

# Aplicación del modelo Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior en el proceso de admisiones y matrículas: caso de estudio

## Application of the Lean Six Sigma Model in Higher Education Institutions in the process of admissions and registration: Case Study

<sup>a</sup>Juan Camilo Valderrama-Balaguera, <sup>b</sup>Augusto Bimberto Suárez-Parra, <sup>c</sup>Sonia Milena Forero-Ropero

 <sup>a</sup>: Magister en Ingeniería, jvalderrama@uniboyaca.edu.co, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.

 <sup>b</sup>: Master en Bioestadística, augustosuares@uniboyaca.edu.co, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.

 <sup>c</sup>: Magister en Dirección Estratégica, sonforero@uniboyaca.edu.co, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.

Recibido: Junio 1 de 2021 Aceptado: Octubre 8 de 2021

**Forma de citar:** J.C. Valderrama-Balaguera, A.B. Suarez-Parra, S.M. Forero-Ropero, "Aplicación del Modelo Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior en el Proceso de Admisiones y Matrículas-Universidad caso de estudio", *Mundo Fesc*, vol 11, no. S4 pp. 241-260, 2021.

### Resumen

---

Las instituciones de educación superior en búsqueda de la excelencia se han apoyado en la aplicación de herramientas para encontrar la mejora continua en las actividades y servicios que ofrecen. El modelo Lean Six Sigma para instituciones de educación superior se ha convertido en una opción que establece técnicas y herramientas para mejorar la calidad, eficiencia y eficacia de los procesos administrativos y académicos. Este artículo muestra la aplicación del modelo Lean Six Sigma para Instituciones de Educación Superior en la universidad caso de estudio en el proceso de expedición de constancias y certificados, donde se identificó que uno de los problemas que se presentaban con mayor frecuencia era el incumplimiento en el tiempo promedio de entrega de los certificados y constancias al cliente. Los resultados de la aplicación permitieron identificar los cuellos de botella en el servicio, que a su vez se convirtieron en oportunidades de mejora y conllevaron a: establecer un instructivo para solicitar la expedición de constancias y certificados, crear un aplicativo en la página web para recibir pagos electrónicos mediante un sistema seguro y en línea, caracterizar el proceso en cuanto al flujo de información, aumentar la capacidad del proceso para alta demanda del servicio, asignar un responsable solo para la etapa de validación de pago y digitalizar todo el historial académico de egresados y estudiantes.

**Palabras clave:** Calidad, Instituciones de Educación Superior, Lean Six Sigma, Procesos.

---

**Autor para correspondencia:**

\*Correo electrónico: jvalderrama@uniboyaca.edu.co



## Abstract

---

Higher education institutions in pursuit of excellence have been supported on the application of tools to find continuous improvement in the activities and services that they offer. The Lean Six Sigma model for higher education institutions has become a choice that establishes techniques and tools to improve the quality, efficiency and effectiveness of administrative and academic processes. This article shows the application of the Lean Six Sigma model for Higher Education Institutions in the case study university in the issue process of certificates, where it was identified that one of the problems that occurred most frequently was non-compliance over time average delivery of certificates to the customer. The results of the application made it possible to identify the bottlenecks in the service, which in turn became opportunities for improvement and all this caused: establishing instructions to request the issuance of records certificates, creating an application on the web page to receive electronic payments through a secure and online system, characterize the process in terms of information flow, increase the capacity of the process for high demand for the service, assign a person to verify only for the payment validation stage and digitize the entire academic history of graduates and students.

**Keywords:** Quality, Higher Education Institutions, Lean Six Sigma, Processes

## Introducción

En el contexto educativo, la oferta de servicios de alta calidad es un factor diferenciador que los clientes valoran al momento de tomar decisiones sobre su futuro proyecto formativo. Con esta visión las Instituciones de Educación Superior (IES) trabajan para mejorar los procesos educativos o no educativos y han encontrado en la metodología LSS de [1] una herramienta de mejoramiento continuo que les ayuda a ofrecer un servicio de alta calidad conforme a los requerimientos de los clientes.

El Proceso de Gestión de Admisiones y Matrículas (PGAM) de la UCE presta el servicio de Expedición de Certificados y/o Constancias (ECC), proceso en el cual se han detectado la inconformidad en el cumplimiento del tiempo prometido del servicio de ECC a los clientes (estudiantes o egresados). A la UCE le preocupa la insatisfacción de sus clientes y es una de las motivaciones para redefinir sus procesos e implementar acciones de mejoramiento, como una estrategia para reducir gastos administrativos y ofrecer a la comunidad académica un servicio de alta calidad.

