

ACACIA



Academia de Ciencias  
Administrativas A.C.

# XVIII Congreso Internacional de investigación en ciencias administrativas



## Administración, gestión de la innovación y desarrollo sustentable

### Coordinación de Edición:

- Robert Efraín Zárate Cornejo
- Jorge Alfonso Galván León
- Esperanza Manrique Rojas
- Margarita Ramírez Ramírez

Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Contaduría y Administración

Academia de Ciencias Administrativas A.C.



# **ADMINISTRACIÓN, GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**



Libro electrónico del VII Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas

Primera edición: Abril 2014

D.R. © 2014 Robert Efraín Zárte Cornejo, Jorge Alfonso Galván León, Esperanza Manrique Rojas, Margarita Ramírez Ramírez (coordinadores).

D.R. © 2014, Universidad Autónoma de Baja California

Calzada Universidad # 14418, Parque Industrial Internacional Tijuana

C.P. 22390, Tijuana, Baja California, México

[www.uabc.mx](http://www.uabc.mx)

**I.S.B.N. 978-0-9911261-6-3.**



**Capítulo  
XI**

**Ingeniería y Gestión de Sistemas**

**Capítulo 11. Ingeniería y Gestión de Sistemas**

León Vega Cirilo, León Hernández Ciro David, Velázquez Lozada Erick	<a href="#"><u>Desarrollo tecnológico para el sistema satelital mexicano</u></a>
Báez Camarena Alberto Brandon	<a href="#"><u>Un Marco de Referencia para la Auditoría de Sistemas de Información Basados en Web</u></a>
Garnica González Jaime, Mendoza Ramírez Edith, Rivera Gómez Héctor	<a href="#"><u>Análisis de la estimación de la incertidumbre de la prueba de mapeo con técnicas seis sigma. Caso instituto mexicano del petróleo</u></a>
León Vega Cirilo Gabino, Dolores Vázquez Oscar, Iturri Hinojosa Luis Alejandro	<a href="#"><u>Agencia Espacial Mexicana y su Contexto Internacional</u></a>
López Ortega Eugenio, Alcántara Concepción Tamara, Solís González Roberto	<a href="#"><u>Análisis de temas de investigación prioritarios en un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (ClyDT)</u></a>
Vega González Luis Roberto	<a href="#"><u>“Desarrollo de una metodología rápida para evaluación de proyectos de innovación (I&amp;D+i). Caso de una universidad pública mexicana”</u></a>
Garnica González Jaime, Castro Gutiérrez Jorge Víctor, Nicolas Morales Heriberto	<a href="#"><u>Aplicación del análisis FODA y el método AHP en la Selección de alternativas. Caso Instituto de Cancerología México</u></a>
González Rosas Angelina, Reséndiz López Germán, Miranda Gómez Juan Marcelo	<a href="#"><u>Gestión del Mantenimiento Autónomo en una empresa ensambladora de automóviles</u></a>
Guerrero Martínez Ariadne, Paz De La Fuente Fabiola	<a href="#"><u>Influencia de la Cultura Organizacional en la Gestión del Conocimiento</u></a>
De Las Nieves Sánchez Guerrero Gabriel, Piña Sánchez Ramón Arturo, Ávila Ortega Jorge Iván	<a href="#"><u>Diseño metodológico para la realización de foros participativos, en la elaboración del Programa Nacional Hídrico 2013-2018</u></a>

## ANÁLISIS DE LA ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LA PRUEBA DE MAPEO CON TÉCNICAS SEIS SIGMA. CASO INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Edith Mendoza Ramírez<sup>5</sup>  
Héctor Rivera Gómez<sup>6</sup>  
Jaime Garnica González<sup>7</sup>

### Resumen

El presente trabajo consiste en un estudio de caso de investigación de intervención, el cual está enfocado a realizar un análisis para resolver el problema de la estimación de la incertidumbre de la prueba de Mapeo realizada en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel del Instituto Mexicano del Petróleo, IMP. El objetivo principal del estudio es analizar profundamente todas las fuentes de variaciones de la prueba de Mapeo, y con ello detectar áreas de mejora para el desempeño de la misma. Se propone utilizar la metodología de Seis Sigma, la cual ha sido aplicada exitosamente por empresas importantes en diversas áreas. A fin de determinar las variables significativas del proceso, se utilizaron diversas técnicas de Seis Sigma, tales como diagramas de flujo, diagramas causa-efecto, análisis de sistemas de medición basados en el método ANOVA, el método R&R, análisis de la linealidad, graficas de control y habilidad de proceso, además también se aplicó el diseño experimental factorial. Los resultados obtenidos proveen una mejor comprensión acerca de la influencia del deterioro del equipo en la calidad de las mediciones de la prueba de Mapeo. Un caso de estudio y un exhaustivo análisis fueron realizados, los cuales muestran la utilidad de la metodología aplicada y su posible extensión a otras pruebas del IMP.

**Palabras clave:** *Incertidumbre, Seis-Sigma, Control de proceso.*

### Introducción

<sup>5</sup> Docente de La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. hriver06@hotmail.com; jgarnicag@gmail.com

<sup>6</sup> Docente de La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. hriver06@hotmail.com; jgarnicag@gmail.com

<sup>7</sup> Docente de La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. hriver06@hotmail.com; jgarnicag@gmail.com

**E**l Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), es una institución pública que nace el 23 de agosto de 1965 por iniciativa del entonces director general de Pemex, Jesús Reyes Heróles, quien reconoció que la planeación y el desarrollo de la industria petrolera deberían ser congruentes con las necesidades de una economía mixta. Dentro de esta institución se cuenta con diversos laboratorios donde se realizan diferentes tipos de análisis, todos referentes al petróleo y sus derivados. Uno de estos laboratorios es el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores, el cual está dotado de equipos de muestreo y análisis para llevar a cabo tareas relacionadas con pruebas estáticas y dinámicas en vehículos automotores.

Este laboratorio tiene como objetivo el determinar el comportamiento de aditivos, combustibles, dispositivos y sistemas de conversión a carburantes gaseosos, en cuanto a su efecto en emisiones de escape y emisiones evaporativas. (Casas, 2013). Todas las secciones pertenecientes al instituto están regidas con base en la norma mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006, la cual establece que los laboratorios de ensayo deben tener y aplicar procedimientos establecidos para estimar la incertidumbre de medición.

Desde hace años el cálculo de la incertidumbre ha sido una preocupación para científicos y metrologos, realizando una estimación de la misma en varias áreas como la medicina, el combustible, la industria agrícola entre otros. En la literatura varios autores han abordado el tema de la incertidumbre, Vera, y Salas, (2008) en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (IPN), quienes realizaron una investigación sobre el cálculo de la incertidumbre en la medición de parámetros de un péndulo de Foucault, siendo este un caso particular; Delgado, y Hernández; (2009), realizaron una simulación numérica de Monte Carlo (SMC) para calcular la incertidumbre en la determinación de Aflatoxina B1, en una muestra de maní de exportación por Cromatografía Líquida de Alto Desempeño con Detector de Fluorescencia (HPLC FD). Por su parte Theodoros, Liapis, Zannikos y Anastopoulos, (2011), realizan una comparación entre la Guía de Incertidumbre de enfoque de medición (GUM) y el método Monte Carlo. Tomic, Uzorinac, y Babic; (2012), realizaron la investigación donde se hace una estimación de la incertidumbre de

medición de alto rendimiento con el método de cromatografía de líquidos, concluyéndose que el conocimiento de la mediciones no es universal, depende del método y tipo de muestra. Todos estos autores han realizado una estimación de la incertidumbre en diferentes áreas de la ciencia, pero se observa que no se han realizado trabajos enfocados a un laboratorio de emisiones a diésel.

Sin embargo, por lo antes expuesto se identifica la oportunidad de realizar estudios relacionados al análisis de la incertidumbre en ensayos de emisiones por combustiones a diésel, puesto que existe muy poco trabajo referente a este tema.

Para tener un mayor acercamiento al objeto de estudio que son los ensayos de emisiones a diésel en laboratorios, se tienen las siguientes referencias de trabajo: Theodorus, Liapis, y Zannikos, (2013), describen y comparan resultados utilizando tres metodologías estadísticas empíricas (ANOVA clásica, robusta y rango estadístico ANOVA) utilizando datos experimentales de un diseño experimental balanceado, que incluye muestras duplicadas analizadas por la reproducción de 104 objetos de muestreo (estaciones de venta al menor de petróleo); Dirnberger, y Kräling. (2013), calcularon la Incertidumbre en la Medición del módulo PV-Parte I: Calibración de los módulos cristalinos y de capa fina. Este análisis de la incertidumbre abarca el proceso de calibración completa en detalle, incluyendo, las mediciones a las condiciones de prueba estándar, y la terminación de los parámetros del módulo eléctrico. El principal objetivo de estos autores es realizar una estimación de la incertidumbre en el área del diésel sin la utilización de Seis Sigma.

Por otra parte la metodología Seis Sigma se utiliza para realizar estimaciones de la incertidumbre, adoptando un enfoque sistémico total de las mejoras de calidad y de servicio al cliente. Por mencionar algunos se tienen las siguientes referencias: Thomas, Hourd, y Williams (2008) realizaron una aplicación de técnicas de ingeniería de calidad de procesos para mejorar la comprensión de la transformación in vitro de las células madre para uso terapéutico. Otros autores han realizado estimaciones de la incertidumbre en el área del diésel. Broatch, Luján, Ruiz y Olmeda (2008), presentaron una metodología haciendo uso de las técnicas de Seis-Sigma para la medición de las emisiones contaminantes acumuladas durante la fase de arranque de automóviles

motores diésel de inyección directa, con el objetivo de superar esta limitación mediante el aprovechamiento de detectores estándar. Velichko y Gordienko, (2008), estudiaron un caso donde se encuentran las principales fuentes de incertidumbre en el cálculo de las emisiones de contaminantes a la atmósfera; utilizaron un diagrama de Ishikawa causa-efecto, para realizar un análisis cualitativo de los factores de la incertidumbre.

Estos autores mencionan que la complejidad y el volumen de los cálculos necesarios para tal estimación, de conformidad con la GUM, son los requisitos para la expresión de la incertidumbre de medida, la GUM requiere considerable tiempo de laboratorio y recursos con el fin de estimar las emisiones contaminantes. De la literatura se puede observar que como regla general en esta área, no hay especialistas suficientes que posean habilidades y conocimientos necesarios y que estén familiarizados con el concepto de incertidumbre de medición. Por lo tanto, es aconsejable desarrollar e introducir métodos especiales, programas y sistematizar los procesos, a fin de simplificar considerablemente los cálculos de la incertidumbre general y sus componentes en el cálculo de las emisiones contaminantes.

Otros trabajos relacionados con las emisiones son: Bocci, y Rambaldi, (2011) quienes obtienen resultados experimentales de una campaña de medición de emisiones de Hollín para predecir su emisión, sobre la base de datos de un motor simple. El autor hace un modelo basado en el parámetro de la carga del motor que ha sido posible tener un modelo acumulativo de valores muy coincidentes a los determinados experimentalmente. Enweremadu, Peleowo y Rutto, (2013) realizaron una mezcla volumétrica del biodiesel con diésel de petróleo, denominada como D, B20, B50, B75 y B100. El rendimiento del motor y la emisión se midieron y evaluaron, concluyendo que el rendimiento del motor y las emisiones están relacionados con forma a la carga que se le aplica al motor.

Siguiendo con la revisión bibliográfica, se observa que existen algunos artículos relacionados con el estudio de la incertidumbre y la utilización de Seis Sigma. Sin embargo, se identifica una oportunidad en la aplicación en el análisis de emisiones a

diésel en los laboratorios de ensayo del IMP. Adicionalmente, la cuarta sección del laboratorio de emisiones a diésel del IMP tiene la necesidad de mejorar sus procesos de acuerdo a la Norma Mexicana de Acreditación donde se identifica la oportunidad de hacer investigación para realizar la mejora continua de sus laboratorios. En este caso nos enfocamos al laboratorio encargado de realizar pruebas a diésel.

De esta manera el objetivo general del presente trabajo es: obtener un mejor entendimiento acerca del funcionamiento de la prueba de Mapeo y analizar los factores que más impacto tienen, ya sea de forma directa o indirecta en la estimación de la incertidumbre. Igualmente se tiene como objetivo particular:

- 1.- Mejorar los indicadores de desempeño de la prueba y
  - 2.- Aplicar diversas técnicas de seis sigma que faciliten el análisis de los resultados.
- Cabe hacer mención que las limitaciones de esta investigación conllevan a que es un estudio de caso de intervención de tipo holístico, para una sola prueba y su alcance es descriptivo.

El resto de este artículo está estructurado de la siguiente forma: La revisión de la literatura se presenta en la sección 1, las notaciones y descripción del sistema en la sección 2, la metodología de Seis-Sigma se detalla en la sección 3, los resultados obtenidos se presentan en la sección 4, y finalmente las conclusiones se discuten en la sección 5.

## **2. Notaciones y descripción del sistema**

En esta sección, se introducen las notaciones utilizadas en el presente artículo, y se describe el sistema del proceso a considerar.

