibles (CIF) de

un producto. En su trabajo se aplica la teoría de la incertidumbre al QFD, y presenta un método de valor esperado para obtener la importancia de las CIF y clasificar las entradas lingüísticas como variables inciertas; finalmente, propone ejemplo de mejora de la cámara digital donde los resultados experimentales se comparan con la situación que ignora las correlaciones entre las CIF.

Por otro lado [10] se muestra un estudio de la combinación de QFD y el método TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). Se desarrolla y se demuestra un marco estructural para modificar el proceso de diseño del servicio en tres fases diferentes de resolución de problemas.

También en [11] implementan un modelo de diseño innovador basado en QFD y TRIZ, donde en primer lugar, los requisitos del cliente son analizados por la Casa de la Calidad, posteriormente se identifican los problemas que deben resolverse en el diseño.

Por otro lado [12] propone una técnica de toma de decisiones grupales (GDM) integrada basada en el modelo lingüístico de duplas, el despliegue de la función de calidad (QFD) y el método de la técnica para el rendimiento de pedidos por similitud con la solución ideal (TOPSIS).

También [13] formulan la selección del proveedor de servicios de logística inversa como un problema de toma de decisiones de criterios múltiples y desarrollan una metodología para seleccionar el mejor proveedor de servicios de logística inversa para la empresa de fabricación de piezas de moldeo por inyección utilizando la técnica de preferencia de pedido por similitud con la solución ideal (TOPSIS) e integrándolo con la implementación de la función de calidad (QFD).

A su vez [14] dice que la calidad, el costo y el tiempo de desarrollo de productos tienen un impacto directo en la productividad, en la participación del mercado y en la rentabilidad de la empresa. A medida que los usuarios alcanzan mayor conciencia sobre sus deseos, es necesario mayor nivel de calidad y una respuesta en el tiempo más rápida.

III. PROBLEMA

El cohete es un artefacto pirotécnico detonante, de forma cilíndrica y de fabricación artesanal, hecha a base de pólvora negra colorada, confinada, en tubo de cartón y envuelta en papel. Su diámetro varía de 1 a 3 centímetros y su longitud es de 6 a 15 cm.

Actualmente en la industria de la pirotecnia de la región de Tultepec, Estado de México; específicamente en la elaboración de cohete, un gran porcentaje se elabora de manera artesanal. Cabe mencionar que aproximadamente el 70% de la pirotecnia toma como base principal el cohete. Por lo general la aguja

es la que sufre mayor desgaste y es este elemento que con mayor frecuencia es cambiado por uno nuevo.

A continuación, se describen los pasos para la elaboración del cohete.

Paso 1. Colocar tubos de cartón de arranque 8.2¹.

Paso 2. Colocar placa que mantiene alineados los tubos de cartón y además ayuda para la dosificación de la arcilla como también de la pólvora (mezcla).

Paso 3. Colocar placa de nylamid² con los barrenos desalineados para dosificar la arcilla.

Paso 4. Llenar barrenos con arcilla (Barro) al ras de la placa.

Paso 5. Alinear las 2 placas de nylamid permitiendo que la arcilla caiga dentro de los tubos de arranque 8.2.

Paso 6. Comprimir la arcilla (Barro) ya dosificada.

Paso 7. Una vez que la pólvora comprimida ha llegado al nivel requerido se procede a utilizar la placa de nylamid con los amacizadores.

Del paso 2 al paso 7 se repite un promedio de 14 veces hasta que se tiene el nivel deseado de pólvora.

Paso 8. Dosificar la tapadura (mezcla con un poco de agua) al ras.

Paso 9. Comprimir la tapadura.

Paso 10. Botar el arranque de cohete 8.2 ya terminado.

La Fig. 1 se muestra el producto terminado.



Fig. 1. Arranque de cohete 8.2 totalmente terminado.

[El proceso de compresión de mezcla se hace en un dispositivo hidráulico que realiza doce compresiones simultáneas; en la Fig. 2 se muestra la parte A y B del dispositivo que sufre desgaste por fricción]

¹ Los tubos de arranque 8.2 son mencionados de esa forma por el productor.

² Familia de las Poliamidas (PA) Nylon.



Fig. 2. Piezas que sufren desgaste por fricción.

Actualmente la aguja, el amacizador y el taquéador se producen de latón o acero inoxidable. Con el de latón se producen aproximadamente 100 gruesas antes de tener que cambiar y con acero inoxidable 300 gruesas³.