El objetivo de este artículo es mostrar

los resultados de la aplicación de la herramienta LSS para IES creada por [2] y diseñar con base a sus resultados un plan de acción, encaminado a mejorar el tiempo de ECC en el PGAM en la UCE mediante la implementación de proyectos de mejora para reducir desperdicios y optimizar el desempeño en procesos académicos, administrativos y de servicios en la IES, teniendo en cuenta lo dicho por [3] dado que el uso eficiente de los recursos permite disminuir los costos asociados a las actividades inmersas en un proceso, logrando mejorar sus niveles de competitividad. La información que se presenta en este artículo sigue el orden secuencial de la metodología LSS para IES, tal como se observa en la Figura 1. Dado que el alcance del trabajo investigativo llega hasta la etapa de mejora, en este reporte no se presentan resultados relacionados con las etapas de control y evaluación del modelo.

## Materiales y métodos

El modelo LSS creado para IES, emplea la estructura: definir, medir, analizar, mejorar, controlar (DMAIC) la cuál en diversos casos de estudio ha evidenciado éxito para la solución de problemas en programas de mejoramiento de procesos, específicamente en organizaciones prestadoras servicios [4].

El modelo LSS para IES adiciona 3 etapas a la metodología DMAIC: Etapa 1. Preparación; Etapa 2. Selección; y la Etapa 8. Evaluación; con las cuales constituye un modelo de 8 etapas con sus respectivas actividades y herramientas, tanto de *Lean* como de *Six Sigma* (Figura 1).

Las metodologías *Lean* y *Six Sigma* han sido ampliamente utilizadas en un gran número de organizaciones a nivel mundial [5]. En el entorno empresarial moderno, el *Lean* y *Six Sigma* son metodologías esenciales para garantizar que las organizaciones adquieran y conserven una ventaja competitiva [6]. Juntas o solas, *Lean* y *Six Sigma* son técnicas para mejorar la calidad en los procesos que crean servicios y/o productos [7]. Hay que tener en cuenta que el *Lean* está completamente enfocado en eliminar el

desperdicio, brindando el máximo valor a los clientes con la menor cantidad de inversión posible [8], mientras que el *six sigma* fue desarrollado con un objetivo muy específico: reducir la variación y las tasas de defectos en los procesos a través del análisis estadístico [9].

Lean Six Sigma combina estos dos enfoques, lo que crea un poderoso conjunto de herramientas para abordar la reducción de desperdicios [10]. A medida que las empresas buscan comprender dónde pueden tener prácticas derrochadoras, el método DMAIC proporciona una excelente hoja de ruta para identificar y resolver los problemas que enfrentan, esta sinergia entre metodologías funciona principalmente para ayudar a eliminar los desperdicios [11].

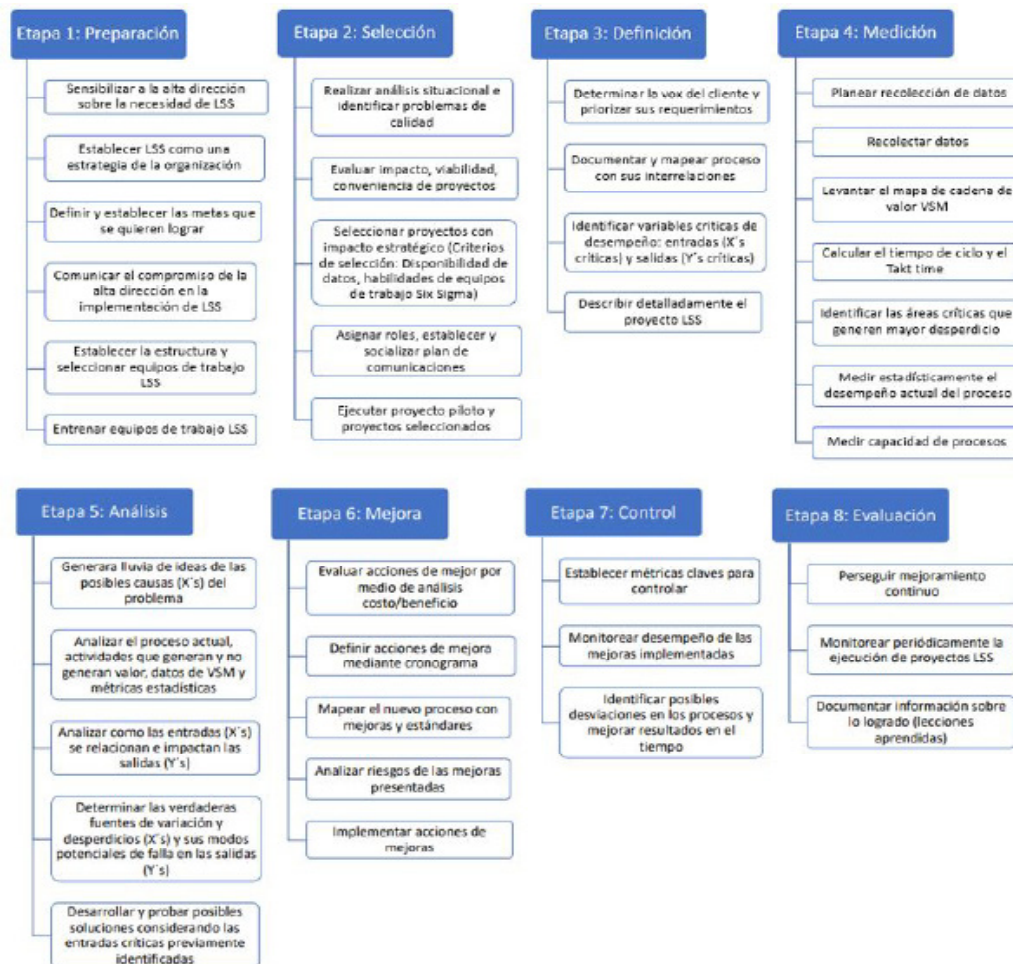


Figura 1. Metodología LSS para IES.