### **2.1 Notaciones**

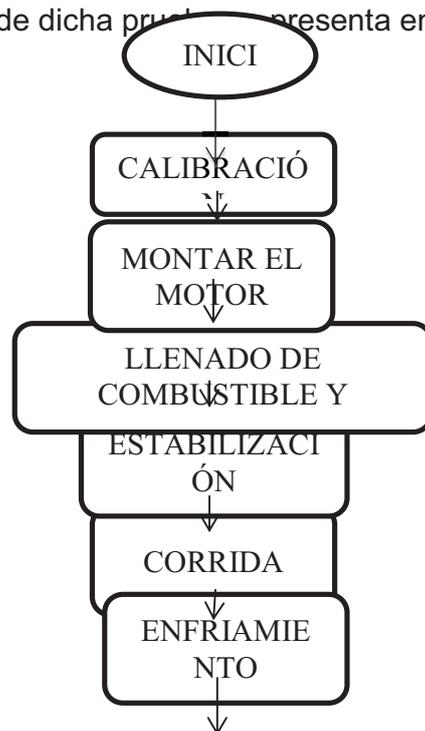
Los siguientes símbolos y notaciones fueron utilizados en la presente investigación:

$(Ft - Lbs)$	Libras-pies
$(Nm)$	Newton metros
$(EI)$	Especificación Inferior
$(ES)$	Especificación superior
$(\bar{R})$	Rangos

$\overline{R}_A$	Rango de tiempo A
$\overline{R}_B$	Rango del tiempo B
$\overline{X Dif}$	Diferencia de promedios
(VE)	Repetibilidad
(VO)	Reproducibilidad
(n)	Número de partes
(t)	Número de ensayos
(R&R)	Repetibilidad y Reproducibilidad
Bias	Sesgo promedio de las diferencias
(master x)	Medida actual
(Dif y)	Diferencia de la medida actual menos el promedio
(nc)	Resolución
$\sigma$	Sigma

### 2.2 Descripción del sistema

El proceso a analizar consiste en una de las cuatro pruebas que se realizan en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel, del Instituto Mexicano del Petróleo, dicha prueba se le conoce con el nombre de Mapeo. El diagrama de flujo de dicha prueba se presenta en la Figura 1.



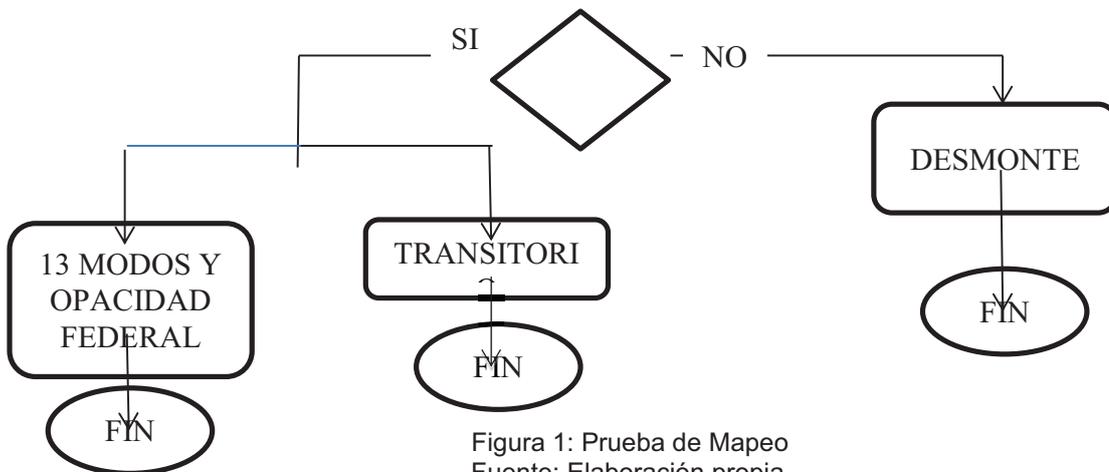


Figura 1: Prueba de Mapeo  
Fuente: Elaboración propia

La prueba de Mapeo es la primera de las cuatro pruebas que se realizan en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel, con esta prueba se determinan las características principales de un motor a diésel, tales como: el pico de torque, el pico de potencia y el pico de velocidad, además de que se puede observar la cantidad de combustible que se está consumiendo en la prueba. Generalmente, la prueba de mapeo se ve influenciada por diversas variables que están involucradas de forma directa o indirecta, y que afectan a dicho procedimiento y por lo tanto tienen también un impacto en la estimación de la incertidumbre (parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente, ser atribuidos al mesurando NMX-CH-140-IMNC 2002), tal como se presenta la Figura 2.

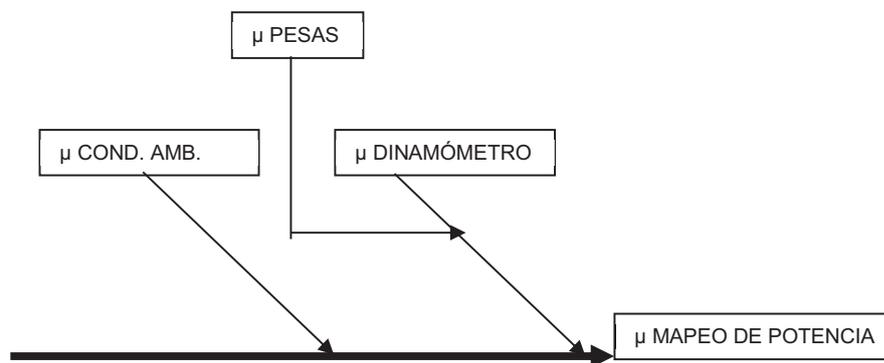


Figura 2: Variables que afectan a la prueba de Mapeo  
Fuente: Elaboración propia con base al Instituto Mexicano del Petróleo, 2011.

Por lo tanto, se pretende aplicar la metodología de Seis Sigma a esta prueba de Mapeo a fin de analizar detalladamente las diversas variables involucradas en la prueba, y así mismo identificar áreas de posible mejora. Se busca mejorar el desempeño del indicador de la incertidumbre con las técnicas aplicadas.

### 3. Metodología Seis-Sigma

En esta sección se describe la metodología utilizada en el presente trabajo de investigación. En la metodología de Seis-Sigma existen diversas fases o etapas secuenciales, donde dentro de cada etapa se encuentra un amplio conjunto de técnicas probadas, que pueden ser aplicadas tal como lo muestra y ejemplifica Escalante (2010). La metodología a seguir se le conoce como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la cual se presenta en la Figura 3.

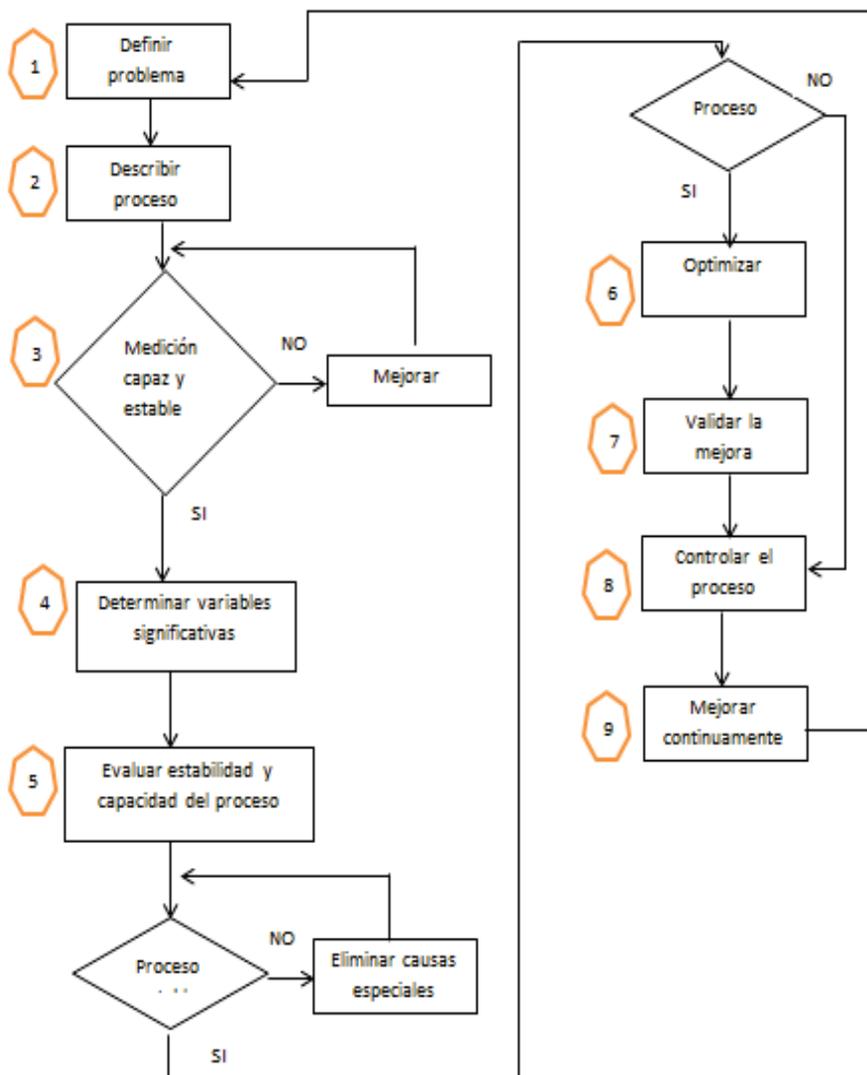


Figura 3:  
Metodología  
Seis-Sigma

(Escalante, 2010. p. 101)

Los 9 pasos anteriores se pueden resumir en los 5 puntos de la metodología de Seis Sigma, ya que definir el problema y describir el proceso es el primer punto de la metodología de Seis Sigma, el segundo punto de la metodología que es medir involucra lo que es una medición capaz y estable así como determinar las variables significativas, el tercer punto se resume en evaluar la estabilidad significativa, el cuarto punto integra la optimización y la validación de la mejora, y por último el quinto punto se abarca lo que es controlar el proceso y el mejoramiento continuo.

El desarrollo de la metodología de Seis-Sigma consta de:

1. Definir

- a) Definir el problema /seleccionar el proyecto: Describir el efecto provocado por una situación adversa o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos.

2. Medir

- a) Definir y describir el proceso: Definir los elementos del proceso, sus pasos, entradas, salidas y características.
- b) Evaluar los sistemas de medición: Evaluar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición, por medio de estudios de repetibilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.

3. Analizar

- a) Determinar las variables significativas
- b) Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso.

4. Mejorar

- a) Optimizar y robustecer el proceso
- b) Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad

5. Controlar

- a) Controlar y dar seguimiento al proceso
- b) Mejorar continuamente

Generalmente, muchas organizaciones basan sus análisis en creencias, ideas o simplemente suposiciones. La manera de actuar de Seis Sigma se basa en datos, y en

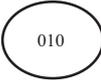
su análisis, de esta forma se busca actuar asertivamente y definir el problema objetivamente, para esto se necesita recolectar información y analizarla por alguna de las técnicas propuestas por la metodología.

**4. Resultados**

**4.1 Fase de definición**

A fin de tener una mejor comprensión de la prueba de Mapeo, se elaboró un diagrama de proceso, utilizando la simbología del sector automotriz, la cual se representa en la Tabla 1:

Tabla 1. Simbología usada en el diagrama de proceso

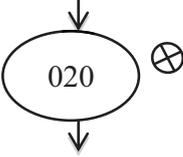
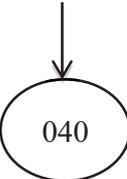
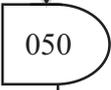
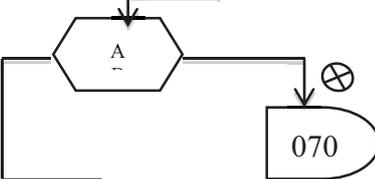
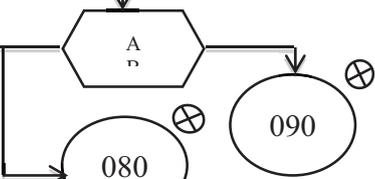
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Usado para indicar una operación
	Representa un operador
	Índica demora
	Operación con inspección
	Decisión
	Trayectoria principal

Fuente: Elaboración propia tomando como base (Escalante 2010, p. 42)

Con la elaboración del diagrama de flujo de la prueba de Mapeo, se identificaron las diversas operaciones del proceso y además sirvió para identificar todas las variables que afectan a la prueba, tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Diagrama del flujo de la prueba de Mapeo.

OPERACIONES	FLUJO	VARIABLES DEL PROCESO
-------------	-------	-----------------------

010- Calibración		
020-Montar el motor		-Temperatura -Presión Atmosférica
030-Llenado del combustible y calentamiento del mismo.		-Humedad -Calibración de los instrumentos utilizados
040-Estabilización		
050-Corrída de la prueba Mapeo		-Resolución del instrumento
060-Enfriamiento del motor y el diésel.		-Repetibilidad del instrumento
070- -Fin de la prueba y desmonte del motor.		
080- Continuar con la prueba de Mapeo, 13 Modos, Opacidad Federal.		
090-Continuar con la prueba Transitorio		

Fuente: Elaboración propia (con base en Escalante 2010, p. 44)

Como se puede observar en la Tabla 2, las variables que afectan directamente en la estimación de la incertidumbre es el dinamómetro, las pesas con que se calibra el

dinamómetro, las condiciones ambientales del laboratorio como es la temperatura, la humedad y la presión atmosférica.

Un punto a notar es que las mediciones son muy importantes para cualquier empresa, pues con base en ella es evaluado el desempeño de las mismas. El dinamómetro es la primera variable y la más importante en la prueba de Mapeo, ya que a través de este aparato se obtienen los resultados de la prueba. Además, afecta directamente en la estimación de la incertidumbre. Afortunadamente, para cada una de las etapas que se realizan en las pruebas se tienen instructivos de buen funcionamiento de las pruebas. Se puede decir que existen diversas causas que afectan en la calibración del dinamómetro que a simple vista no son visibles, pero que afectan de forma indirecta en la estimación de incertidumbre.

A fin de facilitar la identificación de variables que afectan a la prueba de Mapeo, se desarrolló un diagrama de Ishikawa, presentado en la Figura 4, en su versión 6M, que analiza las variables que intervienen en cualquier proceso de fabricación. Este diagrama nos sirvió para visualizar los factores que afectan en la estimación de la incertidumbre. La versión 6M, analiza: los métodos, la mano de obra, la materia prima utilizada, la medición, el medio de trabajo y por último la maquinaria o equipo que se utiliza en el proceso: tal como se define a continuación:

1. Métodos: procedimientos por usar en la realización de actividades.
2. Mano de obra: la gente que realiza las actividades.
3. Materia prima: el material que se usa para producir.
4. Medición: Los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos.
5. Medio: las condiciones del lugar de trabajo.
6. Maquinaria y equipo: los equipos y periféricos utilizados para producir.