IV. DESARROLLO

QFD

De las verbalizaciones con el cliente y la aplicación de herramientas de QFD para dar claridad a la voz del cliente, se deduce que lo que se busca es que la aguja, el amacizador y el taquéador para el proceso de compactación en la elaboración de arranque 8.2, tenga una durabilidad mayor. Como el productor maquina sus propias herramientas las características verbalizadas para el material de requerimiento son:

- Resistencia al descarbonizado.
- Resistencia al agrietamiento.
- Dureza HRC entre 40 y 50.
- Maquinable.
- Tenacidad alta.
- Resistencia al ablandamiento.
- Resistencia al desgaste.

En la Tabla 1 se muestran algunas características muy útiles que fueron el reflejo de las verbalizaciones del cliente.

Tabla 1. ALTERNATIVAS DE ACERO

Característica	Alternativa 1 (A1)	Alternativa 2 (D2)	Alternativa 3 (M2)
Resistencia al descarbonizado	Media	Media	La más alta
Resistencia al agrietamiento	La más alta	La más alta	Media
Dureza aproximada (HRC)	60 – 62	54 – 61	62 – 65
Maquinabilidad	Alta	Baja	La mas alta

Tenacidad	Muy alta	Media	Media
Resistencia al ablandamiento	Alta	Alta	Baja
Resistencia al desgaste	Media	Media	Alta

De acuerdo con la entrevista con el cliente, la importancia de los requerimientos se pondera como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. PONDERACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Requerimientos del cliente	Peso / Importancia	Peso Relativo
Bajo costo	10	23.8
Dureza	7	16.7
Ligero	8	19
No produzca tanta chispa	8	19
La punta dure	9	21.4

La Fig. 3 muestra la “casa de la calidad” desarrollada para la selección entre las alternativas de materiales.

Se puede identificar que de acuerdo con las relaciones quedarían de la siguiente manera las prioridades para fabricar el herramental:

1. Buen material: 24.3%, Tener un buen material es lo que se busca principalmente por el cliente, dado que, si el costo del material no es elevado, sea ligero y la punta dure, entonces podrá cumplir con los requisitos del cliente

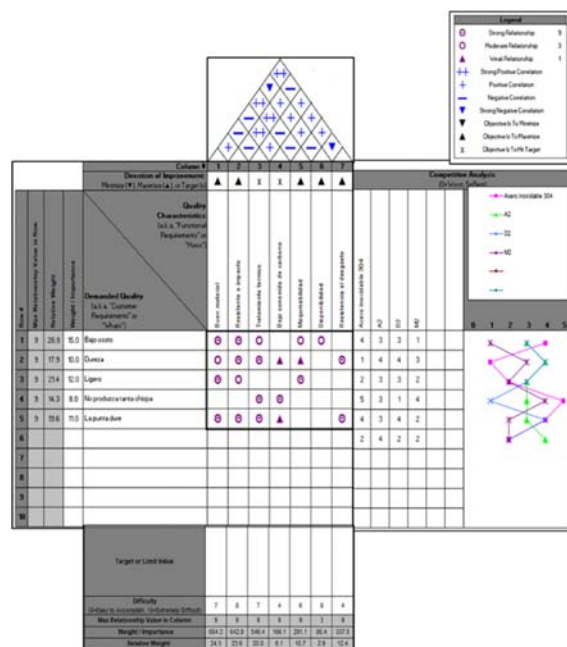


Fig. 3. Casa de la calidad para la selección de materiales.

2. Resistencia al impacto: 23.6%, la punta de la herramienta debe resistir varios impactos consecutivos.

³ Una gruesa son 12 docenas.

3. Tratamiento térmico: 20%, si se realiza el tratamiento térmico adecuadamente se puede alcanzar las durezas propuestas por el fabricante.

4. Resistencia al desgaste: 12.4%, el material no debe desgastarse tan rápido, en especial la punta de la herramienta que es la que se encuentra en trabajo constante y es una de las problemáticas del cliente.

5. Maquinabilidad: 10.7%, debe ser de fácil maquinabilidad, ya que mientras más difícil sea, se necesitarían herramientas de corte más caras y elevaría el costo de la herramienta, siendo esto un problema para el cliente.

6. Bajo contenido de carbono: 6.1%, la ausencia de carbono en un material que produce que un material no tenga tanta dureza y en este caso no produzca chispa.