El alcance de este artículo es la aplicación de las primeras 7 etapas del modelo, donde se presentan unan propuestas de mejora junto a sus respectivas métricas con el objetivo de optimizar la percepción de calidad del servicio por parte de los clientes de la UCE.

### ***Etapas de preparación***

Con el compromiso de la alta dirección de la Universidad se da inicio al proyecto, con el convencimiento que es una estrategia para mejorar la calidad de servicio y satisfacer al cliente. Con esta intencionalidad se aplicó el modelo LSS para IES de cuyos resultados se propone un plan de mejoramiento enfocado a reducir el tiempo de expedición de certificados y/o constancias en el PGAM.

El equipo de trabajo estuvo conformado por funcionarios de la Universidad Santiago de Cali (USC) y de la UCE. La primera aporta un investigador Black Belt, quien es el líder del proceso investigativo y la segunda, donde está el proceso a mejorar, aporta tres investigadores para adelantar el proyecto con el apoyo de la alta dirección y del liderazgo de la Secretaría General de la UCE. Luego de adelantar una etapa de sensibilización en la Universidad y con los roles ya definidos, se tienen las condiciones dadas para desarrollar el proyecto entre las dos IES. La aplicación de esta herramienta podría ser un modelo de madurez como la plantea [12] permitiendo a las organizaciones evaluar cuantitativamente el nivel de gestión y compararlo con otras organizaciones, construyendo o elaborando estrategias, identificando problemas, optimizando recursos y liderando procesos de mejora continua tanto interna como externamente.

### ***Etapas de selección***

Con la asesoría de la oficina de gestión de la calidad de procesos de la UCE se identificó, mediante los resultados de las auditorías

internas, que en el PGAM presenta las condiciones para adelantar un trabajo centrado en el cliente tendiente a mejorar sus procesos. En este proceso de gestión se le promete al cliente un plazo de tres días hábiles como el tiempo para la entrega de un certificado y/o constancia, realizada la trazabilidad luego de la selección aleatoria de varios certificados y/o constancias se evidenció incumplimiento en los tiempos establecidos, lo que genera no conformidades con el servicio. A partir de esta situación surge la necesidad de monitorear el servicio de ECC particularmente en el servicio de expedición de Constancia de Estudiante Matriculado (CEM) y aplicar el modelo LSS para IES para analizar cada una de las tareas del proceso y mejorar la calidad del servicio.

Para el trámite del servicio de ECC se tienen establecidas seis etapas: validación de pago, recepción de solicitud, realización de las constancias y/o certificados, revisión, firma y envío. Dada la complejidad en la recolección de datos en cada etapa, fue necesario diseñar una herramienta de recolección de datos, cuya aplicación fue realizada con el apoyo de funcionarios del PGAM, son ellos los que conocen la dinámica de cada tarea del proceso. El levantamiento de la información y la caracterización de las etapas permitió identificar los cuellos de botella o etapas del proceso con capacidad restringida que causan la demora en la entrega de las constancias y/o certificados, generando no conformidades en el proceso e insatisfacción en el cliente.

### ***Etapas de definir***

El objetivo principal de esta etapa fue verificar si las acciones que se tomaron para resolver los problemas estaban conectadas con las prioridades de la organización y si existió apoyo del nivel estratégico y disponibilidad de los recursos requeridos

Charter como carta de navegación del proyecto de investigación y los resultados de mapear el proceso con sus diferentes etapas e interacciones, junto con la identificación de variables y las acciones para determinar la voz del cliente (VC) [14].

El Project Charter es un documento de consulta para el desarrollo del proyecto de investigación entre las dos IES. En él se describe la información general del proyecto y se aborda de manera breve el problema, metas, objetivos, alcance, los recursos necesarios, el calendario tentativo a llevar a cabo [15], el equipo de trabajo en el cual además de los investigadores del proyecto aparecen funcionarios de Secretaría General y de la División de Calidad. Del mismo modo se describen los costos, Stakeholders y los riesgos y restricciones que podrían presentarse en el proyecto.