Figura 4. Diagrama de los factores que afectan la calibración  
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del diagrama de Ishikawa fue considerar todas las variables que afectan de forma directa e indirecta al indicador de interés, para tener un panorama más completo de la incertidumbre. Es importante hacer notar que todos los procesos tienen variación, ya que en él intervienen diferentes factores (6M), y es importante conocer bajo qué condiciones, estos factores aportan variación a las variables de salida del proceso, ya sea en forma natural o fuera de control. Basándose en el diagrama de Ishikawa, se realizó una evaluación completa del sistema de medición, tal como se presenta en la siguiente subsección.

#### **4.2 Fase de medición**

Como se planteó en la subsección anterior, las 6M afectan de manera global cualquier proceso, de la misma forma, se puede pensar que las mediciones son el resultado de un proceso el cual es influido por estos factores. Como se mencionó en la subsección 4.1, la calibración del dinamómetro es un factor clave el cual tiene un mayor impacto en la estimación de la incertidumbre. El punto de partida de la actividad, es entender que cualquier proceso de medición genera un error, y que los datos que observamos no es exactamente la realidad, sino que esta realidad se le debe sumar el error de medición. Esto es importante de tener en cuenta, puesto que los datos obtenidos de la prueba tienen inherente un error de medición, antes de implementar cualquier mejora, primero se debe evaluar el sistema de medición a fin de descartar errores causados por

sistemas de medición obsoletos. Esta discusión se traduce a que la variación total observada, es el resultado de la variación propia del proceso más el error de medición.

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{pro}^2 + \sigma_{error}^2 \quad (1)$$

Las fuentes principales que contribuyen al error de un proceso de medición son: el equipo de medición, los operadores (reproducibilidad) y la variación dentro de la muestra, esta variación depende de lo que es la calibración, la estabilidad, la repetibilidad y la linealidad, estos conceptos definidos como:

- *Calibración:* La exactitud del instrumento.
- *Estabilidad:* Es el cambio del instrumento con el paso del tiempo.
- *Repetibilidad:* Es la variación observada cuando un operador mide repetidas veces la misma pieza con el mismo instrumento.
- *Linealidad:* Es la exactitud a lo largo del rango de operación del instrumento.

En esta fase se realizó una evaluación completa del sistema de medición empleado en el laboratorio de emisiones de diésel, examinando la variación existente y los factores que están produciendo dicha variación.

#### 4.2.1 Linealidad

Puesto que el dinamómetro es un factor importante en la estimación de la incertidumbre, con base a datos históricos del IMP obtenidos de la calibración del mismo, se aplicó el método de linealidad, el cual indica la exactitud del instrumento a lo largo de su rango de operación.

Para la realización de la prueba de linealidad se tomaron datos de diferentes calibraciones del dinamómetro en el sentido positivo, cuando se agrega peso. Los datos obtenidos se comparan con las mediciones master teóricas para obtener el error de medición. Posteriormente con las mediciones se obtiene el sesgo (bias), el cual indica la exactitud de la calibración del dinamómetro. Es importante mencionar que las

lecturas fueron tomadas en libras pie (lb-ft), y la prueba de linealidad se realizó mediante el software estadístico especializado Statgraphics (2011).

De la prueba de linealidad se obtuvo que el dinamómetro tiene una linealidad estimada de 0.00177854, el cual equivale a un porcentaje de 0.034%, puesto que este porcentaje es muy pequeño, no representa ningún problema al sistema de medición, así como en la Figura 5 se aprecia que cuando se aplica más carga al dinamómetro el sesgo o error en la medición se reduce. Además, de los resultados obtenidos se encuentra que el dinamómetro tiene un sesgo de 1.0354, que equivale al 19.573% de la tolerancia permitida del 2% de la carga total aplicada, tal como se presenta en la Figura 6. Este porcentaje indica que el desempeño del dinamómetro está dentro del rango permitido y no genera problemas adicionales.

Figura 5: Grafica de Linealidad  
Fuente: elaboración propia.

Figura 6: Porcentaje de la variación del proceso  
Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2 Estudio R&R, método largo**

A fin de analizar la precisión del dinamómetro se realizó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad. La repetibilidad indica la precisión o variación del instrumento cuando

se tienen varias mediciones del mismo objeto en condiciones similares, (mismo operador); mientras que la reproducibilidad se entiende como la precisión o variación de las mediciones del mismo objeto pero en condiciones variables (diferentes operadores). Con el estudio R&R se evalúan de forma experimental la variabilidad total observada en los datos y se muestra si la variabilidad es atribuible al error de la medición, además, podemos observar si el error es considerable o no en comparación con la variabilidad del proceso.

En esta fase se realizó un estudio de medias y rangos, en particular se aplicó el método largo de R&R. Tomando en cuenta una tolerancia del 2% de la carga aplicada al dinamómetro, equivalente a 52.9108 lb-ft, con esto se tiene una especificación inferior de 1296.3165 lb-ft y una especificación superior de 1349.2274 lb-ft. Puesto que es complicado determinar que medición fue realizada por cada operador, se tomaron las mediciones de dos diferentes periodos de tiempo del año 2006 y 2013.

Al utilizar Statgraphics (2011) para la prueba R&R, se obtuvo una desviación estándar de repetibilidad  $\sigma_{repeti}$  de 0.3989, con una variación del equipo  $VE= 2.0545$  y una desviación estándar de reproducibilidad  $\sigma_{repro}$  de 0.3422, con una variación de operador  $VO=1.7625$ , con esto se obtiene una desviación estándar  $\sigma_{R\&R}$  de 0.5256, y una variación de la repetibilidad y la reproducibilidad  $VR\&R= 2.7069$ . Con los resultados obtenidos se calculan tres indicadores de interés, el indicador del porcentaje de tolerancia, fue de  $P/T= 5.1160\%$ , el cual de acuerdo a los criterios de aceptación, indica que el sistema de medición es un excelente proceso. Este método R&R nos permitió observar que el dinamómetro ha sufrido cambios en su desempeño a través del tiempo, por ejemplo en el año 2006, se obtenían mejores resultados puesto que los datos presentaban menos variación con respecto al año 2013, donde los datos están más dispersos con respecto al promedio, tal como se presenta en la Figura 7.

Figura 7: Desviación de los datos en el año 2006 y 2013  
Fuente: Elaboración propia

Al calcular el índice de precisión o variación total, que en este caso fue de  $EM/VarTot = 91.23\%$ , se puede concluir que el sistema de medición es inaceptable y debe ser corregido, ya que cuando este indicador es mayor a 30% el sistema es inaceptable. También se calculó la resolución del sistema de medición, el cual fue de  $n_c = 0.6346$ , que es menor a 2, por lo tanto la resolución del sistema es inadecuada. A fin de resolver los problemas en estos dos indicadores (precisión  $EM/VarTot$  y resolución  $n_c$ ). Se recomienda verificar la forma como se obtienen las mediciones y recolectar más dígitos en las lecturas, esto mejorara la resolución del sistema y posteriormente volver a aplicar el método de R&R para mejorar el indicador de la precisión. Los resultados de los indicadores obtenidos se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios de aceptación

Criterio	Valor	Comentario
P/T	5.1160<10%	Excelente proceso
EM/VarTot	91.2362>30%	Sistema de medición inaceptable para fines de control de proceso
$n_c$	0.6346<4	La resolución del sistema es claramente inadecuada

Fuente: Elaboración propia, basado de Gutiérrez y De la Vara (p.275)

#### 4.2.3 Método de ANOVA para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad

A fin de complementar el análisis, en esta subsección se aplicó el método de análisis (ANOVA), el cual es más efectivo que el método R&R, puesto que el método de ANOVA permite identificar y cuantificar de una mejor manera todas las fuentes de variación que se presentaron en el estudio de R&R. En el método de ANOVA se tomaron en consideración la interacción operador y parte, mientras que en el que

método R&R no se consideró dicha interacción. El Método ANOVA calcula la variación total  $\sigma_{total}^2$  de la siguiente forma:

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{parte}^2 + \sigma_{oper}^2 + \sigma_{operxparte}^2 + \sigma_{instr}^2 \tag{2}$$

dónde:

$$\sigma_{repeti}^2 = \sigma_{instr}^2 \quad y \quad \sigma_{reprod}^2 = \sigma_{oper}^2 + \sigma_{operxparte}^2 \tag{3}$$

Para el análisis del método ANOVA se utilizaron los mismos datos del método R&R, donde se realizaron dos ensayos de 10 pruebas. Los componentes de las ecuaciones anteriores se estimaron mediante las técnicas de ANOVA aplicada a un diseño factorial. En este método se utilizaron 10 partes, 2 operadores y 2 ensayos. Al aplicar el software Statgraphics se obtuvo el siguiente reporte de la repetibilidad y la reproducibilidad del método ANOVA:

Tabla 4. Reporte de la repetibilidad y reproducibilidad del método ANOVA

Gage Repeatability and Reproducibility Report					
Measurement	Estimated	Percent	Estimated	Percent	Percent
Unit	Sigma	Total Variation	Variance	Contribution	of R&R
Repeatability	0.792747	94.8683	0.628448	90	90
Reproducibility	0.264249	31.6228	0.0698276	10	10
R & R	0.835629	100	0.698276	100	100
Parts	0	0	0	0	
Total Variation	0.835629	100	0.698276		

Fuente: elaboración propia

Los datos de la Tabla 4 se obtuvieron con un intervalo de confianza de 95% y una tolerancia de 52. 91 lb-ft. De esta tabla se percibió que el 94.86% de la variación observada en las mediciones se debe a la repetibilidad, cuando el mismo operador realiza varias mediciones en la misma pieza, mientras que la reproducibilidad tiene un menor impacto. Para concluir esta fase, se realizó una comparación entre el método ANOVA y el método R&R, presentado en la Tabla 5. Teóricamente el método R&R está

subestimando la variación, puesto que no está incluyendo la interacción entre las partes y el periodo, por lo tanto normalmente se recomienda utilizar el método ANOVA, puesto que el porcentaje de variación es más cercano a la realidad, ya que toma en cuenta la interacción. Sin embargo, en nuestro caso de estudio, la interacción con el método de ANOVA aportó un valor de cero, mas sin embargo de los dos métodos se pueden derivar conclusiones similares, de los valores observados en la Tabla 5, se observa que la repetibilidad tiene una mayor variación con respecto a la reproducibilidad.

Tabla 5. Comparación del método ANOVA y R&amp;R

FUENTE DE VARIACIÓN	% DE VARIACIÓN	
	ANOVA	R&R
TOTAL R&R	100	90.37
REPETIBILIDAD	94.85	71.35
REPRODUCIBILIDAD	31.62	55.46
PERIODO	0	59.4043892
PZA & PERÍODO	0	0
PIEZA	0	42.80

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Fase de análisis

En esta fase se realizó un estudio de capacidad de proceso Cp, el cual es una técnica alterna de evaluación para los sistemas de medición. Para esto se tomó una muestra de 40 mediciones, para calcular la gran media de los datos y el rango promedio. En la subsección 4.2.2 se concluyó que la resolución del sistema de medición es inaceptable, y que el problema radica en que se redondean las mediciones a números enteros, lo que ocasiona una mala resolución y esto origina que algunos datos salgan de los límites de control en el estudio de capacidad de proceso. Considerando los datos de las 40 mediciones, se calculó el límite de control superior de 1324.46 lb-ft y el límite de control inferior de 1321.08 lb-ft para construir una gráfica de control de medias, además también se calculó el límite de control inferior de 0 y un límite de control superior de 2.94 unidades para una gráfica de control de rangos, tal como se presenta en las Figuras 10 y 11.

Figura 10: Gráfica de control de Medias  
Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Grafica de control de Rangos  
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 10, se observó que todas las mediciones están dentro de control estadístico, mientras que en la Figura 11 existen algunas lecturas fuera de control, esto es normal y se debe a la baja resolución del sistema de medición. Se recomienda dejar de redondear las mediciones a fin de mejorar esta resolución y caer en situaciones de fuera de control estadístico. Al calcular la habilidad del proceso  $C_p$  se consideró una tolerancia del 2% de la carga del dinamómetro, obteniendo un valor de  $C_p=11.05$ , el

cual es mayor a 4, por lo que se concluye que el sistema de medición, a pesar del problema de resolución es aceptable.

Adicionalmente en esta fase de análisis se aplicó un diseño factorial utilizando el software Statgraphics. Para esto, se enumeraron los factores que intervienen en el cálculo de la incertidumbre de la siguiente manera:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Desviación del Instrumento                         | A |
| 2. Resolución del instrumento de medición             | B |
| 3. Incertidumbre por calibración del Instrumento      | C |
| 4. Repetibilidad permitida del Instrumento            | D |
| 5. No. De pruebas efectuadas, (10)                    |   |
| 6. Factor de cobertura k, al 95% de confianza         |   |
| 7. Factor t de Student al 68.2% de nivel de confianza |   |
| 8. Media muestral                                     | E |
| 9. Desviación estándar                                | F |

Se realizó un diseño experimental  $2^4$ , haciendo variar el valor de cada factor  $\pm 10\%$ , puesto que los valores de algunos factores son constantes, no se tomaron en cuenta en el diseño. De la gráfica de Pareto obtenida del diseño experimental, presentado en la Figura 12, se obtuvo que el factor significativo, que más impacto tienen en la estimación de la incertidumbre es el factor E y el factor C que corresponde a la calibración del instrumento (dinamómetro) y la media muestral de las mediciones, resultado que es lógico y esperado. A fin de mejorar el valor obtenido de la incertidumbre, el responsable de la prueba debe controlar con mucho cuidado estas dos variables.

Figura 12: Gráfica de Pareto del Diseño Experimental  
Fuente: elaboración propia.