7. Disponibilidad: 2.9%, la disponibilidad dado que los materiales son comunes, tardan en promedio de 1 -2 días hábiles.

Se puede observar que los tres aceros que se manejan (A2, D2 y M2) tienen muy buenas propiedades mecánicas, pero el A2 mantiene características mecánicas que lo destacan. En la resistencia al impacto, realizada con una prueba de impacto de Entalla Charpy C, tiene una resistencia al impacto de 40 ft-lb, respecto a los 21 ft-lb y a los 20 ft-lb del D2 y M2 respectivamente. Por otro lado, una característica mecánica es la tenacidad, es la energía de deformación total que es capaz de absorber o acumular un material antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto, por acumulación de dislocaciones, de acuerdo con el fabricante de Aceros SISA, su tenacidad del A2 es mayor que a D2 y M2; esto es una gran ventaja ya que el material está en constante esfuerzo y hará que la punta sea capaz de soportar repetitivos golpes y se traduce en que la punta del material no se desgastará tan fácil. En cuanto al precio el del A2 y D2 son los mismos, aproximadamente de 7.35 USD/ kg, contra los 20.50 USD/kg del M2 que lo pone en desventaja porque casi es tres veces el precio de sus competidores.

ANÁLISIS A PRIORI

Para la selección del material adecuado para la fabricación de la aguja, el amacizador y el taqueador se desean considerar eventos inciertos para lo cual se desarrolla el diagrama de árbol que se muestra en la Fig. 4, donde los cuadrados representan las alternativas y las circunferencias los eventos inciertos.

Donde los eventos de exitoso y no exitoso para cada característica de calidad se define como sigue.

Tenacidad

- Exitoso: resistencia al impacto por prueba de impacto Entalla Charpy C, mayor a 35 ft. -lb. ó 50 (J).

- No exitoso: resistencia al impacto por prueba de impacto Entalla Charpy C, menor a 35 ft. -lb. ó 50 (J).

Durabilidad

- Exitoso: mayor o igual a 300 gruesas.

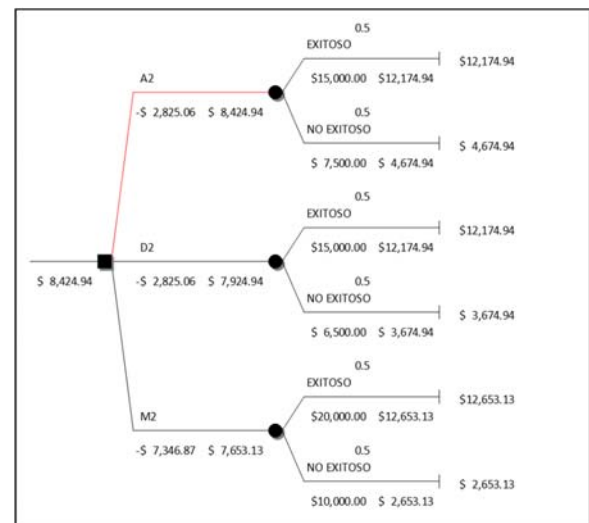


Fig. 4. Árbol de decisión preliminar.

- No Exitoso: menor a 300 gruesas.

Dureza HRC

- Exitoso: mayor o igual a 60.

- No exitoso: Menor a 60.

Costo

- Exitoso: Costo – Beneficio mayor al actual.

- No exitoso: Costo – Beneficio menor al actual.

Disponibilidad

- Exitoso: Tiempo de adquisición menos de un mes.

- No exitoso: Más de un mes.

Para el árbol de decisión preliminar, se considera una probabilidad 0.50 – 0.50 para el resultado del evento incierto Exitoso – No exitoso.

Con estos datos la mejor alternativa es seleccionar el material A2 con una ganancia esperada de \$8424.94⁴.

ANÁLISIS POSTERIORI

Para el análisis posteriori se recomienda desarrollar un experimento con cada uno de los materiales, para considerar un evento exitoso, el resultado del experimento debe estar por lo menos en el límite inferior de las características menos - mejor y por arriba del límite superior de las características más - mejor. Es decir, debe cumplir como mínimo⁵.

- Tenacidad - resistencia al impacto por prueba de impacto Entalla Chaspy C, mayor a 35 ft. -lb. ó 50 (J).

- Durabilidad - mayor o igual a 300 gruesas.

- Dureza HRC - mayor o igual a 60.