El SIPOC se utiliza para documentar un proceso a alto nivel y mostrar visualmente el proceso desde las entradas del proveedor hasta los productos o servicios recibidos por los clientes [16]. Los beneficios clave de utilizar un diagrama SIPOC son identificar: los productos clave y los clientes de esos productos; los límites del proceso y las actividades clave; los proveedores y los insumos clave para sus procesos; los parámetros de calidad críticos para las entradas, procesos y salidas [17]. En la Tabla I se puede observar de manera ordenada y detallada los diferentes proveedores del proceso, las entradas, los procesos, salidas y clientes que conforman el servicio de ECC, esto permite identificar de manera general cómo funciona, cuál es el paso a paso, y elementos asociados al proceso.

Tabla I. Caracterización del proceso ECC

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXPEDICIÓN DE CONSTANCIAS Y/O CERTIFICADOS DE LA UNIVERSIDAD CASO DE ESTUDIO				
OBJETIVO	Garantizar la realización eficaz del proceso de expedición de constancias y/o certificados.			
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTE
Estudiante, egresado.	Solicitud de recibo.	Validación de pago de la constancia y/o certificado.	Recibo de pago.	Tesorería.
Estudiante, egresado.	Copia de recibo de pago y formato diligenciado.	Recepcionar y revisar el adecuado diligenciamiento de las solicitudes de constancias y certificados solicitados por los usuarios.	Solicitud de constancias y certificados.	Secretaría de secretaría general.
Secretaría de secretaría general.	Solicitud de constancias y certificados.	Realización de las constancias y/o certificados.	Constancias y/o certificados realizados.	Secretaría de secretaría general (o persona a cargo).
Secretaría de secretaría general.	Constancias y/o certificados realizados.	Revisión de las constancias y/o certificados realizados.	Constancias y/o certificados revisados.	Secretaría general.
Secretaría general.	Constancias y/o certificados revisados.	Firma de la constancia y/o certificado revisado.	Constancia y/o certificado revisado y firmado.	Secretaría de secretaría general.
Secretaría de secretaría general.	Constancias y/o certificados terminados.	Envío de constancias y/o certificados al usuario.	Constancias y/o certificados.	Estudiante, egresado.

De la tabla I se puede observar de manera ordenada y detallada los diferentes proveedores del proceso, las entradas, los procesos, salidas y clientes que conforman la ECC, esto permitió identificar de manera general cómo funciona, cuál es el paso a paso y los elementos asociados al proceso.

En las organizaciones el mapa de procesos es una herramienta establecida para mejorar la eficiencia, se define como una técnica de mejora de la calidad que descompone un proceso, o tarea, en sus componentes individuales, o pasos, y luego lo analiza [18]. Actualmente el servicio de ECC de la UCE se puede examinar en el mapa de procesos que se muestra en la Figura 2, donde se describen los pasos a seguir para la expedición de las constancias y/o certificados.

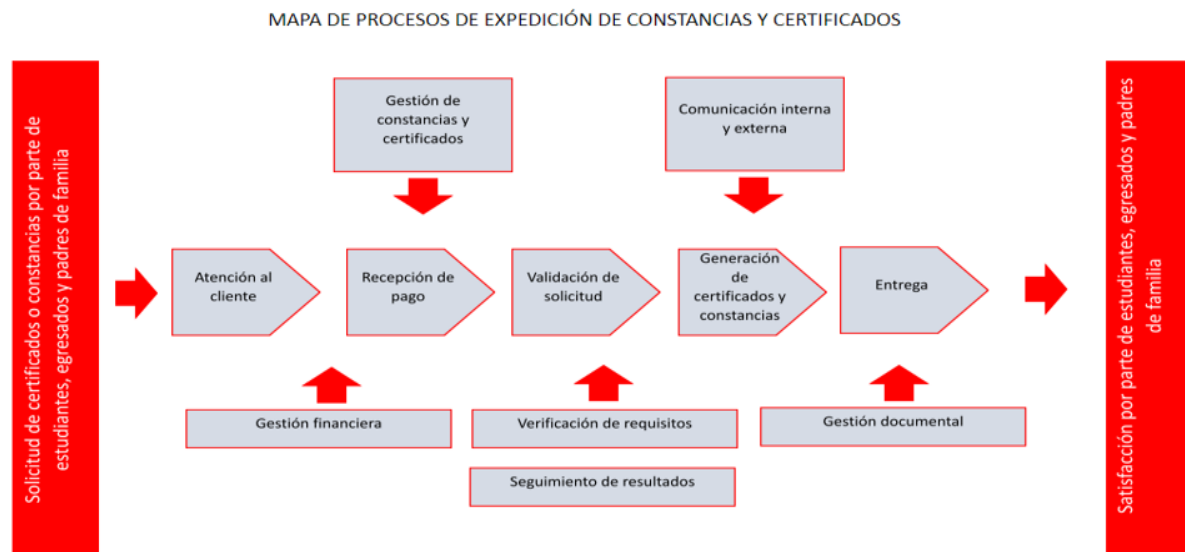


Figura 2. Mapa de procesos expedición de Constancias y Certificados. Fuente: Universidad Caso de Estudio.

