



## Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio

GARZA RÍOS, ROSARIO C.

Facultad de Ingeniería Industrial

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana (Cuba)

Correo electrónico: rosariog@ind.cujae.edu.cu

GONZÁLEZ SÁNCHEZ, CARIDAD N.

Centro de Estudios Matemáticos para las Ciencias Técnicas (CEMAT)

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana (Cuba)

Correo electrónico: caryg@ceamat.cujae.edu.cu

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, ERNESTO L.

Universidad Panamericana, México D.F. (México)

Correo-e: erodrigo@up.edu.mx

HERNÁNDEZ ASCO, CARIDAD M.

Facultad de Ingeniería Industrial

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana (Cuba)

Correo-e: cmhernandez@ind.cujae.edu.cu

### RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados alcanzados al integrar la metodología Seis Sigma, las técnicas de simulación discreta y las técnicas multicriteriales para la mejora de un servicio de belleza en que se deseaba obtener la mejor solución de compromiso entre los ingresos, los costos, la utilización de los recursos y la satisfacción del cliente.

Se utilizó la metodología DMAIC proponiéndose un procedimiento en el que se define para cada fase las herramientas de simulación, de toma de decisiones multiatributo, estadísticas y de control y gestión de la calidad. El uso de la simulación permitió analizar las diferentes acciones de mejoras y determinar los valores de las variables de interés definidas por el grupo administrativo. Se utilizó dentro de las técnicas multicriteriales, el índice PRES el cual permitió ordenar las acciones considerando las preferencias de los expertos.

**Palabras claves:** Seis Sigma; simulación discreta; lenguaje Arena; índice PRES.

**Clasificación JEL:** C65.

**MSC2010:** 90B90.

Artículo recibido el 07 de mayo de 2015 y aceptado el 27 de junio de 2016.

# Application of Six Sigma DMAIC with Discrete Simulation and Multicriterial Techniques

## ABSTRACT

In this paper we show the results achieved by integrating Six Sigma, discrete simulation techniques and multi-criteria techniques for improving a beauty service that desires to obtain the best compromise solution between incomes, costs, use of resources and customer satisfaction. DMAIC methodology was used to propose a procedure that defines, for each phase, simulation tools, multi-attribute decision making, statistics and quality control and management. The use of simulation allowed us to analyze the different actions for improvements and determine the values of the variables of interest being defined by the administrative group. We used, between multi-criteria techniques, PRES index for ranking the actions according to experts' preferences.

**Keywords:** Six Sigma; discrete simulation; Arena language; PRES index.

**JEL classification:** C65.

**MSC2010:** 90B90.



## 1. Introducción

Seis Sigma es una filosofía relativamente nueva apareciendo en los años 80 del siglo XX. Es una estrategia sistemática y bien estructurada que permite la generación de productos y servicios cada vez más eficientes.

Desde su creación la metodología Seis Sigma ha sido ampliamente utilizada para reducir variabilidad e incrementar calidad y productividad de las empresas que la aplican. La misma se ha considerado por diferentes autores como filosofía, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos con el objetivo de satisfacer al cliente y, *por ende*, elevar las utilidades de una organización. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción de los clientes (Grima *et al.*, 2014).

Seis Sigma, que utiliza en su nomenclatura la conocida letra griega ( $\sigma$ ) vinculada con la estadística, representa la variabilidad o dispersión de un conjunto de valores. La metodología Seis Sigma permite identificar la capacidad de los procesos para reducir los defectos por millón de los mismos. Para usar esta herramienta se emplea, entre otras metodologías, la metodología DMAIC de mejora de proceso (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Dicha metodología es un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación (McCarty *et al.*, 2004).

Sin embargo, recientemente se han publicado artículos donde no solo se propone el uso de Seis Sigma para mejorar los procesos sino que aparece vinculada con otras herramientas cuantitativas como la simulación (Ocampo y Pavón, 2012; Tolamatl *et al.*, 2011) y el proceso analítico jerárquico (AHP) dentro del paradigma de la decisión multicriterial (Chacón y García, 2007).

En el presente trabajo se presentan los resultados alcanzados al integrar la metodología Seis Sigma, las técnicas de simulación discreta y las técnicas multicriteriales para la mejora de un servicio de belleza en que se deseaba obtener la mejor solución de compromiso entre los ingresos, los costos, la utilización de los recursos y la satisfacción del cliente.

Se hace un análisis de las diferentes metodologías de mejora proponiéndose un procedimiento basado en la metodología DMAIC. Los resultados alcanzados aplicando éste permitieron, con el uso de las técnicas de simulación y las técnicas multicriteriales, obtener los resultados previstos.

## 2. Metodología de mejora Seis Sigma

En la actualidad existen diversas metodologías de mejoras entre las que se encuentra Seis Sigma que propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrollar acciones o proyectos que permitan elevar la satisfacción de este, utilizando para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basada en datos (Gutiérrez y de la Vara, 2008), convirtiéndose así en una plataforma que permite mejorar la competitividad de las organizaciones (Porter, 2002). Para ello, propone desarrollar 5 etapas (DMAIC):

- Definir.
- Medir.

- Analizar.
- Mejorar (*Improve* en inglés).
- Controlar.

En la Tabla 1 se muestra cada una de estas fases, sus objetivos y herramientas más utilizadas.

Etapas	Objetivos	Herramientas
Definir	Identificar aspectos claves de la organización, definir clientes, sus requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir identificar posibles proyectos de mejora.	Diagrama Pareto, diagrama de flujo de proceso, histograma, oz del cliente, lluvia de ideas, árbol crítico de la calidad, entre otras.
Medir	Identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso objeto de estudio.	Diagrama entrada-proceso-salida, análisis de capacidad de proceso, gráfico Pareto, gráficos de control.
Analizar	Analizar los datos (procesarlos) recogidos, para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento de los procesos.	Diagrama de causa efecto, matriz de relación, correlación y regresión, análisis de varianza, muestreo.
Mejorar	Generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes.	Técnicas analíticas, pruebas piloto
Controlar	Establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado.	Planes de control, gráficos de control, capacidad de proceso.