- Disponibilidad - Tiempo de adquisición menos de un mes.

Considerando una eficiencia de la prueba de 90% cuando determina que el material será exitoso y un 80% cuando determina que el material no será exitoso.

En la Fig. 5 se muestra el árbol de probabilidades para actualizar la información con el teorema de Bayes.

⁴ Los costos por herramienta y los beneficios son proporcionados por el productor de la localidad.

⁵ La característica de costo beneficio se evalúa en el árbol.

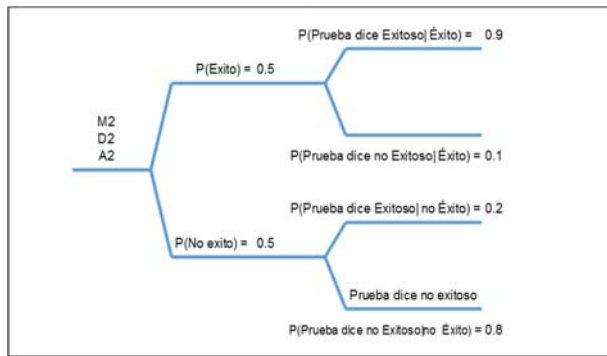


Fig. 5. Árbol para teorema de Bayes.

Es importante resaltar que para el modelo que se plantea se utiliza la misma probabilidad para cada uno de los materiales, esto puede no ser así. El modelo permite el cambio de estas probabilidades. Con la información posteriori se realizan los árboles de decisión que se muestra en las 6, 7 y 8.

Del árbol de la Fig. 6 se observa que la ganancia esperada si se prueba el material A2 es de \$8,512.44, donde el plan de acción dependerá del resultado de la prueba. Si la prueba dice que el material será exitoso, se seleccionará el material A2. Si la prueba indica que el material no será exitoso, se seleccionará el material D2.

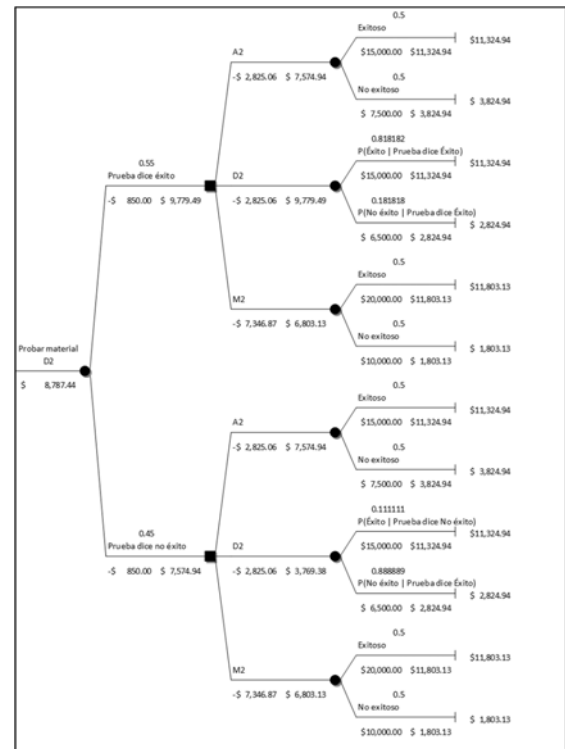


Fig. 7. Árbol posteriori – Prueba material D2.

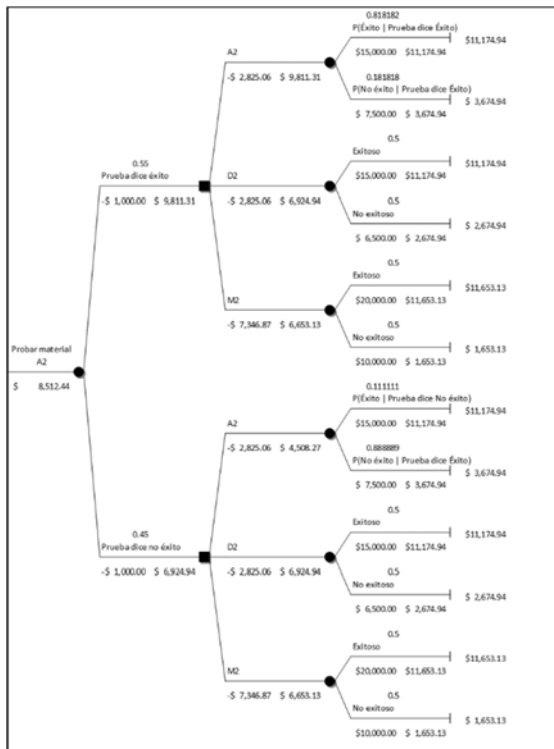


Fig. 6. Árbol posteriori – Prueba material A2.