Se identificaron cinco actividades que caracterizan el proceso del servicio de ECC y las dependencias que intervienen en su realización. En la Figura 3 se visualizan las actividades de expedición de constancias y/o certificados y documentos destinados a los usuarios de la UCE.

En la figura 3 se destacan 6 etapas en el proceso de expedición de ECC:

- Etapa 1: Validación
- Etapa 2: Recepción de la Solicitud
- Etapa 3: Realización
- Etapa 4: Revisión
- Etapa 5: Firma
- Etapa 6: Envío.

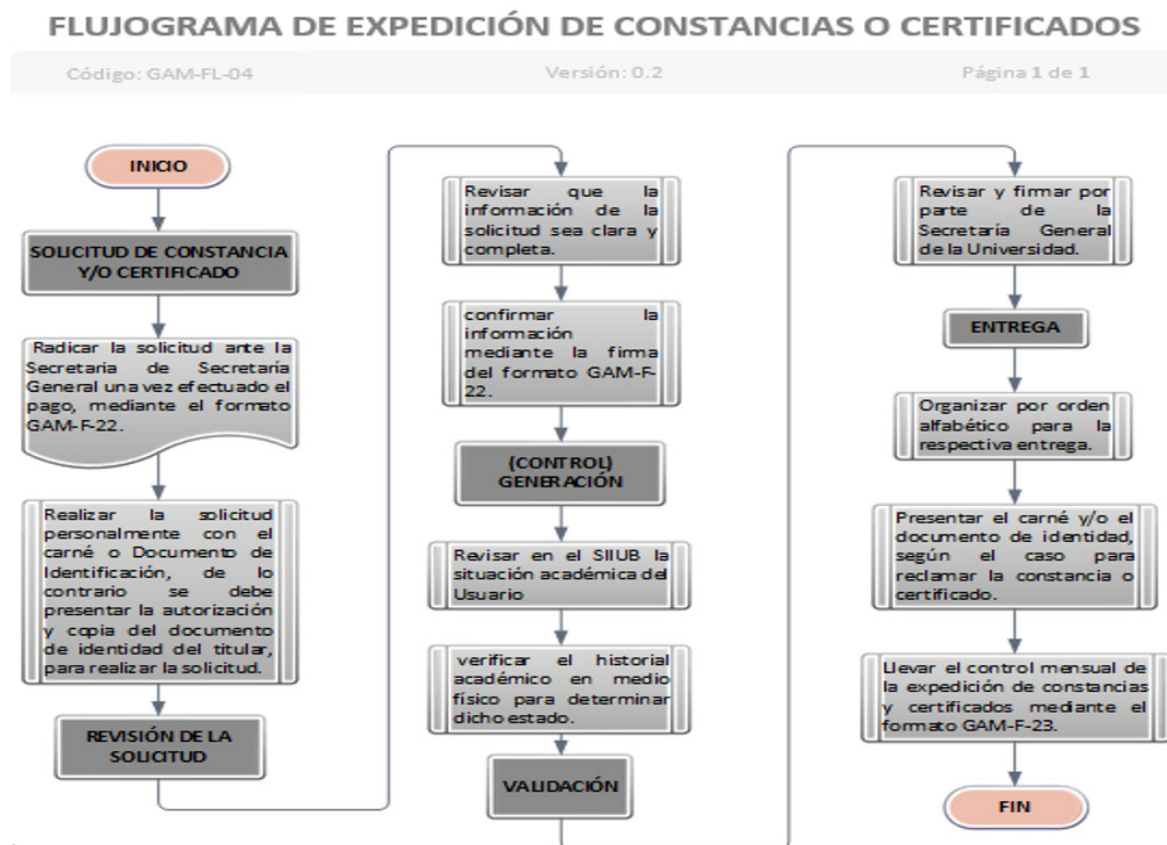


Figura 3. Flujoograma del proceso de ECC. Fuente: Universidad Caso de Estudio.

Dentro del proceso de ECC hay tres actores cuyas funciones son relevantes en el servicio. Secretaria General: Implementar, divulgar y mantener el procedimiento adecuadamente. También cuenta con la autoridad para lograr estos objetivos. Otorgar validez legal a las constancias y/o certificados mediante su firma. Secretaria de Secretaría General: Recibir las solicitudes de expedición de constancias y/o certificados, revisar la información necesaria para generar el documento, entregar en físico o enviar a través del correo electrónico el documento solicitado. Profesional de Registro y Control Académico: Revisar la constancia y /o certificado antes de ser validada por la Secretaria General. Identificadas las actividades desarrolladas junto a cada responsable en el proceso de ECC, se aplicaron las herramientas del modelo LSS con el fin de eliminar las mudas y dar inicio al mejoramiento del proceso. Para este caso se evidencia que uno de los problemas se refiere al incumplimiento del tiempo en la entrega del documento prometido al cliente por las demoras en los trámites y problemas derivados de la comunicación entre el cliente y las dependencias del proceso.