Tabla 1: Etapas, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

Ocampo y Pavón (2012) propone una metodología que integra el DMAIC con la simulación discreta (DMAIC SIM) y donde utiliza la simulación como herramienta en las fases de Analizar y Mejorar; mientras que Chacón y García (2007), Kendrick y Saaty (2007) y Bertels y Patterson (2003) introducen el uso del AHP (proceso analítico jerárquico) en la fase de Mejora para la selección del proyecto o de los proyectos Seis Sigma que presenten mayor grado de alienación con el objetivo de la organización, considerado un conjunto de criterios entre los que se encuentran: factibilidad, impacto ambiental, impacto financiero (costos e ingresos), impacto en el cliente (satisfacción del cliente), entre otros.

Sin embargo, en opinión de los autores, sería interesante integrar armónicamente en la metodología DMAIC, la simulación y herramientas para la toma de decisiones multicriterio, específicamente multicriterio en espacios discretos para la mejora de los procesos empresariales, de ahí que se proponga el siguiente procedimiento.

### 3. Procedimiento propuesto

El procedimiento consta de las cinco fases de la metodología DMAIC utilizada en la filosofía Seis Sigma, en cada una de las cuales se propone el uso de técnicas de simulación, de toma de decisiones multiatributo, herramientas estadísticas y de control y gestión de la calidad.

Se diferencia de otros procedimientos por los aspectos que se relacionan a continuación y que le confieren a su vez originalidad:

- La integración armónica de herramientas básicas y avanzadas de ingeniería y gestión de la calidad, la simulación, métodos estadísticos y los métodos de toma de decisiones multicriteriales.
- El uso del juicio de expertos para determinar los criterios a considerar así como la importancia o peso de los mismos.
- Propone la utilización de la simulación para analizar el sistema bajo estudio, así como para la generación de alternativas de solución al problema encontrado sin necesidad de realizar su experimentación real.
- Aplica las técnicas de toma de decisiones multicriterio para obtener el ordenamiento de las alternativas de solución simuladas.

En la Figura 1 se muestra el procedimiento propuesto y se han representado las fases que conforman el procedimiento en diferentes colores. Mediante las flechas se indica el orden en que se ejecutan secuencialmente, así como las entradas y salidas que se obtienen en cada una de las fases.

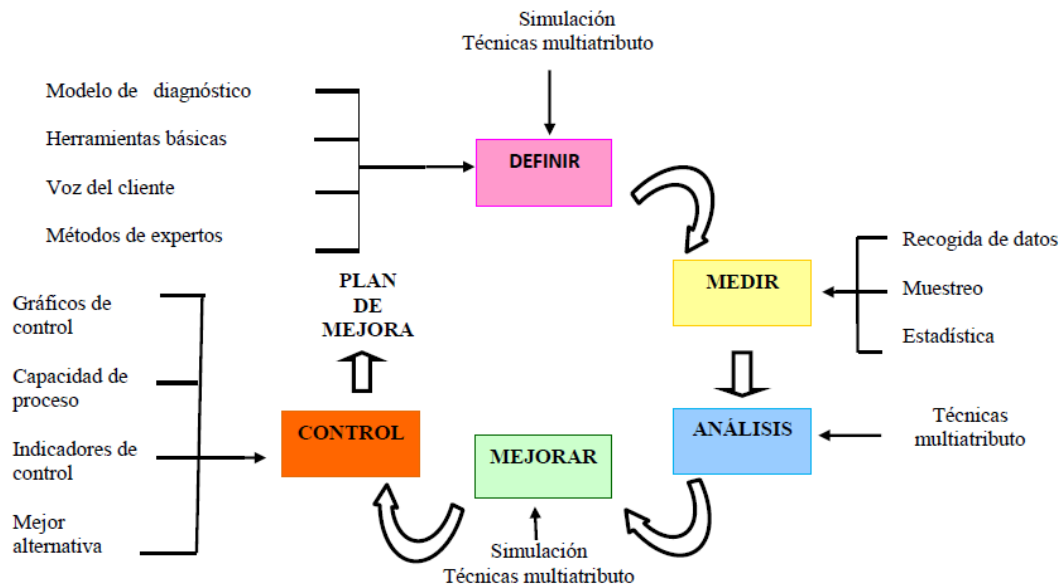


Figura 1: Procedimiento propuesto basado en la metodología DMAIC.  
Fuente: Elaboración propia.

En la fase de Definición (rosada) se obtiene la jerarquización de los posibles proyectos de mejora de la organización. Para ello se utiliza el modelo de diagnóstico propuesto por Garza *et al.* (2012). Se propone el uso de la simulación con el objetivo de detectar las insuficiencias de los procesos actuales, utilizándose la toma de decisiones multiatributo para obtener la jerarquización de los problemas detectados.

La fase Medir (amarilla) se utiliza para determinar los indicadores de calidad que permitan conocer el comportamiento de los procesos, las variables que afectan el desempeño de la organización, determinar la información necesaria así como las herramientas para la recogida de datos y su procesamiento.

En la fase Analizar (azulada) con la información recopilada, se determinan las causas principales que afectan el funcionamiento del sistema con vistas a su posible erradicación. Las principales herramientas que se proponen en esta fase son: estadísticas como correlación, análisis de varianza y técnicas de regresión entre otras. Para un resumen de estas causas se utiliza el diagrama de causa efecto o la matriz de relación.