Por otro lado, si el material que se prueba es el D2, Fig. 7, la ganancia esperada es de \$8,787.44 y el plan de acción es; si la prueba dice que el material será exitoso, se seleccionará el material D2. Si la prueba indica que el material no será exitoso, se seleccionará el material A2.

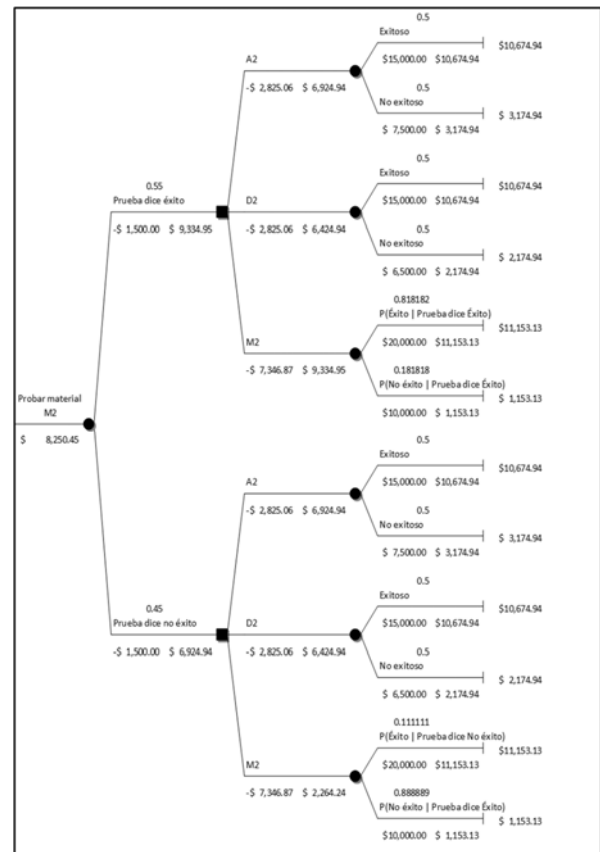


Fig. 8. Árbol posteriori – Prueba material M2

Por último, si el material que se prueba es M2, de la Fig. 9 se observa que la ganancia esperada es de \$8,250.45. Si la prueba del material indica que será exitoso se debe seleccionar el material M2; si la prueba indica que el material no será exitoso se seleccionará el material A2.

UTILIDAD SUBJETIVA ESPERADA

Se construye un modelo SUE (Utilidad Subjetiva Esperada) estableciendo los prospectos de alternativas que se muestran en la Tabla 3.

Considerando que la decisión arriesgada se puede entender como una apuesta entre distintas loterías [15]. Es decir, una persona racional preferirá, en primer lugar, aquella lotería que le dé el mayor premio; en segundo lugar, una persona racional será indiferente entre una lotería cuyos únicos premios sean ganar (G) o perder (P) y alguna lotería que ofrezca un premio intermedio entre G y P.

Tabla 3. CLASIFICACIÓN DE PROSPECTOS DE ALTERNATIVAS

Número	Prospecto	Clave
1	Material A2 – Exitoso	A2E
2	Material A2 - No exitoso	A2NE
3	Material D2 – Exitoso	D2E
4	Material D2 - No exitoso	D2NE
5	Material M2 – Exitoso	M2E
6	Material M2 - No exitoso	M2NE

Para transformar información con que se cuenta en este contexto de incertidumbre en una distribución a priori de probabilidades subjetivas, el decisor ha de elegir de manera consistente entre distintas alternativas presentes en una serie de problemas hipotéticos sencillos de resolver. Se generan loterías posibles como variables aleatorias descritas como un par

$$I = (x, p) \quad (1)$$

en el que el vector

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

especifica los pagos posibles, y el vector

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (3)$$

Indica las probabilidades con que se reciben dichos pagos posibles. En las Fig. 9, 10, 11 y 12 se muestran las loterías planteadas.