La determinación de la voz del cliente (VDC), contiene tanto diversos contenidos como beneficios para el cliente, sugerencias de ideas para nuevos productos o servicios, quejas sobre experiencias de clientes anteriores e información valiosa para las empresas en muchos aspectos [19]. Se acudió a una metodología mixta para recolectar información de la voz del cliente (estudiante o egresado) como sigue: por una parte, mediante la técnica de encuestas se recolecta información cuantitativa de los clientes que han experimentado el servicio; por otra parte, con la técnica Focus Group se realizó recopilación de información asociada con el sentir de quienes han tenido alguna experiencia del servicio [20].

Un resumen de la matriz de la voz del cliente se muestra en la Tabla II. En esta se presenta, entre otros conceptos, los CTQs (*Critical To Quality*), como una expresión de los requerimientos de calidad del cliente.

Tabla II. Resultados de la voz del cliente.

Voz de cliente	Características de calidad	Medición/índice	CTQs críticos para la calidad
Precio de certificado y/o constancia.	Costo del certificado.	Valor del certificado actual.	Minimizar el valor de los costos operativos.
Poca información del procedimiento.	Información.	Porcentaje de clientes satisfechos con la disposición de la información.	Acceso libre a la información y disponerla de manera física.
Entrega de certificados y/o constancia.	Tiempo del proceso.	Porcentaje de entregas de certificados y/o constancias oportunas.	Reducir el tiempo en la realización del procedimiento.
Poca flexibilidad en horarios de atención. Proceso poco eficiente de manera no presencial.	Horario de atención. Tiempo del proceso.	Horas de atención diurnas y horas de atención nocturnas. Tiempo de prestación del servicio desde que se solicita hasta que se entrega el certificado.	Atender en horarios más flexibles. Habilitar la expedición en el Sistema Integrado de Información (SIIUB) de la UCE.
En ocasiones la atención no es adecuada.	Atención al cliente.	Porcentaje de clientes satisfechos con la atención.	Mayor disposición y amabilidad por parte de los funcionarios prestadores del servicio.

Las expectativas de calidad del servicio que revela la voz del cliente, corresponden con parámetros de calidad tales como: reducción de costos, mayor información al cliente, disminuir tiempos de entrega del servicio, flexibilidad en los horarios, habilitar una aplicación para solicitud de certificados en el SIIUB y mejorar la disposición a la atención y amabilidad de los funcionarios que prestan el servicio.

Se realiza una Encuesta de Satisfacción, información recolectada a 305 usuarios que han tenido alguna experiencia del servicio. De los usuarios encuestados, el 88,2% son estudiantes activos y el resto son egresados. Cuantificada la satisfacción del servicio se encuentra que el 49,1% de los clientes se encuentran satisfechos con el servicio recibido, en tanto que el 21,8% muestran una postura de insatisfechos con el servicio recibido.

Finalmente, el 28,8% de los usuarios están en la franja de aquellos indecisos a estar en los clientes satisfechos o insatisfechos. La valoración de algunas características de la calidad del servicio, que los clientes expresan en la encuesta se pueden observar en la figura 4.



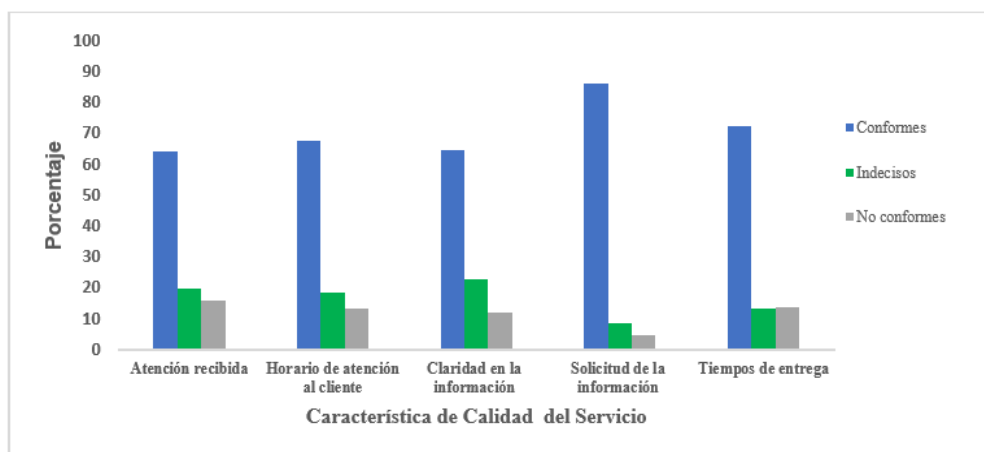


Figura 4. Resultado de expectativas de calidad del servicio en la encuesta.