En la cuarta fase Mejorar (verde), se generan las posibles alternativas de solución para la mejora de procesos, utilizando la simulación. Posteriormente, se utilizan las técnicas de toma de decisiones multiatributo para ordenar estas alternativas considerando el conjunto de criterios emitidos por los expertos y seleccionando la mejor.

Ya en la fase final Controlar (naranja), se establecen las variables e indicadores que deben ser controlados para garantizar un funcionamiento eficiente de los procesos y la satisfacción de los clientes. Se establece el plan de acciones que deben ser tomadas para la mejora continua de los procesos.

La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo (Ríos y Ríos, 2008).

La simulación, como herramienta para la toma de decisiones, posibilita a la organización, a través de asistentes informáticos que agilizan su explotación, estudiar los distintos parámetros que caracterizan sus procesos; permitiendo analizar diferentes escenarios sin necesidad de modificar las condiciones existentes en la realidad; lo que viabiliza los procesos de cambios en las organizaciones, optimiza el tiempo y minimiza el consumo de recursos económicos en el proceso de implementación de mejoras (Guasch *et al.*, 2003).

La simulación se utiliza para analizar el comportamiento de la situación actual en la fase Definir y para generar diferentes alternativas de mejora en la fase Mejorar.

Los métodos de toma de decisiones multicriteriales se aplican para resolver diferentes problemas en presencia de múltiples criterios, logrando incorporar las preferencias de uno o varios expertos involucrados en el proceso de decisión. Este tipo de problemas se presenta dentro de la metodología en la fase Definir, en la fase de Mejorar y además en la selección de las personas que van a integrar el equipo de proyecto.

#### **4. Aplicación del procedimiento propuesto**

El Salón de Belleza “La Dalia” brinda servicios de peluquería, manicura y pedicura, limpieza de cutis, depilación de cejas y maquillaje.

La misma tiene como misión ofrecer a sus clientes un servicio con calidad, ofertas variadas y precios competitivos, distinguiéndose por su imagen y profesionalidad.

En el primer semestre del año 2014, la peluquería ha recibido quejas por parte de los clientes acerca del tiempo de espera por el servicio y el tiempo de estancia en la entidad, por lo que se ha propuesto realizar un análisis del servicio con el objetivo de disminuir los mismos y, *por ende*, elevar la satisfacción del cliente.

Para resolver este problema se utilizó el procedimiento propuesto en el presente trabajo y cuyas etapas se analizan a continuación.

#### 4.1. Fase Definir

El gerente, conjuntamente con el grupo administrativo, decide analizar y coordinar el proyecto de mejora basado en los resultados de la aplicación de la encuesta de satisfacción al cliente. El grupo administrativo ha diseñado la escala que aparece en el Tabla 2 para evaluar la calidad del servicio ofertado de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta.

Rango del Índice de Satisfacción del Cliente (ISC)	Resultado de la evaluación del formulario en %	Evaluación de la calidad del servicio
$4,5 \leq \text{ISC} \leq 5$	98 – 100	Excelencia
$4 \leq \text{ISC} < 4,5$	80 – 97	Muy bueno
$3 \leq \text{ISC} < 4$	61 – 79	Bueno
$2,5 \leq \text{ISC} < 3$	41 – 60	Regular
$\text{ISC} < 2,5$	$\leq 40$	Malo

Tabla 1: Escala para evaluar la calidad del servicio.  
Fuente: Grupo administrativo.

En la Figura 2 se muestra el procesamiento de la encuesta realizada con respecto al comportamiento del índice de satisfacción del cliente (ISC) con el servicio ofertado por la peluquería.

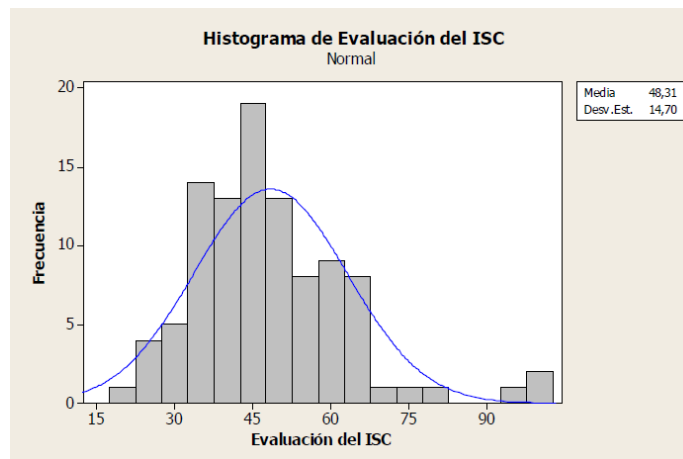


Figura 2: Histograma obtenido con el procesamiento de la encuesta.  
Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Figura 2 se puede concluir que el 50% de los clientes encuestados opinan que el servicio ofertado es regular (41- 60 %).

Entre las preguntas realizadas en la encuesta se pide que se seleccione el tiempo de espera por el servicio. En la Figura 3 se muestra el procesamiento de dicha pregunta.

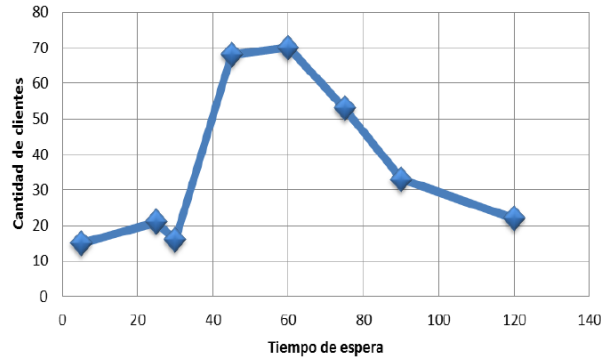


Figura 3: Procesamiento de la encuesta para la pregunta “tiempo de espera”.  
Fuente: Elaboración propia.