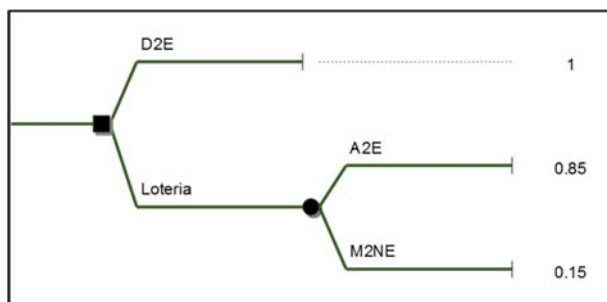


Fig. 9. Lotería de indiferencia para el prospecto D2E.

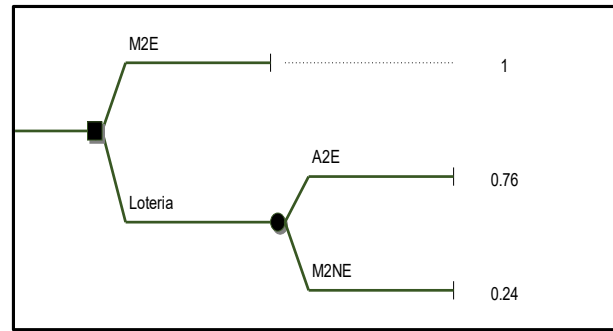


Fig. 10. Lotería de indiferencia para el prospecto M2E.

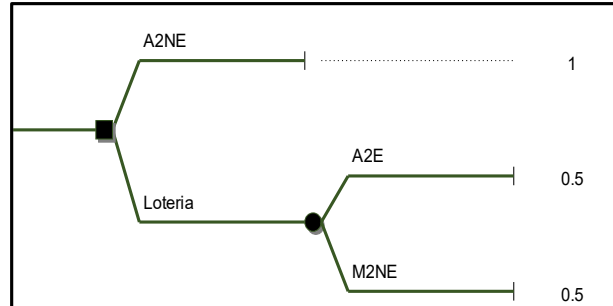


Fig. 11. Lotería de indiferencia para el prospecto A2NE.

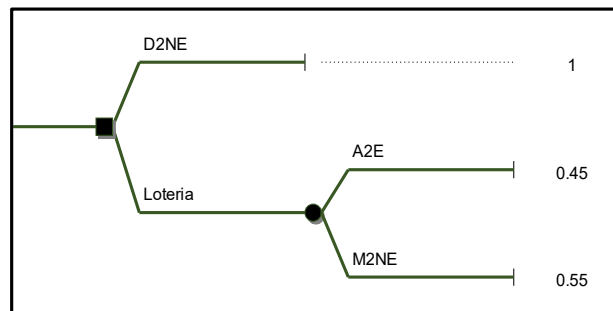


Fig. 12. Lotería de indiferencia para el prospecto D2NE.

Con los resultados de las loterías generadas se formula el árbol de la Fig. 13 en la que se puede observar que cada alternativa A2, D2, M2; cuentan únicamente con dos prospectos (Mejor, Peor) con lo que se calculan las probabilidades de preferencia de cada prospecto para cada alternativa.

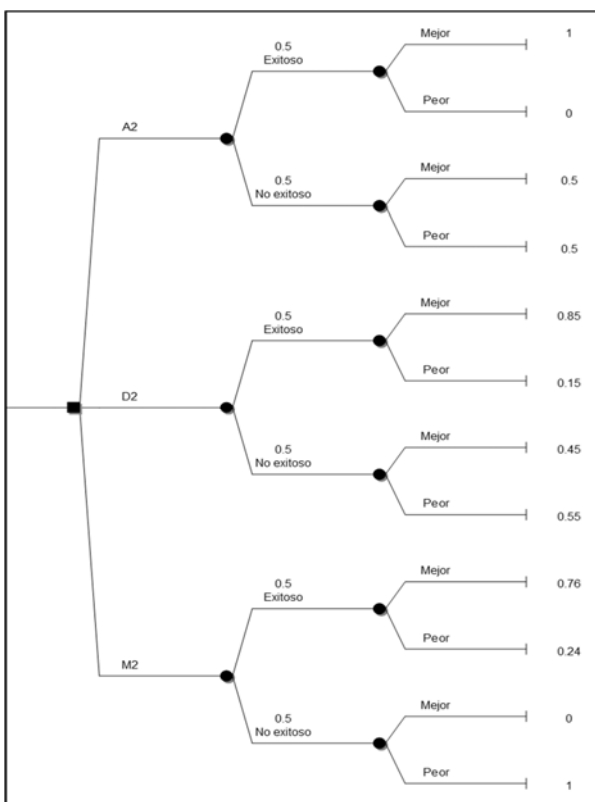


Fig. 13. Árbol de decisión con valores de certeza.