Si bien el porcentaje de personas conformes con la prestación del servicio en cada una de las características de calidad está por encima del 64%, la franja más pequeña correspondiente a los no conformes tiene porcentajes de no conformidad que vale la pena tener en cuenta: atención recibida 16%, horarios de atención 13,5%, y tiempos de entrega con el 14%. Los encuestados hacen algunas sugerencias para mejorar el proceso de ECC: el 22,6% de ellos están de acuerdo con reducir costos de un certificado y/o constancia, 14,5% sugieren buscar mejoras en la atención durante el proceso, 12,6% sugieren agilizar el proceso en tanto que 8,8% de los encuestados manifiestan que se debería reducir el tiempo de ECC, el 6,3% piensan que se pueden agilizar los trámites con el uso del internet de manera automática, en tanto que el 5,03% solicitan contar con mayor información del proceso; la cual se puede hacer por medios públicos para llegar a la mayor parte de los usuarios.

### *Etapa de Medición*

El tema principal de la fase de medición es recopilar y analizar los datos que se necesitan en la fase de control para mostrar las diferencias y evaluar el progreso que se presentará a la alta dirección. Esta etapa se refiere a la recopilación de información sobre los procesos que se van a mejorar, se enfoca en aquella que se necesita para comprender mejor todos los procesos en la organización, las expectativas de los clientes, las especificaciones de los proveedores y la identificación de los posibles lugares donde puede ocurrir un problema [13]. Se presenta la medición de la situación actual del proceso de ECC mediante la cuantificación de las variables críticas de calidad del sistema, CTQs, identificadas en la etapa Definir como variables de entrada (Xs) y de salida (Ys). Con esta intención a continuación se muestra el plan de recolección de datos.

**Datos de encuesta.** Algunos conceptos para identificar las variables y las acciones a seguir para la recolección de datos se muestran en la Tabla III.

Tabla III. Plan de recolección para datos de encuesta.

Variables	Tipo de Variable	Tipo de Dato	Frecuencia de Salida	Meta
Satisfacción	Salida	Cualitativos	Satisfecho/No Satisfecho	Conocer el grado de satisfacción que tiene el encuestado del servicio recibido.
Amabilidad	Proceso	Catagóricos	Según valor de escala.	Obtener el nivel de amabilidad de la personas que prestan el servicio.
Flexibilidad en horarios	Entrada/Proceso/Salida	Catagóricos	Según valor de escala.	Conocer el grado de flexibilidad y oportunidad para da el servicio conforme a las necesidades del cliente.
Oportunidad	Salida	Catagóricos	Según valor de escala.	Cumplimiento con los tiempos establecidos para la entrada de constancias y/o certificados.
Fiabilidad	Entrada/Proceso/Salida	Catagóricos	Según valor de escala.	Conocer la habilidad para dar el servicio prometido de forma cuidados, sin errores y dando solución a los problemas.
Tiempo	Salida	Continuos	Promedio	Estimar el tiempo medio de expedición del certificado y/o constancia.

Es apropiado aclarar que para la variable “tiempo” que es el lapso que transcurre desde cuando el estudiante solicita el servicio hasta cuando lo recibe a satisfacción, se ha construido un instrumento un instrumento donde se cuantifican los tiempos de expedición para las 6 etapas: validación del pago, recepción de la solicitud, realización, revisión , firma y envío.

Se diseña un Plan de recolección de datos con técnica Focus Group. Un focus group es un método de investigación que reúne a un pequeño grupo de personas para responder preguntas en un entorno moderado, el grupo se elige debido a rasgos demográficos predefinidos, y las preguntas están diseñadas para arrojar luz sobre un tema de interés. El focus group es un tipo de investigación cualitativa, las observaciones de la dinámica del grupo, sus respuestas a las preguntas e incluso su lenguaje corporal pueden orientar

futuras investigaciones sobre decisiones de los consumidores, productos y servicios, o temas controvertidos [21]. Con el propósito de obtener información relevante y requisitos de las partes interesadas sobre el servicio de expedición de constancias y/o certificados de la UCE se tiene el plan de recolección de datos mediante la técnica de Focus Group. Para su desarrollo se establecen las actividades para garantizar la participación de los clientes y se planea su desarrollo en cuatro etapas: introducción, preguntas para introducción, preguntas para profundizar y preguntas para finalizar.

La recolección de datos tuvo como propósito proveer datos del proceso de expedición de Certificada Estudiante Matriculado (CEM), para mostrar si cumple con las especificaciones de calidad en dos sentidos: el primero se refiere a mantener un proceso controlado de acuerdo con las especificaciones

establecidas por el Sistema de Gestión de Calidad de Procesos (SGCP). El segundo se relaciona con la capacidad que debe tener para responder con las expectativas de los clientes. Esta tarea se adelanta con el uso herramientas estadísticas para control de calidad como: histogramas, diagramas de control y diferentes métricas asociadas con índices de capacidad de procesos. La ficha técnica de la encuesta hace referencia a un tamaño de muestra de 179 solicitudes de certificados y/o constancias, mediante un diseño de muestreo aleatorio simple con una confianza del 95% y un margen de error de 7.4 horas. De esta muestra se encuentra que 86 corresponden a expedición de CEM.