Aproximadamente el 44 % de los clientes indica que el tiempo de espera se encuentra entre los 40 y 60 minutos lo cual se considera elevado.

Para verificar lo planteado por los clientes, los autores proponen utilizar la simulación discreta, realizando los pasos que propone la metodología de simulación (Law, 2006, 2009; González *et al.*, 2014). En la Figura 4 se muestra la representación del sistema simulado.

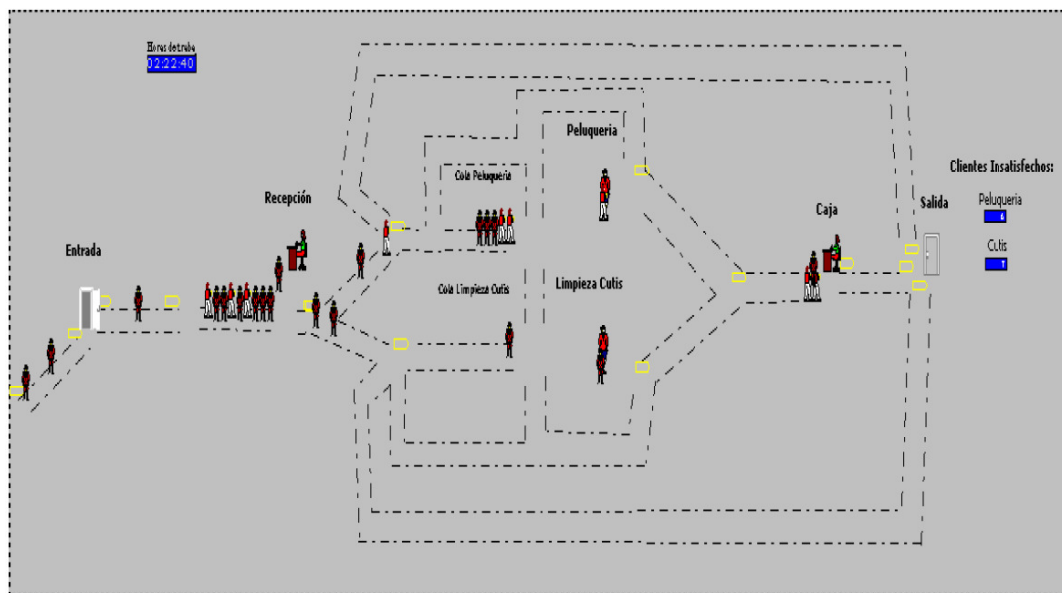


Figura 4: Representación del Salón de Belleza “La Dalia”.  
Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la simulación se utilizó el paquete ARENA (Kelton *et al.*, 2009), el cual permite de forma rápida representar el problema bajo estudio y obtener los resultados.

La simulación arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 3. Como se observa, la variable analizada (“tiempo de espera”) en los diferentes puestos de trabajo es elevado excepto en la caja. Como promedio, el tiempo de espera de los clientes en la peluquería es de 47,80 minutos.



Puesto de trabajo	Tiempo de espera (minutos)
Recepción	96,27
Peluquera	46,46
Manicura	37,95
Caja	10,54
<b>Tiempo medio de espera</b>	<b>47,80</b>

Tabla 3: Tiempos de espera obtenidos de la simulación.  
Fuente: Elaboración propia.

De todo lo anterior se concluye que el objetivo del proyecto de mejora es aumentar el nivel de la calidad del servicio recibido, a través del indicador ISC, el cual deberá moverse entre 3 y 4 puntos para obtener una elevación de la calidad del servicio recibido a **BIEN**.

#### 4.2. Fase Medir

Definido el problema a resolver en el proyecto de mejora, es necesario determinar cuáles serán las variables de entrada y cuáles las variable de salida que se deberán controlar y a través de las cuales se medirá la mejora del mismo.

Las herramientas utilizadas en esta fase son: la capacidad de proceso y el diagrama de dispersión. El análisis de la capacidad del proceso se analiza a través de la variable “tiempo de espera”. En la Figura 5 se muestra el resultado obtenido.

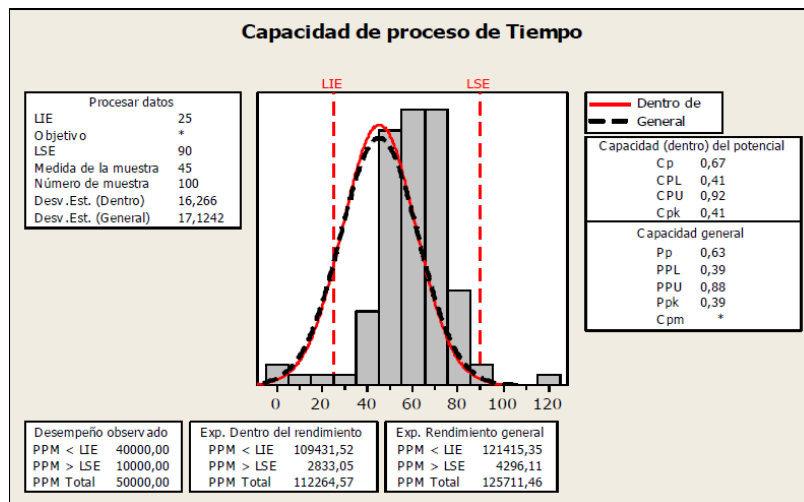


Figura 5: Análisis de la capacidad considerando el tiempo como variable.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 podemos determinar que el proceso no es capaz ( $Cpk=0,41$ ) y, por lo tanto, no cumple con las especificaciones establecidas por los clientes y el grupo administrativo acerca del tiempo medio de espera que se establece en el intervalo [25, 90]. La variabilidad inherente del proceso excede el rango de especificaciones, lo que implica que es necesario realizar modificaciones en el proceso, para reducir al menos la variabilidad.