$$\begin{aligned}
 A2 - PEOR &= (0.5 * 0) + (0.5 * 0.5) = 0.25 \\
 D2 - MEJOR &= (0.5 * 0.85) + (0.5 * 0.45) = 0.65 \\
 D2 - PEOR &= (0.5 * 0.15) + (0.5 * 0.55) = 0.35 \\
 MA2 - MEJOR &= (0.5 * 1) + (0.5 * 0.5) = 0.75 \\
 2 - MEJOR &= (0.5 * 0.76) + (0.5 * 0) = 0.38 \\
 M2 - PEOR &= (0.5 * 0.24) + (0.5 * 1) = 0.62
 \end{aligned}$$

En la Fig. 14 se muestra la representación de las alternativas como probabilidades del mejor prospecto.

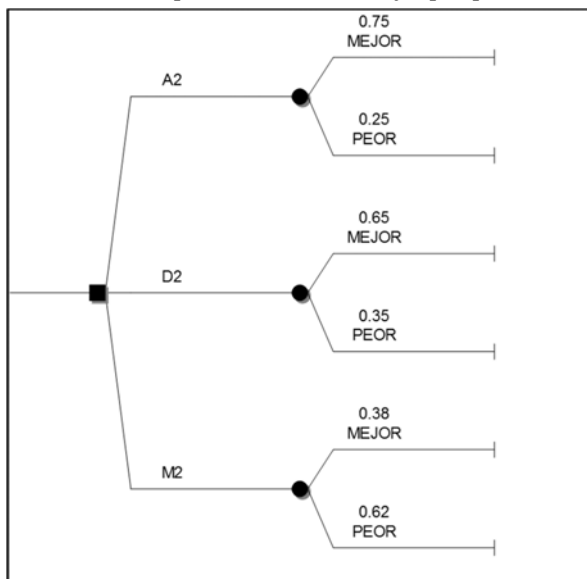


Fig. 14. Alternativas como probabilidades del mejor prospecto.

En la Fig. 14, se puede observar que las alternativas A2, D2 y M2 producen probabilidades de preferencia de 0.75, 0.65 y 0.38, respectivamente sobre el mejor resultado de cada prospecto. Considerando estas probabilidades como utilidad subjetiva esperada se construye el árbol de decisión de la Fig. 15.

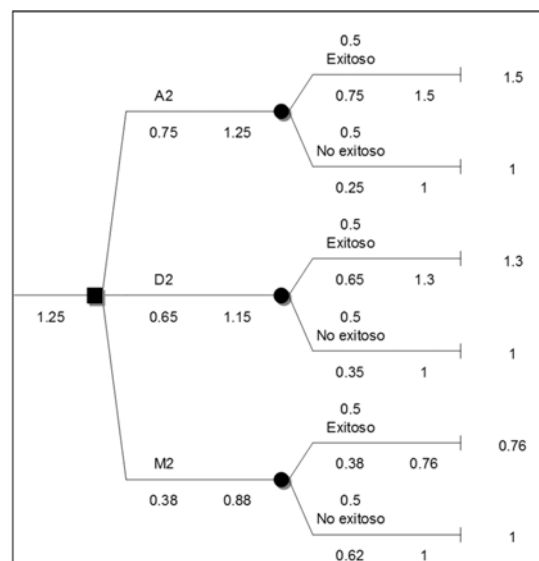


Fig. 15. Árbol de decisión utilizando preferencias como unidad de medida.

V. CONCLUSIONES

Utilizando el despliegue de la función de calidad se generan las alternativas para la selección de material para la producción de arrancadores en pirotecnia en para un taller de la localidad. Esas alternativas son A2, D2 y M2; para las cuales se dan especificaciones de funcionamiento y poder determinar si la selección de material dará un producto exitoso o no exitoso.

Con el árbol de decisión de la Fig. 8 se observa que la mejor selección de material es D2, con una ganancia esperada de \$8,787.44.

Se observa que el mayor valor esperado se tiene cuando se prueba el material A2 y resulta que es exitoso, se tiene una ganancia de \$9,811.31. Pero si resulta que el material no es exitoso se tendrá una ganancia de \$6,924.94; que es la menor ganancia esperada, misma que se obtiene si se selecciona el material D2.