## V. Conclusión

La observación detallada es la clave de un análisis eficaz, y este proceso se facilita enormemente al aplicar técnicas probadas aportadas por la metodología Seis Sigma. A través de las técnicas aplicadas se pudo determinar los factores y/o variables que afectan en la estimación de la incertidumbre. El indicador de interés del trabajo se definió como la incertidumbre de la medición, la cual se utilizó como variable dependiente del análisis. Al aplicar las técnicas de Seis-Sigma se obtuvo una mejor comprensión de la prueba de Mapeo, el objetivo mejorar los indicadores de desempeño de la prueba y aplicar diversas técnicas de Seis Sigma que faciliten el análisis de los resultados, esto es importante puesto que se trata de un laboratorio certificado a nivel nacional. Otro aspecto importante que se obtuvo de la presente investigación, es que con la comparación que se realizó de los dos métodos de los sistemas de medición (ANOVA y R&R), llegamos a la conclusión de que el dinamómetro ha sufrido un desgaste y que la variación en las mediciones ha aumentado con el paso del tiempo, además que se tiene que realizar actividades correctivas a fin de mejorar la resolución y precisión de las mediciones, puesto que están en valores inaceptables. Finalmente, se concluye que los factores que más están afectando a la estimación de la incertidumbre son la calibración del dinamómetro y la media muestral de las mediciones. Por lo antes expuesto, se hacen las siguientes recomendaciones: 1. Un mantenimiento continuo y ajuste frecuente del dinamómetro. 2.- Con la finalidad de erradicar una mala resolución de resultados se debe poner hincapié en la toma de lecturas recordando que se debe de utilizar la mayor cantidad de decimales que arroje el reporte. En trabajos futuros se contempla seguir analizando la prueba de Mapeo a fin de concluir con las fases de la metodología de Seis Sigma, e igualmente se pretende analizar las otras tres pruebas restantes del Laboratorio de Emisiones a Diésel.

**Referencias**

Broatch, A., Luján J.M., Ruiz S. & Olmeda P. (2008). Measurement of hydrocarbon and carbon monoxide emissions during the starting of automotive di diesel engines. *International Journal of Automotive Technology*. 9(2), 129-140. DOI 10.1007/s12239-008-0017-6.

- Bocci, E. & Rambaldi, L. (2011). Soot Emission Modelization of a Diesel Engine from Experimental Data. *Springer-Verlag. 4(6785), 316-327.*
- Casas, P. L. (Mayo 2013). El Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores un valioso apoyo para los problemas ambientales. *Gaceta IMP Laboratorios.* Recuperada de. <http://imp.mx/investigacion/NotasLab/LabGaceta60.pdf>.
- Dirnberger, D. & Kräling, U. (2013). Uncertainty in PV Module Measurement—Part I: Calibration of Crystalline and Thin-Film Modules. *IEEE Journal of photovoltaics, 3(3), 1016-1026.*
- Delgado G. y Hernández N. (2009). Cálculo de la incertidumbre por simulación de Monte Carlo en la determinación de aflatoxina B1 en maní de exportación por HPLC-FD. Parte II. *Editorial Universitaria. 3(1). 16-26.*
- Enweremadu, C.C., Peleowo, A.N. & Rutto, H.L. (2013). Experimental study of a diesel engine fuelled with methyl ester of shea butter (vitellaria paradoxa) and its diesel blends. *Science+Business Media. 49(3), 219-231.*
- Escalante, V. E. (2010). *Seis Sigma Metodología y Técnicas.* México: Limusa
- Gutiérrez, P. H. y De la Vara, S. R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma.* México: Mc Graw Hill.
- Instituto Mexicano del Petróleo, (2011). *Macroproceso 05LA-Instructivo Técnico. Verificación de la calibración.* México: IMP
- Norma Oficial Mexicana, (2002). NMX-CH-140-IMNC. Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones.
- Norma Oficial Mexicana, (2006). NMX-EC-17025-IMNC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

Statgraphics Centurion XVI, (2011). Versión 16.2.03. Copyright. Estados Unidos.Inc:

Starpoint Techonogies

Thomas, R.J., Hourd, P.C. & Williams, D. J. (2008). Application of process quality engineering techniques to improve the understanding of the in vitro processing of stem cells for therapeutic use. *Journal of Biotechnology*. 136. 148-155.

Tomic, T., Uzorinac, N. N. & Babíc, S. (2012). Estimating measurement uncertainty in high-performance liquid chromatography methods. *Springer-Verlag*. 17, 291-300. DOI 10.1007/s00769-011-0872-0.

Theodorus, D., Liapis, N., Zannikos, F. y Anastopoulos, G., (2011) Coverage interval estimation of the measurement of Gross Heat of Combustion of fuel by bomb calorimetry: Comparison of ISO GUM and adaptive Monte Carlo Method. *Thermochimica Acta*. 122-129. DOI:10.1016/j.tca.2011.09.004

Theodorus, D., Liapis, N., & Zannikos, F. (2013). Estimation of measurement uncertainty arising from manual sampling of fuels. *Talanta*. 360-365.

Vera, P y Salas, J. (2008). Cálculo de la incertidumbre en la medición de los parámetros de un Péndulo de Foucaultl. *CICATA-Querétaro*. 1(1), 2-13.

Velichko, E. N. & Gordienko, T. B. (2008). Methods of calculating emissions of pollutants into the atmosphere and estimating their uncertainty. *Measurement Techniques*. 52(2), 193-199



## APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FODA Y EL MÉTODO AHP EN LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS. CASO INSTITUTO DE CANCEROLOGÍA MÉXICO

Jaime Garnica González<sup>17</sup>Jorge Víctor Castro Gutiérrez<sup>18</sup>Heriberto Niccolas Morales<sup>19</sup>

### Resumen

El presente trabajo de investigación de estudio de caso holístico de tipo de intervención, tiene como objeto dar a conocer la aplicación del análisis FODA y del Método AHP en un hospital de tercer nivel como lo es el Instituto Nacional de Cancerología de México. La problemática abordada es la toma de decisión enfocada a seleccionar la mejor alternativa que permita disminuir costos y mantener el prestigio adquirido por la institución en la prestación de sus servicios con altos estándares de calidad. En particular el problema es la selección de una alternativa que ofrezca una adecuada relación costo-beneficio, considerando tres alternativas de arrendamiento y la alternativa de compra de una central propia de preparados intravenosos de nutrición parenteral total (NPT). Parte del proceso fue inducir a los tomadores de decisión a la asignación de valores cuantitativos a variables cualitativas, asociadas a los criterios de decisión, de acuerdo a la escala propuesta por Saaty en el método AHP, estableciendo de forma consensuada las preferencias colectivas, es decir, adoptando una decisión de común acuerdo entre las partes interesadas. La primera fase del estudio consistió en un diagnóstico de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), para establecer las metas de corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las perspectivas de planeación del instituto. Posteriormente se aplicó el Método AHP, con el apoyo de un grupo de decisores se especificó el árbol de fines, criterios y alternativas así como las matrices de preferencia para los diferentes niveles de criterios. Por último, se da la recomendación de la mejor decisión a tomar con base a la jerarquización de las alternativas.

**Palabras Clave:** Análisis FODA, Jerarquización analítica, Toma de decisiones.

<sup>17</sup> Docente de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.jgarnicag@gmail.com

<sup>18</sup> Docente de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.victor\_6720@hotmail.com

<sup>19</sup> Docente de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.hniccolasm@hotmail.com

## Introducción

La necesidad de tomar decisiones en un mundo cada vez más complejo y en continuo cambio, llega a ser una actividad muy demandante, por la imposibilidad de asimilar toda la información necesaria para adoptar la decisión más adecuada. Ya sea de forma personal o colectiva en una organización, la toma de decisiones se realiza por medio de una serie de pasos con la finalidad de obtener la mejor selección del conjunto de alternativas disponibles para que se cumpla con el fin propuesto. En este trabajo se aplica el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), que equivale al análisis SWOT, por sus siglas en inglés (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), para llegar a un diagnóstico situacional que permita darle elementos de contexto al problema y a partir de ello, se ponderan las diferentes situaciones y alternativas mediante el modelo matemático propuesto por el científico Thomas Saaty (1990), conocido en el ámbito académico como *Modelo Saaty AHP (Analytic Hierarchy Process)*.

En el presente trabajo, se plantea un estudio de caso relacionado con la optimización de recursos, donde se parte de un problema de controversia en la selección de preparados intravenosos de nutrición parenteral total (NPT), que se utilizan en el Departamento de Nutrición, dependiente de la Subdirección de Cirugía, que a su vez está regido por la Dirección Médica del Instituto Nacional de Cancerología de México (INCan). El INCan es un organismo descentralizado de tercer nivel, dependiente de la Secretaría de Salud; que brinda atención médica especializada a enfermos oncológicos siendo además un centro de referencia y órgano rector del cáncer en México (INCan, 2010). Por lo anterior, el problema abordado resulta relevante en la toma de decisiones para optar entre la adjudicación a terceros o la elaboración propia de mezclas de nutrición parenteral total NPT.

La finalidad del estudio, es dar a conocer que a partir del análisis situacional obtenido a través de la utilización del análisis FODA, es posible y pertinente jerarquizar las decisiones cuando se tienen dos o más alternativas de solución a un problema relacionado con las acciones estratégicas de una institución en el corto, mediano y largo plazo, tomando como herramienta de apoyo el proceso de jerarquización analítica (AHP).

## **2. Antecedente histórico y marco actual del Instituto Nacional de Cancerología de México**

El Instituto Nacional de Cancerología, inició sus funciones en la época postrevolucionaria, con un dispensario médico llamado "Dr. Ulises Valdez". La población que atendía aquel hospital lo convirtió en el principal proveedor de pacientes oncológicos en el área ginecológica. En pocos años, el dispensario resultó insuficiente para atender la demanda de hombres y mujeres con cáncer, por lo que se vio la necesidad de transformarlo en una institución especializada en el cuidado y tratamiento de esta enfermedad (INCan, 2010).

Actualmente, el Instituto Nacional de Cancerología de México es el centro oncológico mejor equipado de América Latina y de varios países de Europa. Además, tiene reconocimiento internacional por su participación con instituciones como el *American Cancer Society (ASCO)*, la *Unión Internacional Contra el Cáncer (UICC)*, el *MD Anderson Cancer Center* y el *National Cancer Institute de los National Institutes of Health de los EE.UU.* El INCan es el coordinador de 25 Centros Estatales de Cáncer (CEC), con lo cual se ofrece una posibilidad única para diseñar programas y estrategias comunes para un mejor control del cáncer de carácter nacional y alcanzar un impacto nacional al mejorar la prevención y la detección temprana reduciendo la morbi-mortalidad del cáncer en México (INCan, 2010).

El INCan coordina el desarrollo del Programa Nacional de Control de Cáncer (PNCC) el cual incluye cinco temas centrales: 1) Prevención y detección temprana del cáncer; 2) Guías oncológicas para las diez neoplasias más frecuentes en México; 3) Cuidados paliativos; 4) Infraestructura para los servicios médicos; y 5) Control del tabaquismo.

### *2.1 Definición institucional, misión, visión y valores*

El Instituto Nacional de Cancerología orienta sus esfuerzos y acciones a la atención de pacientes no derechohabientes de la seguridad social, provenientes de todo el país y ha sido política institucional, el otorgar servicios con eficiencia, calidad y calidez, con enfoque multidisciplinario en proceso diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y seguimiento. También realiza funciones asistenciales como centro de enseñanza médica e investigación (INCan, 2010). A continuación se presentan la misión, visión y valores que orientan el quehacer de la institución.

*Misión:* Ser un centro de excelencia en investigación, docencia y asistencia médica en oncología. Nuestra prioridad será atender a todos nuestros pacientes con la máxima calidad, dignidad y ética. Estas actividades establecerán las mejores prácticas en prevención, diagnóstico y tratamiento del cáncer en México.

*Visión:* Ser un centro de excelencia en cáncer con reconocimiento Internacional.

*Valores<sup>20</sup>:* Considerando la concepción de la misión y visión, se tienen nueve valores que son la base de la institución y forman parte del código de conducta del instituto (INCan, 2004).

- *Honestidad.* Cualidad de no engañar, defraudar o apropiarse de lo ajeno; cumplidos, escrupulosos de los deberes y buenos administradores de lo que tenemos a nuestro cargo, de acuerdo a las normas interna y externa de aplicación en el ámbito institucional.

<sup>20</sup> Los valores enunciados fueron tomados del Código de Conducta y Ética del INCan que se tenía como documento interno.

- *Integridad.* Cualidad de cumplir exactamente y con rectitud los deberes encomendados; cualidad de ser recto, insobornable y cabal entre superiores, compañeros y pacientes.
- *Lealtad.* Actitud de no cometer falsedades, engañar o traicionar palabras, deberes y funciones, en todos los aspectos de la convivencia y desempeño institucional; fieles a ideas y convicciones.
- *Profesionalidad.* Cualidad de ser competente y responsable en las actividades a las que nos dedicamos, en beneficio de la institución y de los pacientes.
- *Compromiso.* Obligación para con la institución y los pacientes de cumplir con deberes y funciones encomendadas.
- *Responsabilidad.* Cualidad de ser consciente de nuestras obligaciones con superiores, compañeros y pacientes.
- *Respeto.* Actitud de guardar las consideraciones debidas a superiores, compañeros y pacientes.
- *Vocación de servicio.* Acción de intervenir en procesos de trabajo y de servicio; compartir soluciones y acciones en beneficio de la institución y de los pacientes.
- *Imparcialidad.* Calidad de obrar o juzgar sin parcialidad o pasión; actuar recta y objetivamente con proveedores, contratistas, superiores, compañeros y pacientes.

### **3. Estudio y Metodología al caso INCan**

En el presente apartado, se muestran los puntos importantes que se abordaron para el desarrollo del estudio, desde el diagnóstico hasta el planteamiento para su posterior análisis. El origen es la controversia en el suministro de preparados intravenosos NPT, por parte del Departamento de Nutrición de la Subdirección de Cirugía del INCan.

#### **3.1 Diagnóstico**

Se tiene una problemática derivada de tomar la decisión para la selección de una mezcladora de preparados intravenosos NPT versus la opción de licitación de preparados intravenosos NPT para uso intra hospitalario en el Instituto Nacional de Cancerología, México.