Para obtener la relación existente entre el ISC y el tiempo de espera de los clientes en el sistema se realiza un muestreo cronometrando el mismo y confrontando este con la respuesta en su encuesta de satisfacción. Se utilizó para esto un gráfico de dispersión cuyos resultados se muestran en la Figura 6.

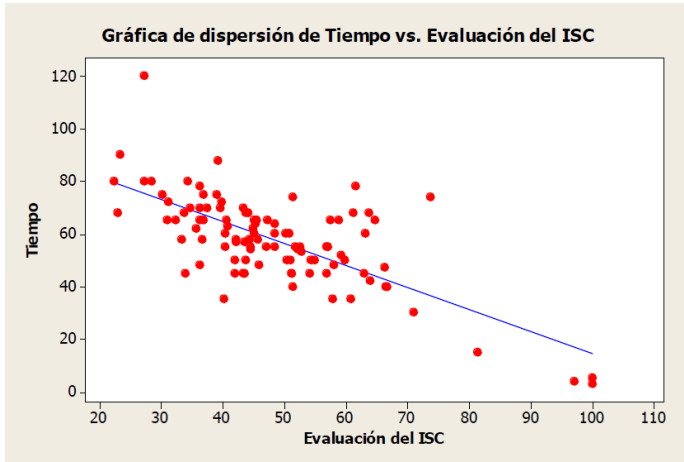


Figura 6: Análisis de correlación entre el ISC y el tiempo de espera en la peluquería.  
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 6 podemos concluir que existe, aproximadamente, una relación directa de sentido inverso entre el tiempo de espera en la peluquería (*lead time*) y la evaluación del ISC; es decir, a medida que aumenta el tiempo medio de espera en la peluquería menor es el índice de satisfacción del cliente.

### 4.3. Fase Analizar

En esta fase se analiza la relación entre las variables de entrada (causas) y las variables de salida. Para ello se elaboró la matriz XY con el objetivo de priorizar cuales son las causas que más afectan el desempeño del proceso. Para la determinación de las prioridades, se propone la utilización de la función suma ponderada, método más elemental de la teoría de decisión multicriterio. A través del valor de la suma ponderada se realizará la priorización de las causas con el objetivo de resolver aquellos problemas que más afectan el índice de satisfacción del cliente. En (1) se muestra como se obtiene el valor de la función suma ponderada.

$$u_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot f_{ij} \quad (1)$$

donde:

$u_j$  denota el valor de la función suma ponderada para la variable de entrada  $j$ ;

$w_i$  denota el peso o importancia de la variable salida  $i$ ;

$f_{ij}$  denota el valor de la variable de salida  $i$  para la variable de entrada  $j$ .

Para obtener este valor es necesario asignarle importancia o peso a cada uno de las variables de salida. Para esto se ha propuesto utilizar una escala de 2 niveles (Aragónés, 2010) (en este caso los autores proponen utilizar 10 y 7); mientras que para valorar la influencia de las

variables de salida, se propone utilizar una escala de 4 niveles (se selecciona la escala 1, 4, 7, 10). En la Tabla 4 se muestran los niveles utilizados, mientras que en la Tabla 5 se muestra la relación causal entre las variables X e Y.

Niveles	Escala
2 niveles	<b>5-10, 3-7, 2-7, 1-4, 1-3, 3-5, 5-7, 7-10</b>
4 niveles	<b>1-3-5-7, 1-4-7-10, 3-7-10-12</b>

Tabla 4 Niveles y escalas.

Fuente: Elaboración propia.

Variable de entrada	Variable de salida		Valor de la suma ponderada	Prioridad
	Índice de satisfacción del cliente (ISC)	Tiempo de estancia		
	Peso			
	10	7		
Calidad de la materia prima	10	4	128	3
Inadecuado método de trabajo del peluquero <sup>1</sup>	10	10	170	1
Fatiga del peluquero	7	7	119	4
Capacitación de la recepcionista para trabajar con el <i>software</i>	7	10	149	2
Orden y limpieza del puesto de trabajo	7	7	119	4
Iluminación del puesto de trabajo	4	10	110	5
Climatización del puesto de trabajo	7	7	119	4

Tabla 5: Matriz XY.

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5 se determina que las causas que se deben eliminar con mayor urgencia son:

- Inadecuado método de trabajo del peluquero.
- Capacitación de la recepcionista para trabajar con el *software*.
- Calidad de la materia prima.
- Fatiga del peluquero, orden y limpieza del puesto de trabajo y climatización del puesto de trabajo.
- Iluminación del puesto de trabajo.

<sup>1</sup> Denominamos peluquero a todos los especialistas que intervienen en el servicio (peluquería y manicura).

#### 4.4. Fase Mejorar

De las sesiones de trabajo grupal con el grupo administrativo se han propuestos diversas acciones de mejora las cuales se muestran a continuación:

1. Desarrollar un proceso de evaluación y selección de proveedores.
2. Mejorar y estandarizar los métodos de trabajo.
3. Organizar los puestos de trabajo.
4. Capacitar a la recepcionista en el *software* utilizado para disminuir el tiempo de servicio.
5. Asignar una peluquera para hacer keratina debido a que este proceso es más lento y provoca altos tiempos de espera.
6. Asignar una peluquera para hacer keratina debido a que este proceso es más lento, aumentando en una manicura.
7. Asignar más peluqueras que realicen todos los servicios relacionados con: corte, peinado, tinte de cabello, tratamiento de keratina, asignando una o dos manicuras más.
8. Utilizar una iluminación localizada y de mayor intensidad en los puestos de trabajo.
9. Colocar *splits* para mejorar la climatización del local.