Por otro lado, si se selecciona el material D2, y resulta que no es exitoso el material la ganancia mínima esperada es \$7574.94; que es la mayor de las ganancias esperadas.

Con lo que se refiere al análisis de preferencias, del árbol de la Fig.15, se puede observar que, según las preferencias del decisor, el material a seleccionar es el A2.

Con este trabajo se demuestra que es posible aplicar análisis de decisiones a la selección de alternativas que planeta el QFD.

Estas decisiones pueden ser en base a valores monetarios de cada alternativa o a preferencias del decisor.

Aun cuando los datos utilizados en el modelo presentado son el resultado de un decisor en particular, el modelo queda planteado para que pueda ser utilizado en situaciones que requieran claridad de acción en la selección de diseño de procesos o servicios; en particular para alternativas que sean planteadas por el despliegue de la función de calidad.

REFERENCIAS

- [1] Mireles-Muñoz, R.: *Implementación del despliegue de la función de calidad (QFD)*, 1st ed., UAEH, Ed. Hidalgo, México: (UAEH, 2007).
- [2] Pastor-Sanmillán, A.: *Aplicación de las técnicas despliegue de la función de calidad (QFD) y proceso analítico jerárquico (AHP) a la mejora de la calidad de la formación de posgrad: Tecnología, Ciencia y Educación CEF*, vol. 1, no. 5, pp. 11 - 36, (México, 2016).
- [3] Ward, E., Miles, R-F and Winterfeldt, D.F.: *Advances in decision analysis from foundations to applications*. New York, USA: Cambridge University Press, (USA, 2007).
- [4] Abdolshah, M. and Moradi, M.: *Fuzzy Quality Function Deployment: An Analytical Literature Review*: Journal of Industrial Engineering, vol. 2013, pp. 1 - 11, (USA, 2013).
- [5] Sina, S.S. and Bender, B.: *Model based QFD method with the integrated sensitivity Analysis*, in Conference: IEEE 11th Annual IEEE System Conference, Montreal, pp. 1 - 6. (Canada, 2017).
- [6] Z. Yang, L. Yuchung and W. Minghong L. Shuofang: *Study Methods of Design Elements Based on EGM and Fuzzy QFD*: in International Conference on Engineering Simulation and Intelligent Control (ESAIC), pp. 83 - 86 (Changsha, 2018).
- [7] H. Chen, Z. Yuan and X. Chu L. Zhang: *Product Platform Planning through Sensitivity Analysis and Improved QFD Approach* in International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), pp. 1796 - 1800, (Bangkok, 2018).
- [8] Yingqiao and Hongbin Yan. Xu, *Identifying Core Technologies Based on a Two-Stage QFD Model*, in 10th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, pp. 356 - 360, (USA, 2018).
- [9] L. Ma: *Determining Importance Weights for Engineering Characteristics in QFD Considering the Correlations Under Uncertainties*, in 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communication, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), pp. 2716 - 2721, (Xi'an, 2018).
- [10] F. Tseng: *Integrating Service QFD and TRIZ for a Lucky Draw System Design: The Case Study*, in 2017 IEEE 7th International Symposium on Cloud and Service Computing (SC2), pp. 189 - 193. , (Kanazawa, 2017)
- [11] W. Song, Z. Li and Y. Li. Y. Li.: *Innovative design of water boilers based on QFD and TRIZ*, in 2017 Chinese Automation Congress (CAC) , pp. 3415 - 3418. (Jinan, 2017)
- [12] G. Büyüközkan and D. Uztürk.: *Combined QFD TOPSIS approach with 2-tuple linguistic information for warehouse selection* in 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), pp. 1 - 6., (Naples, 2017)
- [13] V. Jain and S. A. Khan., *Reverse logistics service provider selection: A TOPSIS-QFD approach*, in 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), , pp. 803 - 806, (Bali, 2016).
- [14] Willmer-Escobar, J., Linfati, R., and Adarme-Jaimes, W., : *Gestión de inventarios para distribuidores de productos perecederos*, Ingeniería y desarrollo, vol. 35, no. 1, pp. 219 - 239, Enero - Junio 2017 (Colombia, 2017).
- [15] Aguiar, F.: *Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos*, EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Socia, vol. 1, no. 8, pp. 139 - 160, 2004.