### **3.2 Planteamiento del problema**

Para definir de la mejor manera posible el problema se realizó una reunión con el grupo decisor implicado, que incluyó a personal administrativo y de planeación, así como del área nutricional del INCan. La situación problema se expresó como: *la selección adecuada para suministro de Nutrición Parenteral Total NPT intra hospitalario ante opciones de compra a terceros que satisfagan las necesidades o la opción de adquirir y operar una central propia que elabore los preparados intravenosos NPT y que cumpla con las necesidades y normas de seguridad aplicables al nivel de calidad del servicio que proporciona el INCan.* Como resultado de un ejercicio de análisis, el grupo llega a la conclusión de considerar tres criterios clave para tomar una decisión y determinó como factores relevantes a evaluar para cada alternativa disponible a seis subcriterios. Finalmente, el grupo consideró cuatro alternativas viables para satisfacer el objetivo propuesto. A continuación se describen estos cuatro elementos, mismos que son necesarios como insumo para aplicar el método AHP de Saaty.

**A.- PROBLEMA.** Decidir entre la selección de un proveedor de preparados intravenosos NPT o adquirir a través de licitación una central de mezclas para atender las necesidades nutrimentales de pacientes cuando el tracto gastrointestinal es disfuncional. Las alternativas deben satisfacer las necesidades y demandas actuales y futuras del INCan. En el caso de la Central Propia, está se debe operar de acuerdo a las políticas de la institución para el cumplimiento de la

visión, misión y valores, que se garantice cubrir los requerimientos de nutrición parenteral total bajo un proceso vigilado por el Departamento de Nutrición del Instituto Nacional de Cancerología, México.

**B.- ANÁLISIS.** Para el análisis se parte de tres conceptos definidos como situaciones estratégicas por parte del grupo decisor, para el Departamento de Nutrición en sus áreas de definición y visualizadas en tres criterios para su análisis y evaluación, los cuales son:

- Seguridad. Este criterio es importante, ya que se debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana (NOM) para la preparación de productos de farmacia especializada, la *NOM 059-SSA 1-1993* (Secretaría de Salud, 1998).
- Disponibilidad. Se valora la capacidad técnica de adaptarse a los cambios demandantes en el Instituto Nacional de Cancerología y de manera particular en el Departamento de Nutrición para estar en condiciones de satisfacer las demandas de soporte de preparados de NPT.
- Experiencia. Para este criterio se consideran los elementos que justifican la capacidad técnica de adaptarse a las necesidades tecnológicas acordes a los cambios y situaciones que por cuestiones económicas y políticas se presentan en la operatividad normal del INCan y generan una serie de problemas por demandas y suministros.

**C.- FACTORES.** Del análisis anterior se desprenden seis subcriterios relevantes a considerar para el proceso de toma de decisión, según el consenso de los decisores y son:

- *Eficiencia:* Entendida como la parte del sistema enfocada en la administración de los recursos aplicados, para el cumplimiento del objetivo

deseado (mezcla de NPT óptima) en un medio favorable donde operan grupos organizados.

- *Recepción/entrega*: Definida como la capacidad de recepción inmediata y de envío, de la rapidez de entrega del producto NPT con las características deseadas, acordes a las especificaciones de farmacia del INCan.
- *Equipo (hardware)*: Definida como la instrumentación tecnológica para acceder al sistema, la formulación y elaboración de la mezcla artificial, acordes al Departamento de Nutrición del INCan.
- *Programa (software)*: Definida como el sistema informático, en lenguaje claro y preciso para la formulación del producto NPT de uso intra hospitalario del INCan.
- *Asesoría (técnica)*: Definida como la capacidad para dar asesoría, mantenimiento de equipos (hardware), software y de capacitación para el óptimo aprovechamiento del sistema.
- *Impacto (imagen)*: Definida como la situación de mejora individual y colectiva en las alternativas que refleja la profesionalización en los recursos y servicios de hospitalización que demandan el uso de soporte nutricional artificial.

**D.- ALTERNATIVAS.** A partir de la revisión de información disponible por parte del grupo decisor, se determinaron cuatro posibles alternativas, mismas que se enlistan a continuación:

- *SAFE*. Sistema de Alta Farmacia Especializada, empresa dedicada a la preparación de soluciones intravenosas NPT con estabilidad físico-química en área clínica. Es una empresa con régimen de sociedad anónima de capital variable.
- *Central de Mezclas*. Alternativa que implica adquirir un equipo que permita la elaboración propia, con características que cumplan la normatividad y acordes a las necesidades y políticas del propio instituto. Además se considera que sirva para el desarrollo e investigación en el INCan, conforme

a los estándares de una institución hospitalaria de tercer nivel y que sea sustentable, eficiente y rentable.

- *SERBITEC*. Empresa dedicada a la comercialización de insumos especializados para la preparación de mezclas intravenosas de nutrición parenteral total NPT. Empresa constituida como sociedad anónima de capital variable.

- *CLINOMEL - Baxter México*. Empresa que elabora bolsas estándar para NPT, de uso hospitalario N-6 1000 cc y N-7 2000 cc. Esta empresa tiene el régimen de sociedad anónima de capital variable.

La visualización gráfica de dichos elementos se ilustra en la figura 1, tomando como base los elementos antes citados y construyendo el árbol jerárquico en cuatro niveles de organización. Se inicia con la meta u objetivo, representado con una estrella (Nivel 1), posteriormente los criterios, representados por rectángulos (Nivel 2), luego los subcriterios, representados por elipses (Nivel 3) y por último las alternativas de solución del problema, representados por triángulos (Nivel 4). Estos elementos son la base para poder hacer uso del método AHP.

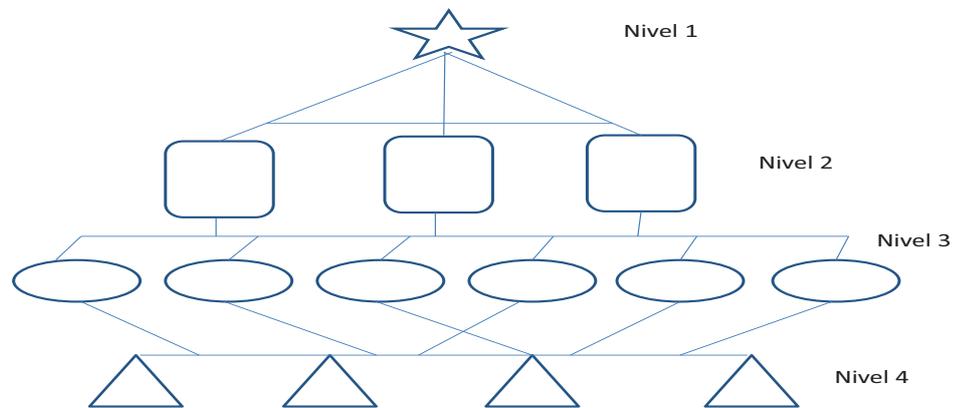


Figura 1. Árbol de decisión para el problema de selección de preparados de NPT en el INCan

Fuente: Elaboración propia con base al planteamiento del problema y Sánchez (2005).

### 3.3 Objetivo

Seleccionar una central de productos endovenosos para NPT, mediante la aplicación de la técnica de análisis FODA y el método AHP (Proceso de Jerarquización Analítica), para determinar la mejor opción de suministro que cumpla con las necesidades del Departamento de Nutrición del Instituto Nacional de Cancerología de México.

### 3.4 Justificación

Considerando los antecedentes del INCan en relación a su infraestructura de servicios médicos y teniendo como referencia los elementos de la planeación estratégica: Visión, Misión, Valores y Filosofía Institucional, se tiene que, el costo de una bolsa estándar de NPT es de aproximadamente \$700.00/100 MN (sin aditivos y sales). Una bolsa personalizada promedio (con aditivos) para un paciente con un peso de 60 kg., tiene un costo aproximado de \$1,700.00/100 MN (tomando como referencia a la empresa SAFE). El promedio de tiempo de administración para un paciente del servicio de gastroenterología es de cinco días,

con un promedio mínimo de tres días y un máximo de 12 semanas. Algunos pacientes llegan a necesitar el suministro de NPT hasta por 6 meses. Los servicios hospitalarios del INCAN que demandan más este soporte son: Gastroenterología, Ginecología, Cabeza y Cuello, Hemato Oncología Piel y Partes Blandas y de Terapia Intensiva. El INCAN consume un promedio de 7 bolsas de NPT por día, es decir, el INCAN invierte por día \$11,900.00 MN. El preparado medio de una bolsa de NPT fluctúa entre 15 y 8 minutos mínimo.

Lo anterior denota, la importancia e impacto económico que tiene el suministro de los preparados de NPT, por lo que es necesario tomar una decisión con respecto a que forma de suministro sería más conveniente utilizar, si adquirir las bolsa con NPT con un proveedor o elaborarlas de manera interna. Un aspecto importante que vale la pena mencionar es, que de la reunión con el grupo decisor se desprende que el INCAN cuenta con el personal humano y técnico para llevar el proceso de elaboración de las mezclas de NPT en la propia institución.

## **4 Análisis y Resultados**

### **4.1 Análisis FODA**

Al aplicar la técnica FODA propuesta por Kenneth Andrews (Weilhrich, 1982) al modelo de salud INCAN, para trabajar tanto con los elementos internos como externos, se facilita obtener una visión general de la situación de la institución. Con el consenso del grupo decisor los pasos a seguir fueron:

1. Identificar los elementos internos de la organización como son las fortalezas y debilidades.
2. Identificar los elementos externos como son las amenazas y oportunidades.
3. Analizar la matriz con los elementos antes descritos (síntesis) y entender las relaciones F-O, D-O, F-A y D-A.
4. Formular estrategias posibles, específicamente en el área de nutrición clínica para el producto (NPT). Los resultados de los *impactos* se presentan en la tabla 1, mientras que en la tabla 2, se muestra la calificación otorgada

por el grupo decisor para el *esfuerzo* y en la figura 2 se resumen las estrategias a corto, mediano y largo plazo.

Las estrategias a corto, mediano y largo plazo que se definieron por parte del grupo decisor se muestran en las tablas 3, 4, y 5 respectivamente.

#### 4.2 Resultados FODA

De la aplicación de una central de mezclas interna versus tres opciones de compra con proveedores en el INCan, el planteamiento FODA arroja las siguientes tablas:

Tabla 1. Estrategia Maxi - Maxi (impacto)

J		P	X	E
A	Comprar equipo para una central con especificaciones propias que satisfagan la demanda del INCan	1	10	L
B	Licitación SAFE	4	2	M
C	Licitación SERBITEC	5	1	M
D	Licitación CLINOMEL estándar	6	3	C
E	Integración de equipos de calidad	7	5	M
F	Monitoreo de las NPT	8	9	M
G	Capacitación y adiestramiento	2	7	C
H	Promover un monitoreo único para soporte	9	4	C
I	Fortalecimiento del departamento	3	8	L
J	Impacto del departamento en el instituto	10	6	C

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

**J. Jerarquía de orden.** Dada por los decisores como el orden de importancia.

**P. Puntuación de escala.** Calificación dada por los decisores al ponderar datos.

**X. Orden de las abscisas.** Dato que se obtiene al cruzar Y para su grafica.

**E. Elección de corto, mediano y largo plazo.** Plazo que resulta de la ponderación FODA.

Tabla 2. Esfuerzo (Costo – Tiempo)

J		P	Y	E
A	Comprar equipo para una central con especificaciones propias que satisfagan la demanda del INCan	10	1	L
B	Licitación SAFE	2	4	M
C	Licitación SERBITEC	1	5	M
D	Licitación CLINOMEL estándar	3	6	C
E	Integración de equipos de calidad	5	7	M
F	Monitoreo de las NPT	9	8	M
G	Capacitación y adiestramiento	7	2	C
H	Promover un monitoreo único para soporte	4	9	C
I	Fortalecimiento del departamento	8	3	L
J	Impacto del departamento en el instituto	6	10	C

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

**J. Jerarquía de orden.** Dada por los decisores como el orden de importancia.

**P. Puntuación de escala.** Calificación dada por los decisores al ponderar datos.

**Y. Orden de las ordenadas.** Dato que se obtiene al cruzar X abscisas para su gráfica.

**E. Elección de corto, mediano y largo plazo.** Plazo que resulta de la ponderación FODA.

**Interpretación:**

**Estrategias a corto plazo:** ECP Puntos D, G, H, y J.

**Estrategias a mediano plazo:** EMP Puntos B, C, E, y F.

**Estrategias a largo plazo:** ELP Puntos A y I.

Tabla 3 Estrategia a Corto Plazo

J		P	C	E
D	Licitación CLINOMEL estándar	6	3	C
G	Capacitación y adiestramiento	2	7	C
H	Promover un monitoreo único para soporte	4	9	C
J	Impacto del departamento en el instituto	10	6	C

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

**J. Jerarquía de orden.** Dada por los decisores como el orden de importancia.

**P. Puntuación de escala.** Calificación dada por los decisores al ponderar datos.

**C. Escala de calificación.** Valor dado por el grupo decidor al reunir los datos.

**E. Elección de corto plazo.** Para su consideración inmediata.

Tabla 4. Estrategia a Mediano Plazo

J		P	C	E
B	Licitación SAFE	4	2	M
C	Licitación SERBITEC	5	1	M
E	Integración de equipos de calidad	7	5	M
F	Monitoreo de las NPT	8	9	M

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

**J. Jerarquía de orden.** Dada por los decisores como el orden de importancia.

**P. Puntuación de escala.** Calificación dada por los decisores al ponderar datos.

**C. Escala de calificación.** Valor dado por el grupo decidor al reunir los datos.

**E. Elección de mediano plazo.** Para su consideración al plazo señalado.

Tabla 5. Estrategia a Largo Plazo

J		P	C	E
A	Comprar equipo para una central con especificaciones propias que satisfagan la demanda del INCAn	1	10	L
I	Fortalecimiento del departamento	8	3	L

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

**J. Jerarquía de orden.** Dada por los decisores como el orden de importancia.

**P. Puntuación de escala.** Calificación dada por los decisores al ponderar datos.

**C. Escala de calificación.** Valor dado por el grupo decidor al reunir los datos.

**E. Elección de largo plazo.** Para su consideración en la planeación.

Con la información obtenida en las tablas 1 a 5, y siguiendo la metodología de construcción de las gráficas de impacto esfuerzo (Turner, 2003) se obtiene la categorización de las estrategias a corto, mediano y largo plazo. Resultado de medir el impacto Vs el esfuerzo, que se ilustran en la figura 2.