La acción de mejora 1 permite incrementar la calidad de la materia prima, las acciones 2 a 7 contribuirán a disminuir la fatiga y mejorar el método de trabajo del peluquero, mientras que las acciones 8 y 9 incidirán positivamente en las últimas tres causas.

Las acciones 4 a 7 no podrán ser tomadas simultáneamente, por lo que a través del uso del enfoque híbrido simulación-técnicas multicriteriales (González *et al.*, 2014) se determinará cuál de ellas debe ser implementada.

Los criterios que, en opinión del grupo administrativo, deben considerarse para tomar la decisión de qué acción llevar a cabo para resolver el problema son: costo (\$), tiempo medio de espera (minutos), tiempo medio de estancia (minutos), tamaño medio de las colas (personas), cantidad de clientes atendidos (personas), % de utilización media de los peluqueros e ingreso (\$). En la Tabla 6 se muestran los resultados de la importancia asignada a cada uno de estos criterios por el grupo administrativo. Para la obtención de la importancia global<sup>2</sup>, los autores proponen utilizar la mediana.

Criterio	Importancia
Costo	7
Tiempo medio de espera (TMESP)	10
Tiempo medio de estancia (TME)	7
Tamaño medio de la cola (TMC)	7
Cantidad de clientes atendidos (CCA)	10
% utilización media de los peluqueros (UP)	7
Ingreso	10

Tabla 6: Criterios y su importancia.

Fuente: Elaboración propia.

---

<sup>2</sup> Con la votación de cada miembro del grupo se obtiene la importancia global.

Las acciones 4 y 7 se representan con el mismo modelo de simulación; solo se diferencian entre sí en que, en la acción 4, el tiempo de servicio en la recepción deberá ser menor por la capacitación recibida y, en la acción 7, se tendrán más recursos en la peluquería y en la manicura.

Las acciones 5 y 6 se representan similarmente en un mismo modelo de simulación. En la Figura 7 se muestra el modelo de simulación para estas últimas acciones.

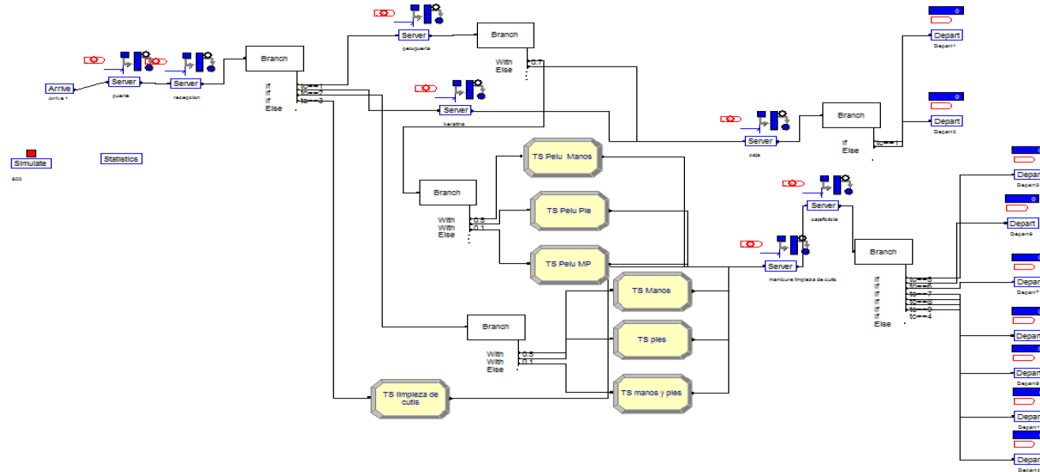


Figura 7: Modelo de simulación en Arena de la acción 5.  
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos como media por día con la simulación de las acciones 4 a 7 para los criterios definidos se muestran en la Tabla 7.

Alternativa \ Criterio	Costo	TMESP	TME	TMC	CCA	UP	Ingreso
Capacitación receptionista	32	37,48	99,75	0,97	10	0,39	95
Asignar una peluquera para hacer keratina y otra para lo demás	40	132,9	211,09	4,16	19	0,672	228,20
Asignar una peluquera para hacer keratina y otra para lo demás y 2 manicuras	45	51,27	122,40	2,04	27	0,78	312,20
Actual con 2 peluqueras y 3 manicuras	53	1,33	78,36	0,10	18	0,36	198,4
Actual con 2 peluqueras y 2 manicuras	47	4,9	72,57	0,13	17	0,41	190,8
Actual con 3 peluqueras y 2 manicuras	59	0,71	66,29	0,02	16	0,37	189,2

Tabla 7: Resultados de la simulación para las alternativas y criterios seleccionados.  
Fuente: Elaboración propia.

Para seleccionar cuál de estas acciones deberá ser implementada por el salón de belleza, los autores proponen el uso del índice PRES (Aragonés, 2010). Los resultados obtenidos utilizando las preferencias dadas por el grupo administrativo se muestran en la Figura 8.

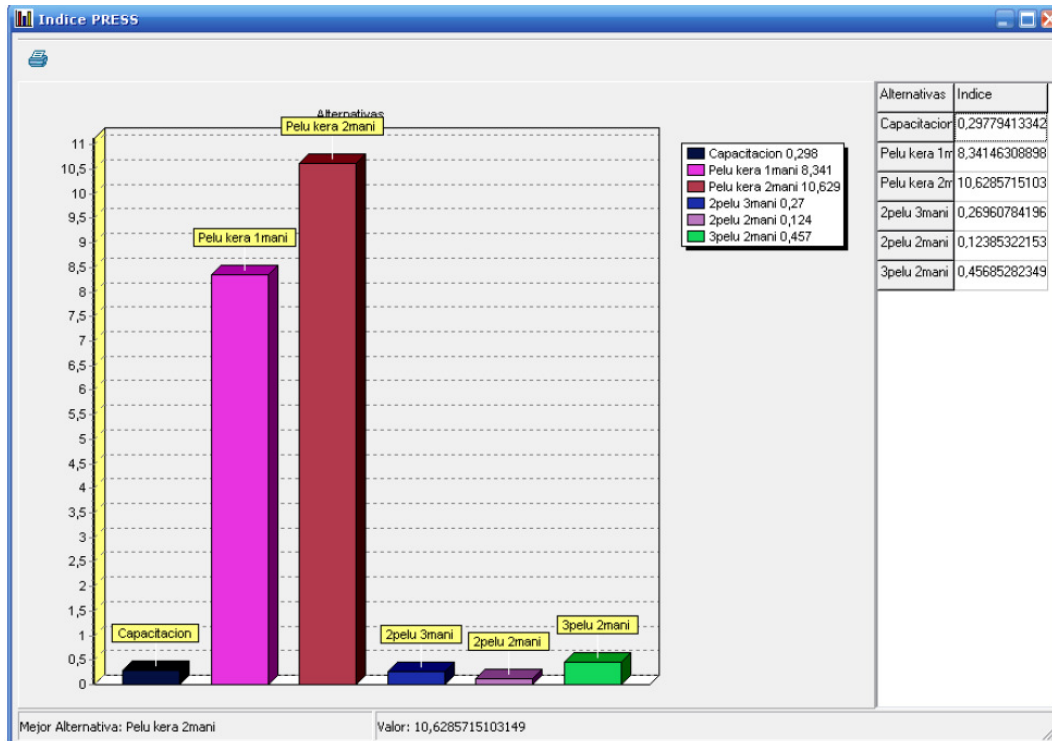


Figura 8. Ordenamiento de las alternativas.  
Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 8 se puede observar que la alternativa que utiliza una peluquera que solo realiza el tratamiento de la keratina, una peluquera para el resto de los servicios para el cabello y 2 manicuras es la mejor alternativa, la cual posee los máximos ingresos, la mayor cantidad de clientes atendidos a pesar de que el tiempo medio de espera y el tiempo medio de estancia en el sistema son respectivamente de un valor aproximado de 1 y 2 horas.

#### 4.5. Fase Controlar

En el primer trimestre del año 2015 se realiza un análisis de los resultados obtenidos con la implementación de las acciones, las cuales contaron con el apoyo del gerente, del grupo administrativo y de los trabajadores.

Dentro del análisis se realizó un estudio de series de tiempo para identificar las componentes de mayor incidencia sobre el ISC; definido como el valor medio del índice de satisfacción para cada una de las semanas del período analizado, así como una comparación de su comportamiento actual con respecto al anterior, los que se muestran en las Figuras 9 y 10.

En la Figura 9 se muestra el comportamiento del ISC en el período analizado, observándose que predomina una tendencia de tipo ascendente a medida que transcurre el tiempo, luego de la implementación de las mejoras propuestas como resultados de la fase anterior; aunque aún persisten factores irregulares que deben seguir monitoreándose para lograr la mejora en el desempeño del servicio.

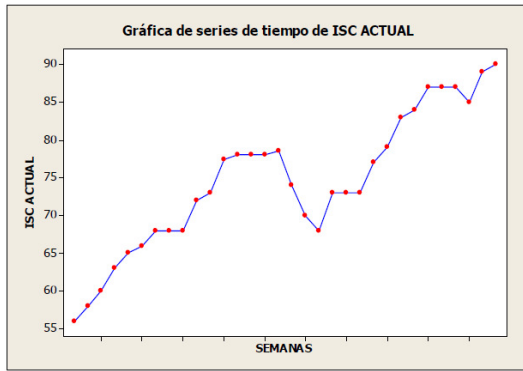


Figura 9: Serie de tiempo del ISC actual,  
Fuente: Elaboración propia.

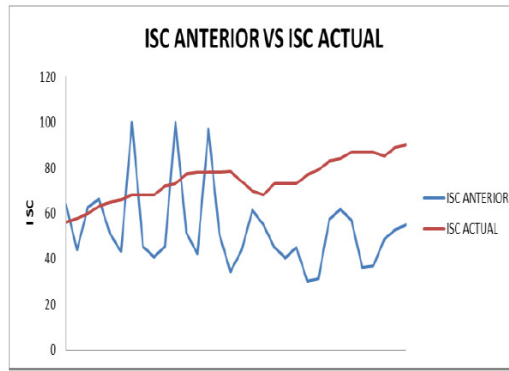


Figura 10: Comparación del ISC.  
Fuente: Elaboración propia.

La comparación del índice de satisfacción del cliente en los períodos antes de la implementación de las acciones de mejora y el actual que se observa en la Figura 10, permite corroborar la efectividad de las mismas en un plazo relativamente corto, pudiéndose apreciar que existe una tendencia a lograr obtener una evaluación de la calidad del servicio ofertado de **BIEN**.

En la Figura 11 se muestra el comportamiento de los tiempos de espera y el tiempo de estancia en el salón en el periodo actual y antes de aplicar la mejora.

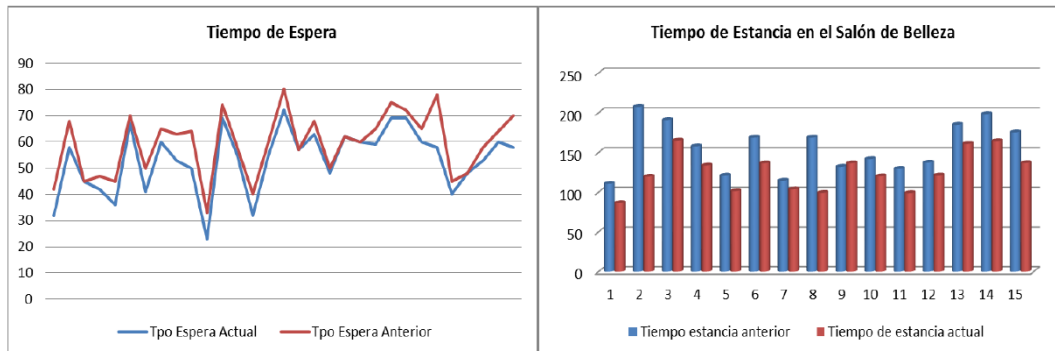


Figura 11: Comparación entre los tiempos de espera y de estancia (anterior y actual).  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 se observa una ligera disminución en el tiempo de espera para recibir el servicio, así como en el tiempo de estancia en la instalación, por lo que es necesario seguir muestreando con un número mayor de clientes para observar el comportamiento y la tendencia de estas variables con la mejora propuesta.