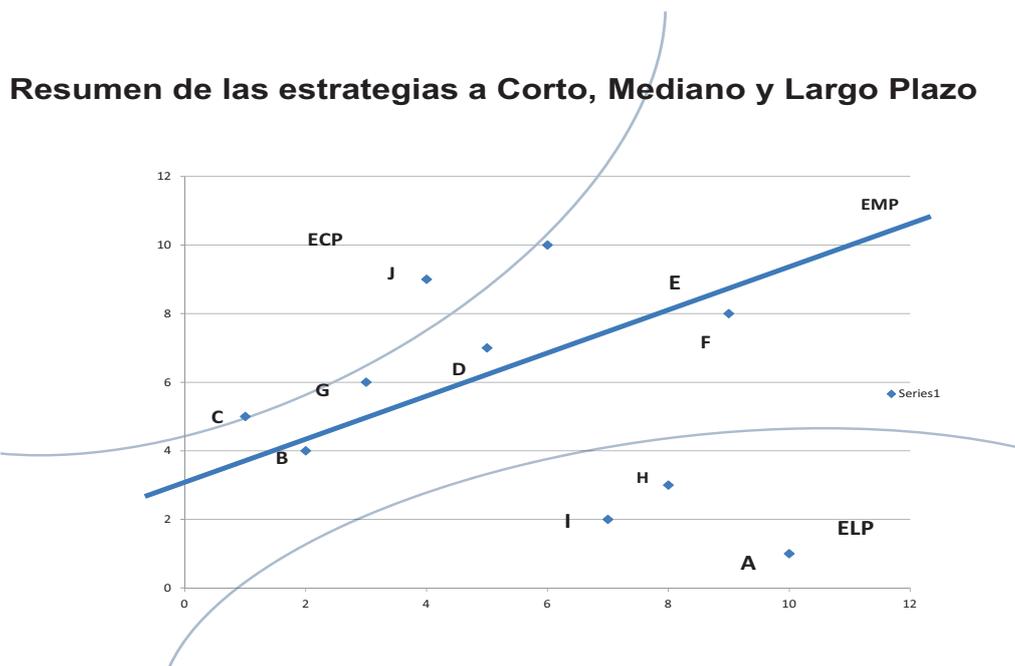


Figura 2. Gráfico de las estrategias FODA para caso INCan

Fuente: Elaboración propia con base a Turner (2003)

### 4.3 Resultado del análisis FODA

Los elementos esenciales de la planeación estratégica tomada del INCan como: visión, misión, valores y filosofía, son el referente para llevar la administración en el Departamento de Nutrición. Mediante un análisis FODA para la problemática de suministro de preparados NPT, se desprenden que:

- a) Como meta a corto plazo, se considera a la licitación como la mejor opción, ya que es acorde a las necesidades reales y se cumple con los objetivos del Departamento de Nutrición del Instituto Nacional de Cancerología de México.
- b) Meta a Mediano plazo, integración de la calidad, como parte de círculos de mejora continua para los objetivos propios institucionales y acorde a una realidad de un medio en constante cambio.
- c) Meta a Largo plazo, explotar una central propia para la elaboración de NPT que cumpla la demanda interna, acorde a lineamientos de calidad y supervisión. Además que sea sustentable y rentable, considerando que se puede manufacturar

a los centros oncológicos del Sistema Nacional de Salud o a la iniciativa privada, ofreciendo un producto con calidad. También permitiría generar protocolos de investigación.

d) Del punto anterior resalta la profesionalización de equipos multidisciplinarios con visión holística apoyado con herramientas de la planeación interactiva. Donde todos se enfoquen hacia un fin, la mejora continua, que da la pauta para ser la mejor alternativa para la institución en su crecimiento y desarrollo.

e) La identificación de las metas a corto, mediano y largo plazo se analiza con el método AHP, para la obtención de nuevos datos.

#### ***4.4 Análisis con el método de Saaty***

Considerando los aspectos estratégicos vistos anteriormente como base del análisis y determinantes en la toma de decisión del producto NPT, se esquematiza en cuatro niveles que representan el objetivo central (N-1), los criterios (N-2), subcriterios (N-3) y alternativas (N-4). En la figura 3 se muestran los **elementos constituyentes que representan la estructura jerárquica por niveles de acuerdo al modelo AHP para una mezcladora de preparados NPT en el caso INCan. El proceso de jerarquización analítica (AHP), se basa en el principio de que para realizar decisiones, la experiencia y el conocimiento de la gente es tomada en cuenta en los datos que se usen, dos decisores normalmente otorgan diferentes jerarquías al mismo problema, la cual resulta que no es la misma. Por otro lado aún cuando dos expertos diseñen la misma jerarquía, sus preferencias tomarán diferentes cursos de acción (Drake, 1998).**

Una vez definido el problema a resolver se toman en cuenta los criterios para poder determinar la mejor opción en lo relativo a la controversia de suministro de NPT en el Departamento de Nutrición del **Instituto Nacional de Cancerología de México.**

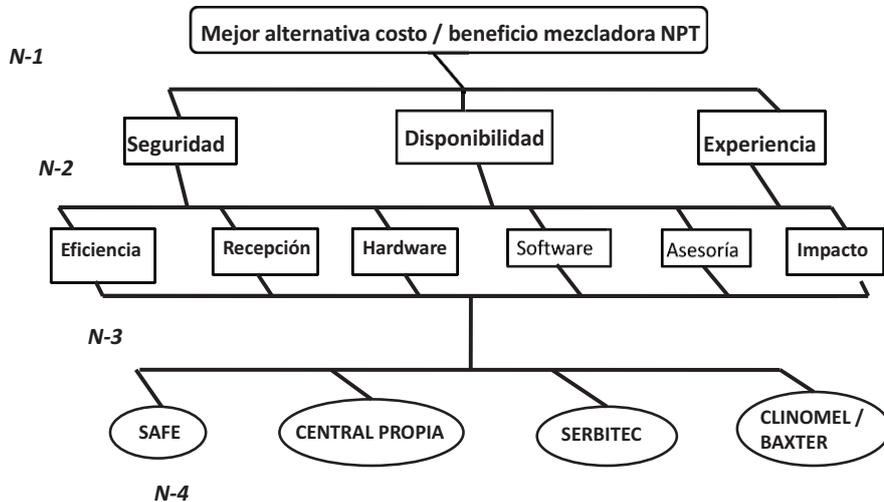


Figura 3. Representación Jerárquica del modelo AHP para una mezcladora de preparados NPT en el INCan

Fuente: Elaboración propia con base a Sánchez (2005).

#### 4.4.1 Construcción de las Matrices de Comparación por Pares

En referencia a los pasos del método AHP, en la reunión con el grupo de decisores del INCan, se procedió a la construcción de las matrices de comparación por pares, cuyos resultados se observan en la tabla 6. Como una ejemplificación de la forma en que se obtuvo la matriz para el Nivel 2 (CRITERIOS), el objeto de comparación para la mejor alternativa costo/beneficio de mezcladora de NPT en el INCan, se tiene que:

Al comparar *seguridad vs disponibilidad*, se le otorgó que es de igual magnitud, por lo que el valor asignado con base a la métrica propuesta por Saaty, es uno. Mientras que al comparar *seguridad vs experiencia*, se prefirió moderadamente *experiencia*, por lo que se asigna un tres. Al comparar *disponibilidad vs experiencia*, se determinó una preferencia que va de moderada a fuerte para *experiencia*, asignándole un cuatro. La escala recomendada por Saaty (1990) es

de 1 a 9, donde 1 significa que no hay diferencia en la importancia de un criterio en relación con el otro y 9 significa que un criterio es extremadamente más importante que el otro.

Tabla 6. Matriz de comparación por pares de los criterios

	Seguridad	Disponibilidad	Experiencia
Seguridad	1	1	3
Disponibilidad	1	1	4
Experiencia	0.333333	0.25	1

Fuente: Elaboración propia.

### NIVEL JERARQUICO 3 (SUBCRITERIOS).

Se obtuvo de comparar el nivel jerárquico dos, cuyos resultados se observan en las tablas 7 a 9, que corresponden a los criterios de *seguridad*, *disponibilidad* y *experiencia* respectivamente. Como ejemplo de la forma en que se obtuvo su matriz, la muestra de comparación por pares del criterio *seguridad* y subcriterios para la mezcladora de NPT en el INCan, se tiene que:

#### SUBCRITERIO A; rubro *seguridad*.

Al comparar *eficiencia* vs *recepción*, se le otorgó un valor de preferencia de igual a moderada (2) a *recepción*, mientras que al comparar *eficiencia* vs *hardware*, *software* y *asesoría*, esta se prefirió entre ligera a fuerte importancia (4) sobre las demás. Al comparar *eficiencia* vs *asesoría*, se determinó una preferencia que va de fuerte importancia a muy fuerte (6), mientras que la *imagen* es calificada de moderada a igual importancia (3) sobre la *eficiencia*. Siguiendo con la comparación en el grupo de trabajo (decisores) se tiene que al comparar *recepción* con *hardware* y *software*, esta se prefirió fuertemente (5), así como también fue preferida de esencial a fuerte (6) y moderadamente (3) sobre *asesoría* e *imagen* respectivamente. Al comparar *hardware* vs *software* y *asesoría*, se prefirió de ligera a fuerte importancia (4) mientras que la *imagen* se prefirió de moderada a igual importancia (2) sobre este. Al comparar *software* contra *asesoría*, se prefirió moderadamente (3) al *software* y la *imagen* en la misma

magnitud sobre el *software*. Mientras que la misma se le asignó una muy fuerte preferencia (7) ante la *asesoría*. La representación de las preferencias en la matriz de comparación por pares, se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de comparación por pares de los subcriterios con relación a *seguridad*

	Eficiencia	Recepción	Hardware	Software	Asesoría	Imagen
Eficiencia	1.000000	0.500000	4.000000	4.000000	6.000000	0.333333
Recepción	2.000000	1.000000	5.000000	5.000000	6.000000	3.000000
Hardware	0.250000	0.200000	1.000000	4.000000	4.000000	0.500000
Software	0.250000	0.200000	0.250000	1.000000	3.000000	0.333333
Asesoría	0.166667	0.166667	0.250000	0.333333	1.000000	0.142857
Imagen	3.000000	0.333333	2.000000	3.000000	7.000000	1.000000

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el mismo procedimiento, como el mostrado en las tablas 6 y 7, se obtuvieron las asignaciones de preferencias para la comparación por pares de los demás subcriterios y alternativas, dando los resultados que se indican en las tablas 8 a 15.

Tabla 8. Matriz de comparación por pares de los subcriterios con relación a *disponibilidad*

	Eficiencia	Recepción	Hardware	Software	Asesoría	Imagen
Eficiencia	1.000000	1.000000	3.000000	4.000000	4.000000	4.000000
Recepción	1.000000	1.000000	3.000000	5.000000	5.000000	2.000000
Hardware	0.333333	0.333333	1.000000	4.000000	3.000000	2.000000
Software	0.250000	0.200000	0.250000	1.000000	0.500000	0.333333
Asesoría	0.250000	0.200000	0.333333	2.000000	1.000000	2.000000
Imagen	0.250000	0.500000	0.500000	3.000000	0.500000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

### SUBCRITERIO C, rubro *experiencia*.

Tabla 9. Matriz de comparación por pares de los subcriterios con relación a *experiencia*

	Eficiencia	Recepción	Hardware	Software	Asesoría	Imagen
Eficiencia	1.000000	4.000000	5.000000	0.500000	9.000000	6.000000
Recepción	0.250000	1.000000	4.000000	0.250000	2.000000	0.500000
Hardware	0.200000	0.250000	1.000000	0.142857	2.000000	0.333333
Software	2.000000	4.000000	7.000000	1.000000	7.000000	4.000000
Asesoría	0.111111	0.500000	0.500000	0.142857	1.000000	0.500000
Imagen	0.166667	2.000000	3.000000	0.250000	2.000000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

NIVEL JERAQUICO 4 (ALTERNATIVAS): Tomando en comparación los elementos A (eficiencia), B (Recepción), C (Hardware), D (SoftWare), E (Asesoría) y F (impacto) del el nivel de los sub criterios, que se observan en las tablas 10 a 15.

ALTERNATIVA A; rubro *eficiencia*.

Tabla 10. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a *eficiencia*

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	0.333333	1.000000	3.000000
C. Propia	3.000000	1.000000	4.000000	4.000000
Servitec	1.000000	0.250000	1.000000	2.000000
Baxter	0.333333	0.250000	0.500000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVA B; rubro *recepción*.

Tabla 11. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a *recepción*

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	4.000000	4.000000	3.000000
C. Propia	0.250000	1.000000	2.000000	4.000000
Servitec	0.250000	0.500000	1.000000	1.000000
Baxter	0.333333	0.250000	1.000000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVA C; rubro *hardware*.

Tabla 12. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a *hardware*

	Safe	C, Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	0.500000	2.000000	0.500000
C. Propia	2.000000	1.000000	3.000000	2.000000
Servitec	0.500000	0.333333	1.000000	0.333333
Baxter	2.000000	0.500000	3.000000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVA D; rubro *software*.

Tabla 13. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a *software*

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	0.200000	0.500000	2.000000
C. Propia	5.000000	1.000000	3.000000	7.000000

Servitec	2.000000	0.333333	1.000000	3.000000
Baxter	0.500000	0.142857	0.333333	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVA E; rubro *asesoría*.

Tabla 14. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a la *asesoría*

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	2.000000	1.000000	0.250000
C. Propia	0.500000	1.000000	2.000000	0.250000
Servitec	1.000000	0.500000	1.000000	0.250000
Baxter	4.000000	4.000000	4.000000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVA F; rubro *impacto*.