Para comprobar si existen o no diferencias significativas entre los tiempos de espera y de estancia en la instalación (anterior y actual), se realiza una *dócima* bilateral para la comparación de medias poblacionales (tiempos medios) utilizando las muestras obtenidas anteriormente.

$$H_0 : \mu_{ant} = \mu_{act}$$

No existen diferencias entre los tiempos medios antes de aplicar la mejora ( $\mu_{ant}$ ) y actualmente ( $\mu_{act}$ )

$$H_a : \mu_{ant} \neq \mu_{act}$$

Existen diferencias en los tiempos medios antes y después de aplicar la mejora

Utilizando un nivel de significación del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y apoyándose en el *software* MINITAB para el desarrollo de la prueba de hipótesis, se puede concluir que no existen evidencias para no rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, existen diferencias significativas entre los tiempos medios de espera y de estancia en la instalación antes y después de la aplicación de las mejoras respectivamente. En la Tabla 8 se muestran los resultados que permitieron arribar a dichas conclusiones.

Variable	Grados de libertad	Estadístico (T)	Valor $p$	Decisión
Tiempo de espera	59	1,96	0,025	Rechazar $H_0$
Tiempo de estancia	51	-3,79	0,000	Rechazar $H_0$

Tabla 8: Resultados de las pruebas de hipótesis.

Fuente: Elaboración propia.

No obstante los resultados alcanzados, es recomendable continuar la fase de control y seguimiento de los indicadores del servicio identificando avances y retrocesos a partir de la conciliación del grupo administrativo y el gerente con relación a la satisfacción.

## 5. Conclusiones

La integración de la metodología DMAIC con la simulación discreta y las técnicas multicriteriales permite obtener resultados favorables para realizar mejoras en sistemas de servicio.

Con esta integración se logró el cumplimiento del objetivo trazado en el proyecto de mejora que era obtener una evaluación de la calidad del servicio ofertado de Bien, lo cual podrá seguirse mejorando al continuar aplicando la fase de control y de acciones correctivas y preventivas.

La aplicación de estas técnicas en un sistema de servicio permitió disminuir los tiempos de espera, los tiempos de estancia en el sistema e incrementar los ingresos obtenidos.

## Bibliografía

- Aragón B.P. (2010): *Técnicas de ayuda a la toma de decisiones en proyectos*. Apuntes. Departamento de Proyecto, Universidad Politécnica de Valencia.
- Bertels, T., y Patterson, G. (2003): Selecting Six Sigma Projects That Matter. *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 3, No. 1, pp. 13-15.
- Chacón, E. y García, M. (2007): Selección de proyectos de Seis Sigma mediante el uso de AHP y ANP, Proceeding 12 Internacional Conference on Project Engineering, Zaragoza, España.
- Garza, R., González, C., Pérez, I., Martínez, E. y Sanler, M. (2012): Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial. *Revista Ingeniería Industrial*, Vol. XXXIII, No. 3, pp. 239-248.
- González, C., Garza, R., y Malo, E. (2014): Enfoque híbrido simulación-proceso analítico jerárquico. Caso de estudio rediseño de un restaurante. *Revista Métodos Cuantitativos para la economía*, Vol 17, pp 23-41.



- Grima, P., Almagro, Ll. M., Santiago, S. y Tort-Martorell, X. (2014): Six Sigma: hints from practice to overcome difficulties. *Total Quality Management & Business Excellence*, Volume 25, Issue 3-4, pp 198-208.
- Guasch A., Pera M.A., Casanovas J. y Figueras J.(2003): Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. 2da Edición, Editorial Ediciones de Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 187-201.
- Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2008): Control estadístico de calidad y Seis Sigma, 2da edición. Editorial McGraw Hill, México.
- Kelton, W.D., Sadowski, R. y Sturrock, D. (2009): Simulation with ARENA, 3ra edición, Editorial Mc Graw Hill Science Engineering.
- Kendrick, J. y Saaty, D. (2007): Use of Analytic Hierarchy Process for Project Selection. *Six Sigma Forum Magazine*, Vol 6, No.4, pp 22-29.
- Law A. (2006): Simulation Modeling & Analysis with expertfit software. 4ta Edición, Editorial Mc Graw Hill International.
- Law, A. M. (2009): How to build valid and credible simulation models. Proceeding of the 2009 Winter Simulation Conference, pp 24 -33.
- McCarty, T, Bremer, M. y Daniels, L. (2005): Six Sigma black belt handbook. Editorial McGraw Hill.
- Ocampo, J. y Pavón, A. (2012): Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, paper No 147, Ciudad de Panamá, Panamá.
- Porter, E.M. (2002): Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Editorial Patria, México.
- Ríos, I.D., Ríos, I.S. (2008): Simulación. Métodos y aplicaciones. Editorial RA-MA, 2ª edición España.
- Tolamatl, J., Gallardo, D., Varela, J.A. y Flores, E. (2011): Aplicación de Seis Sigma en una microempresa del ramo automotriz. *Revista Conciencia Tecnológica* No. 42, pp 11-18.