Tabla 15. Matriz de comparación por pares de las alternativas con relación a *impacto*

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter
Safe	1.000000	3.000000	3.000000	9.000000
C. Propia	0.333333	1.000000	2.000000	5.000000
Servitec	0.333333	0.500000	1.000000	2.000000
Baxter	0.111111	0.200000	0.500000	1.000000

Fuente: Elaboración propia.

**4.4.2 Procedimiento para sintetizar juicios y verificación de consistencias**

Continuando con los paso tres y cuatro del método AHP, **Procedimientos para sintetizar juicios y Estimando el Radio de consistencia** (Saaty, 1990; Sánchez, 2005), se tienen los valores y matrices normalizadas que se presentan en las tablas 16 a 25, donde se tiene que:

**$\lambda$  max:** como el valor propio de la consistencia

**CI:** índice de consistencia

**RI:** índice de aleatoriedad, < 0.1

En consecuencia, si se obtiene un valor RI mayor de 0.1, deberá interpretarse como la existencia de inconsistencia en la comparación por pares que se realizó en el paso dos y se expreso en las tablas 1 a 15. Lo que representaría volver a realizar una nueva asignación.

Tabla 16. Obtención de Pesos Relativos y Coeficiente de Consistencia (C.R) para Nivel Criterios

	Seguridad	Disponibilidad	Experiencia	P. Relativa	
Seguridad	0.428571	0.444444	0.375	0.416005	
Disponibilidad	0.428571	0.444444	0.5	0.457672	
Experiencia	0.142857	0.111111	0.125	0.126323	
				<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Seguridad	0.416005	0.457672	0.378968	1.252646	3.01112878
Disponibilidad	0.416005	0.457672	0.505291	1.378968	3.01300578
Experiencia	0.138668	0.114418	0.126323	0.379409	3.0034904
				<b>λmax=</b>	<b>3.00920832</b>
				<b>C.I.=</b>	<b>0.00460416</b>
				<b>C.R.=</b>	<b>0.00793821</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Obtención de Pesos Relativos y Coeficiente de Consistencia (C.R) para Nivel Subcriterios

Seguridad	Eficiencia	Recepción	Hardware	Software	Asesoría	Imagen	P. Relativa
Eficiencia	0.150000	0.208333	0.320000	0.230769	0.222222	0.062780	0.199018
Recepción	0.300000	0.416667	0.400000	0.288462	0.222222	0.565022	0.365395
Hardware	0.037500	0.083333	0.080000	0.230769	0.148148	0.094170	0.112320
Software	0.037500	0.083333	0.020000	0.057692	0.111111	0.062780	0.062070
Asesoría	0.025000	0.069444	0.020000	0.019231	0.037037	0.026906	0.032936
Imagen	0.450000	0.138889	0.160000	0.173077	0.259259	0.188341	0.228261
							<b>Suma de P</b>
Eficiencia	0.199018	0.182698	0.449281	0.248278	0.197618	0.076087	1.352979
Recepción	0.398035	0.365395	0.561601	0.310348	0.197618	0.684783	2.517780
Hardware	0.049754	0.073079	0.112320	0.248278	0.131745	0.114130	0.729308
Software	0.049754	0.073079	0.028080	0.062070	0.098809	0.076087	0.387879
Asesoría	0.033170	0.060899	0.028080	0.020690	0.032936	0.032609	0.208384
Imagen	0.597053	0.121798	0.224640	0.186209	0.230554	0.228261	1.588515
							<b>λmax=</b>
							<b>C.I.=</b>
							<b>C.R.=</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Obtención de Pesos Relativos y Coeficiente de Consistencia (C.R) para Nivel Subcriterios

<i>Disponibilidad</i>	<b>Eficiencia</b>	<b>Recepción</b>	<b>Hardware</b>	<b>Software</b>	<b>Asesoría</b>	<b>Imagen</b>	<b>P. Relativa</b>	
Eficiencia	0.324324	0.309278	0.371134	0.210526	0.285714	0.352941	0.308986	
Recepción	0.324324	0.309278	0.371134	0.263158	0.357143	0.176471	0.300251	
Hardware	0.108108	0.103093	0.123711	0.210526	0.214286	0.176471	0.156032	
Software	0.081081	0.061856	0.030928	0.052632	0.035714	0.029412	0.048604	
Asesoría	0.081081	0.061856	0.041237	0.105263	0.071429	0.176471	0.089556	
Imagen	0.081081	0.154639	0.061856	0.157895	0.035714	0.088235	0.096570	
							<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
<b>Eficiencia</b>	0.308986	0.300251	0.468097	0.194415	0.358224	0.386280	2.016254	6.525381669
<b>Recepción</b>	0.308986	0.300251	0.468097	0.243019	0.447780	0.193140	1.961274	6.532107158
<b>Hardware</b>	0.102995	0.100084	0.156032	0.194415	0.268668	0.193140	1.015335	6.507201196
<b>Software</b>	0.077247	0.060050	0.039008	0.048604	0.044778	0.032190	0.301877	6.210981979
<b>Asesoría</b>	0.077247	0.060050	0.052011	0.097207	0.089556	0.193140	0.569211	6.35592277
<b>Imagen</b>	0.077247	0.150126	0.078016	0.145811	0.044778	0.096570	0.592548	6.135936886
							<b>λmax=</b>	<b>6.377921943</b>
							<b>C.I.=</b>	<b>0.075584389</b>
							<b>C.R.=</b>	<b>0.060955152</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Obtención de Pesos Relativos y Coeficiente de Consistencia (C.R) para Nivel Subcriterios

<i>experiencia</i>	<b>Eficiencia</b>	<b>Recepción</b>	<b>Hardware</b>	<b>Software</b>	<b>Asesoría</b>	<b>Imagen</b>	<b>P. Relativa</b>	
Eficiencia	0.268256	0.340426	0.243902	0.218750	0.391304	0.486486	0.324854	
Recepción	0.067064	0.085106	0.195122	0.109375	0.086957	0.040541	0.097361	
Hardware	0.053651	0.021277	0.048780	0.062500	0.086957	0.027027	0.050032	
Software	0.536513	0.340426	0.341463	0.437500	0.304348	0.324324	0.380762	
Asesoría	0.029806	0.042553	0.024390	0.062500	0.043478	0.040541	0.040545	
Imagen	0.044709	0.170213	0.146341	0.109375	0.086957	0.081081	0.106446	
							<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
<b>Eficiencia</b>	0.324854	0.389443	0.250160	0.190381	0.364903	0.638676	2.158417	6.644264634
<b>Recepción</b>	0.081214	0.097361	0.200128	0.095191	0.081089	0.053223	0.608205	6.246925362
<b>Hardware</b>	0.064971	0.024340	0.050032	0.054395	0.081089	0.035482	0.310309	6.202215314
<b>Software</b>	0.649708	0.389443	0.350224	0.380762	0.283813	0.425784	2.479735	6.512553827
<b>Asesoría</b>	0.036095	0.048680	0.025016	0.054395	0.040545	0.053223	0.257954	6.362196345
<b>Imagen</b>	0.054142	0.194721	0.150096	0.095191	0.081089	0.106446	0.681686	6.40405164
							<b>λmax=</b>	<b>6.395367853</b>
							<b>C.I.=</b>	<b>0.079073571</b>
							<b>C.R.=</b>	<b>0.063769009</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Obtención de Pesos Relativos y C.R. de *eficiencia* validando con Alternativas

	<b>Safe</b>	<b>C. Propia</b>	<b>Servitec</b>	<b>Baxter</b>	<b>P. Relativa</b>
Safe	0.187500	0.181818	0.153846	0.300000	0.205791

C. Propia	0.562500	0.545455	0.615385	0.400000	0.530835	
Servitec	0.187500	0.136364	0.153846	0.200000	0.169427	
Baxter	0.062500	0.136364	0.076923	0.100000	0.093947	
					<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.205791	0.176945	0.169427	0.281840	0.834003	4.052670702
C. Propia	0.617373	0.530835	0.677710	0.375787	2.201705	4.147626693
Servitec	0.205791	0.132709	0.169427	0.187893	0.695821	4.106894106
Baxter	0.068597	0.132709	0.084714	0.093947	0.379966	4.04448709
					<b>λmax=</b>	<b>4.087919648</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.029306549</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.032562832</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Obtención de Pesos Relativos y C.R de *recepción* validando con Alternativas

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter	P. Relativa	
Safe	0.545455	0.695652	0.500000	0.333333	0.518610	
Propia	0.136364	0.173913	0.250000	0.444444	0.251180	
Servitec	0.136364	0.086957	0.125000	0.111111	0.114858	
Baxter	0.181818	0.043478	0.125000	0.111111	0.115352	
					<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.518610	1.004721	0.459431	0.346056	2.328818	4.49049963
C. Propia	0.129653	0.251180	0.229716	0.461408	1.071956	4.267675664
Servitec	0.129653	0.125590	0.114858	0.115352	0.485452	4.226550364
Baxter	0.172870	0.062795	0.114858	0.115352	0.465875	4.038726948
					<b>λmax=</b>	<b>4.255863152</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.085287717</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.09476413</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Obtención de Pesos Relativos y C.R de *hardware* validando con Alternativas

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter	P. Relativa	
Safe	0.181818	0.214286	0.222222	0.130435	0.187190	
Propia	0.363636	0.428571	0.333333	0.521739	0.411820	
Servitec	0.090909	0.142857	0.111111	0.086957	0.107958	
Baxter	0.363636	0.214286	0.333333	0.260870	0.293031	
					<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.187190	0.205910	0.215917	0.146516	0.755533	4.036176631
C. Propia	0.374380	0.411820	0.323875	0.586062	1.696138	4.118639549
Servitec	0.093595	0.137273	0.107958	0.097677	0.436504	4.043258753
Baxter	0.374380	0.205910	0.323875	0.293031	1.197197	4.085561354
					<b>λmax=</b>	<b>4.070909072</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.023636357</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.026262619</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Obtención de Pesos Relativos y C.R de *software* validando con Alternativas.

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter	P. Relativa	
Safe	0.117647	0.119318	0.103448	0.153846	0.123565	
C.Propia	0.588235	0.596591	0.620690	0.538462	0.585994	
Servitec	0.235294	0.198864	0.206897	0.230769	0.217956	
Baxter	0.058824	0.085227	0.068966	0.076923	0.072485	
					<b>Suma de P</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.123565	0.117199	0.108978	0.144970	0.494711	4.003656032
Propia	0.617825	0.585994	0.653868	0.507394	2.365081	4.036012525
Servitec	0.247130	0.195331	0.217956	0.217455	0.877872	4.027749559
Baxter	0.061782	0.083713	0.072652	0.072485	0.290633	4.009565467
					<b>λmax=</b>	<b>4.019245896</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.006415299</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.00712811</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Obtención de Pesos Relativos y C.R de *asesoría* validando con Alternativas

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter	P. Relativa	
Safe	0.153846	0.266667	0.125000	0.142857	0.172092	
C. Propia	0.076923	0.133333	0.250000	0.142857	0.150778	
Servitec	0.153846	0.066667	0.125000	0.142857	0.122092	
Baxter	0.615385	0.533333	0.500000	0.571429	0.555037	
					<b>Suma de Pesos</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.172092	0.301557	0.122092	0.138759	0.734501	4.268059066
Propia	0.086046	0.150778	0.244185	0.138759	0.619769	4.110461585
Servitec	0.172092	0.075389	0.122092	0.138759	0.508333	4.163510219
Baxter	0.688370	0.603114	0.488370	0.555037	2.334890	4.206731562
					<b>λmax=</b>	<b>4.187190608</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.062396869</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.069329855</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Obtención de Pesos Relativos y C.R de *impacto* validando con Alternativas

	Safe	C. Propia	Servitec	Baxter	P. Relativa	
Safe	0.562500	0.638298	0.461538	0.529412	0.547937	
C. Propia	0.187500	0.212766	0.307692	0.294118	0.250519	
Servitec	0.187500	0.106383	0.153846	0.117647	0.141344	
Baxter	0.062500	0.042553	0.076923	0.058824	0.060200	
					<b>Suma de Pes</b>	<b>Peso/Prioridad</b>
Safe	0.547937	0.751557	0.424032	0.541800	2.265326	4.134281031
Propia	0.182646	0.250519	0.282688	0.301000	1.016852	4.058983889
Servitec	0.182646	0.125259	0.141344	0.120400	0.569649	4.030230628
Baxter	0.060882	0.050104	0.070672	0.060200	0.241858	4.017572486
					<b>λmax=</b>	<b>4.060267009</b>
					<b>C.I.=</b>	<b>0.020089003</b>
					<b>C.R.=</b>	<b>0.022321114</b>

Fuente: Elaboración propia.

**4.4.3 Obtención de la Jerarquización de Alternativas**

El paso último para la determinación del orden jerárquico de las preferencias, se obtiene de la siguiente manera:

- Se sugiere concentrar los pesos relativos en una tabla (ver la tabla 26).
- Concentrados los pesos relativos y para comprensión del conjunto de productos a realizar y obtener los valores de las preferencias, se representan los pesos por rama y nivel, como se ve en las figuras 4 a 7.

Tabla 26. Concentración de pesos relativos de Criterios, Subcriterios y Alternativas

Criterios	Prio. Relativa	SEGURIDAD	Prio. Rel	DISPONIBILIDAD	Prio. Rel	EXPERIENCIA	Prio. Rel
Seguridad	0.416	Eficiencia	0.199	Eficiencia	0.309	Eficiencia	0.3249
Disponibilidad	0.4577	Recepción	0.3654	Recepción	0.3003	Recepción	0.0974
Experiencia	0.1263	Hardware	0.1123	Hardware	0.156	Hardware	0.05
		Software	0.0621	Software	0.0486	Software	0.3808
		Asesoría	0.0329	Asesoría	0.0896	Asesoría	0.0405
		Imagen	0.2283	Imagen	0.0966	Imagen	0.1064
EFICIENCIA	Prio. Relativa	RECEPCIÓN	Prio. Rel	HARDWARE	Prio. Rel	SOFTWARE	Prio. Rel
Safe	0.2058	Safe	0.5186	Safe	0.1872	Safe	0.1236
Propia	0.5308	Propia	0.2512	Propia	0.4118	Propia	0.586
Servitec	0.1694	Servitec	0.1149	Servitec	0.108	Servitec	0.218
Baxter	0.0939	Baxter	0.1154	Baxter	0.293	Baxter	0.0725
ASESORÍA	Prio. Relativa	IMAGEN	Prio. Rel				
Safe	0.2501	Safe	0.5479				
Propia	0.4233	Propia	0.2505				
Servitec	0.2501	Servitec	0.1413				
Baxter	0.0764	Baxter	0.0602				

Fuente: Elaboración propia.

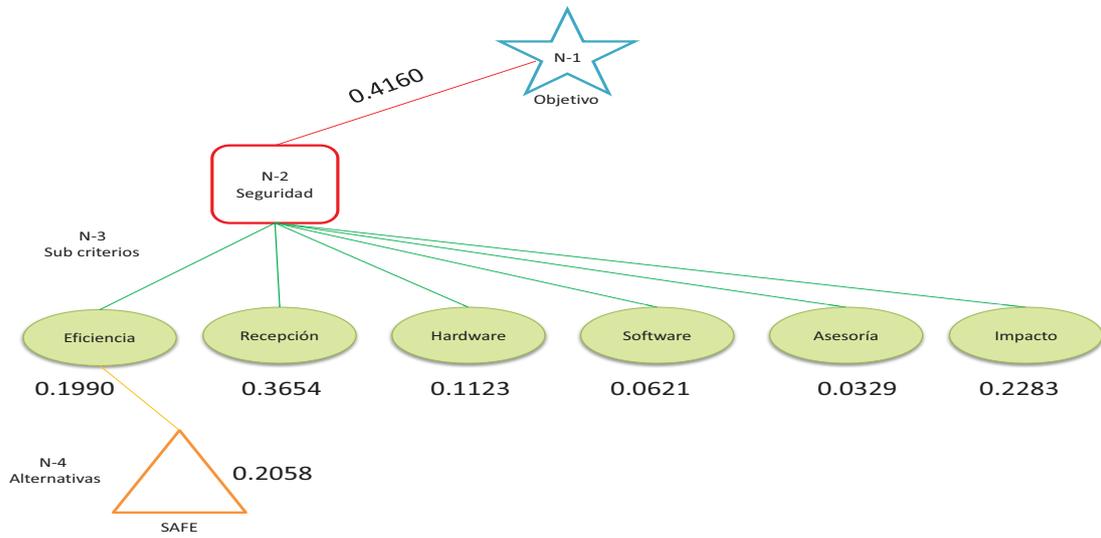


Figura 4. Representación jerárquica del modelo AHP, criterio Seguridad opción SAFE

Fuente: Elaboración propia.

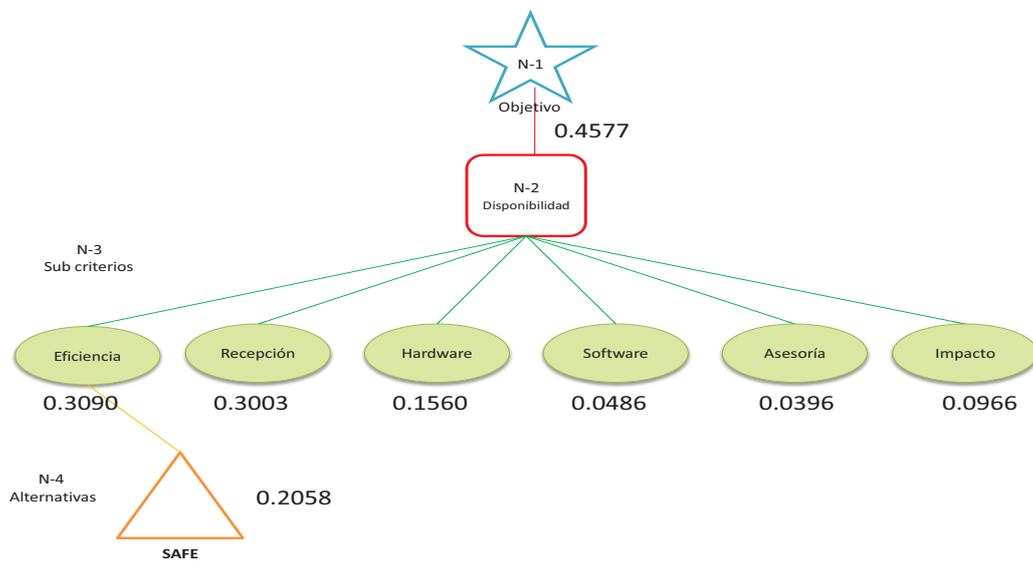


Figura 5. Representación jerárquica del modelo AHP, criterio Disponibilidad opción SAFE

Fuente: Elaboración propia.

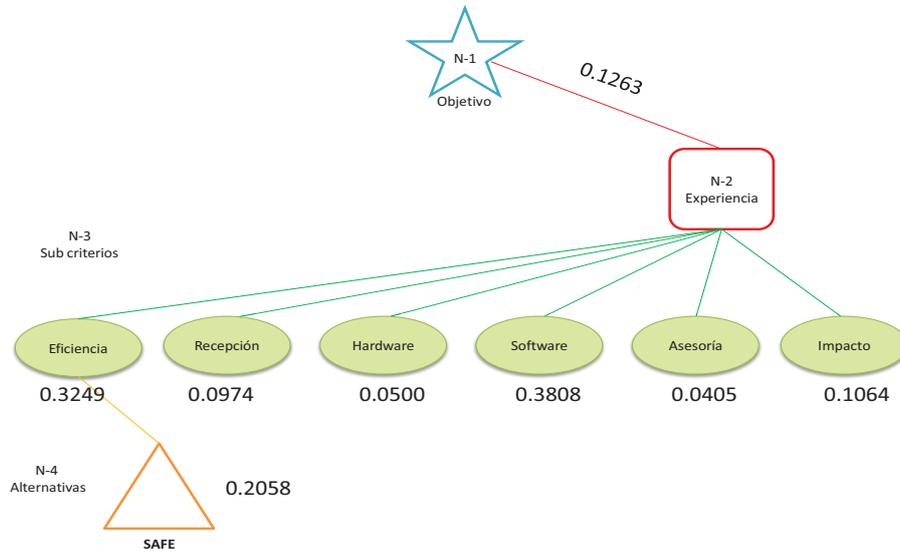


Figura 6. Representación jerárquica del modelo AHP, criterio Experiencia opción SAFE con los pesos relativos

Fuente: Elaboración propia.

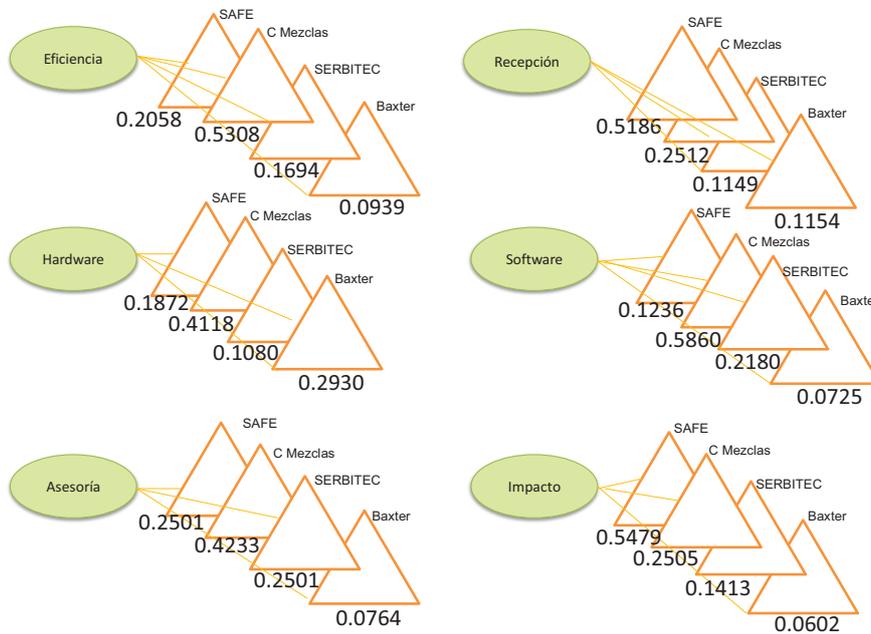


Figura 7. Representación jerárquica del modelo AHP, nivel Alternativas

Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos se realizan multiplicando los valores por rama de los criterios y subcriterios por cada alternativa como se ejemplifica para SAFE en la figura 8:

**Resultado de las operaciones del nivel Seguridad con la opción SAFE =**  
 $(0.4160 \times 0.2058 \times 0.1990) + (0.4160 \times 0.5186 \times 0.3654) + (0.4160 \times 0.1872 \times 0.1123) + (0.4160 \times 0.1236 \times 0.0621) + (0.4160 \times 0.2501 \times 0.029) + (0.4160 \times 0.5479 \times 0.2283) = \mathbf{0.1633}$

**Resultado de las operaciones del nivel Disponibilidad con la opción SAFE =**  
 $(0.4577 \times 0.3090 \times 0.2058) + (0.4577 \times 0.3003 \times 0.5186) + (0.4577 \times 0.1560 \times 0.1872) + (0.4577 \times 0.0486 \times 0.1236) + (0.4577 \times 0.0896 \times 0.2501) + (0.4577 \times 0.0966 \times 0.5479) = \mathbf{0.1510}$

**Resultado de las operaciones de el nivel Experiencia con la opción SAFE =**  
 $(0.1263 \times 0.3249 \times 0.2058) + (0.1263 \times 0.0974 \times 0.5186) + (0.1263 \times 0.500 \times 0.1872) + (0.1263 \times 0.3808 \times 0.1236) + (0.1263 \times 0.0405 \times 0.2501) + (0.1263 \times 0.1064 \times 0.5479) = \mathbf{0.0306}$

Figura 8. Cálculos por rama para la alternativa SAFE

Fuente: Elaboración propia.

Los tres valores obtenidos, se suman y se tiene el valor de preferencia del 0.3448, para la alternativa SAFE. Siguiendo la misma secuencia para las demás alternativas, se obtienen los valores que se presentan en la tabla 27.

Tabla 27. Concentración de pesos finales

	SAFE	C. PROPIA	SERVITEC	BAXTER
SEGURIDAD	0.1633	0.1461	0.0590	0.0476
DISPONIBILIDAD	0.1510	0.1805	0.0688	0.0575
EXPERIENCIA	0.0306	0.0612	0.0227	0.0118
<b>Σ DE PESOS</b>	<b>0.3448</b>	<b>0.3877</b>	<b>0.1505</b>	<b>0.1169</b>

Fuente: Elaboración propia.

La lectura de la tabla 27 es la siguiente:

- La primera opción es Central de Mezclas con **38.77%**
- La segunda es SAFE con **34.48%**
- Tercera opción es Servitec con **15.05**
- Última opción, Baxter con **11.69%**

Por lo que se determina que la mejor decisión para el INCAN, es invertir en la compra en una central de mezclas de preparados endovenosos para NPT.

## **5. Conclusiones**

El presente trabajo tuvo la finalidad de dar a conocer la aplicación de dos procesos utilizados en la planeación estratégica como lo es el FODA y el AHP. Con el propósito de obtener una decisión con visión de sistemas ante un problema real en una institución que presta servicios de salud, siendo una aplicación holística, al buscar respuesta a un problema determinado y considerando las perspectivas del diagnóstico situacional. El ejercicio permitió obtener opciones de oportunidad, que se dan cuando se hace una adecuada lectura de las condiciones del medio y sirven para el crecimiento y desarrollo de la organización.

**Por otra parte, se identificó que un grupo de personas si pueden trabajar juntas y alcanzar consenso en el diseño, juicio y evaluación de alternativas. El principio se basa en la debida orientación de realizar la comparación binaria, hacer hincapié que los elementos en un nivel jerárquico son comparados en términos relativos a la importancia o contribución para un criterio de evaluación, que ocupa el nivel superior inmediato donde los elementos están siendo comparados, por lo que se tiene que estar consciente de que este proceso produce una escala de medición de las prioridades llamada “*peso de los elementos*”, lo que permite evaluar criterios intangibles con tangibles en radios de escala equiparables.**

Por lo anterior, se concluye que la combinación de estas dos técnicas para orientar en la toma de decisiones, es factible de hacer, destacando que las ventajas de utilizar el método AHP, se dan a través de la adecuada estructuración del problema, al poder realizar un análisis profundo y además tiene el potencial de agrupar ideas en la planeación cuando hay grupo de decisores. Pero la desventaja

es que al momento de asignar valores se pueden presentar algunas discrepancias, ya que son datos subjetivos.

### **Referencias.**

- Drake, P.R. (1998). Using the Analytical Hierarchy Process in Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*, 14, (3), 191-196.
- Instituto Nacional de Cancerología. (2004). Código de Conducta y Ética. Departamento de Desarrollo de Personal del INCan. Instituto Nacional de Cancerología. Publicación interna. México, D.F.
- Instituto Nacional de Cancerología. (2010). Historia. Sitio Oficial del Instituto Nacional de Cancerología. Recuperado de <http://www.incan.salud.gob.mx/contenido/acercade/historia.html>.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operations Research*. 48, 9-26.
- Sánchez, G. (2005). *Técnicas Participativas de Planeación*. México: ICA- UNAM.
- Secretaría de Salud. (1998). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-1993. Buenas prácticas de fabricación para establecimientos de la industria química farmacéutica dedicados a la fabricación de medicamentos. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/059ssa13.html>.
- Turner, Z. (2003). *Tools for Success : A Manager's Guide*. United Kingdom: Mcgraw Hill UK Business.
- Weilhrich, H. (1982). The TOWS Matrix. A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 15, (2), 54-66.