agregado, es una herramienta que se utiliza para mejorar la eficiencia de las operaciones mediante la eliminación o reducción de los desperdicios [22]. Para el proceso en estudio el VSM se puede ver en la figura 5. En el VSM el lead time es el tiempo que tarda un certificado en ser elaborado, tiempo que transcurre desde su solicitud hasta la entrega al cliente final. Mantener un lead time bajo dentro de un proceso, es asegurar la satisfacción del cliente [23]. Tal como aparece en la figura 5, para el proceso de expedición de CEM, el valor del lead time es de 26.57 horas, tiempo que va desde la validación hasta el envío del documento. Este valor es demasiado alto al considerar que el tiempo de procesamiento es de 64.18 horas, lo que se traduce en 29.28% de tiempo sin valor agregado en todo el proceso de servicio de expedición del CEM.

Un mapa flujo de valor (Value Stream Mapping: VSM) es una colección de todos los datos pertenecientes a las actividades de un proceso, las cuales pueden o no generar valor

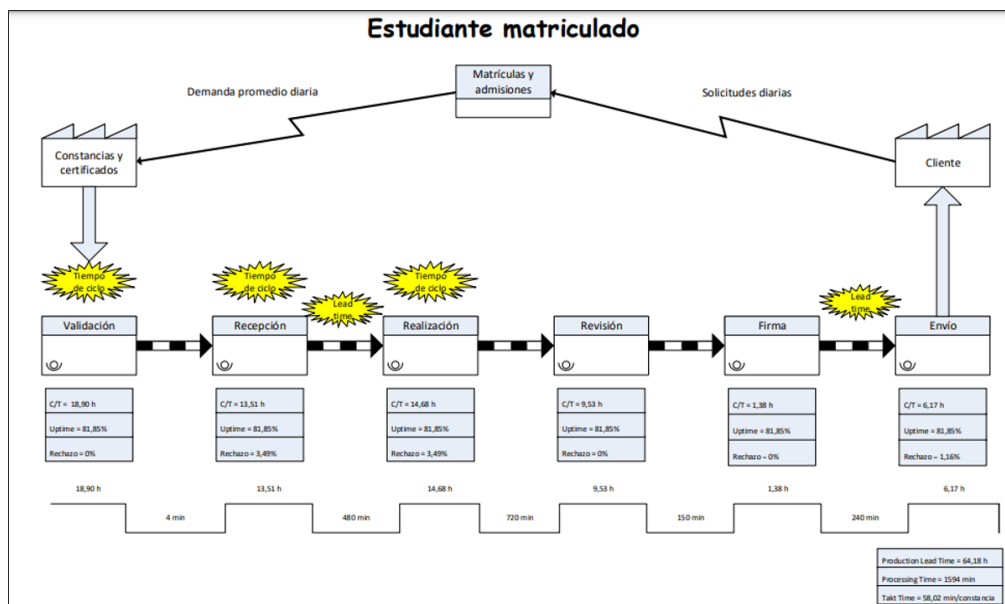


Figura 5. Mapa flujo de valor actual-CEM

Los ciclos más largos se encuentran en los tiempos de las etapas de validación, recepción y realización; en las cuales se originan tres estallidos kaizen. Así mismo, en las etapas de recepción y realización se presenta el porcentaje más alto de rechazo, valor que, a pesar de no ser alto, vale la pena abordar para conocer la razón de su procedencia. Por otra parte, el Takt-time es la unidad de tiempo en la que se debe producir un producto (tasa de oferta) para igualar la tasa a la que se necesita ese producto (tasa de demanda) [24], es decir para el caso de estudio el takt time es la frecuencia con la que el proceso debe elaborar una constancia

acuerdo a los datos tomados se presenta a continuación en la Tabla IV.

Tabla IV. Tiempos en las etapas de elaboración de un CEM.

Factor	Validación	Recepción	Realización	Revisión	Firma y Envío	Total
Tiempo elaboración día (min).	18,7	11,22	29,91	29,91	7,48	97,22
Tiempo de inactividad día (min).	3,45	2,07	5,53	5,53	1,38	17,96
<i>Uptime</i>	81,52%	81,52%	81,52%	81,52%	81,52%	

Los tiempos de espera más prolongados se dan entre la etapa de recepción y realización y entre la etapa de firma y envío, razón por la cual se identificaron estallidos kaizen en ambos puntos. Del mismo modo, tal como se observa en la tabla 4, el tiempo de actividades es del 81.52%, valor que seguramente se ve afectado por las horas que dedican los funcionarios en expedir otro tipo de certificados y/o constancias en cumplimiento de su plan de actividades laborales. A dichas horas se le descontaron los tiempos de inactividad derivados de diversos imprevistos que se dan en la cotidianidad laboral. Mediante la medición estadística del tiempo de expedición CEM sirvió para identificar las actividades del proceso que no generan valor y en consecuencia insatisfacción en los clientes, se llevó a cabo un estudio de tiempos en el servicio de expedición del

CEM. Posteriormente se realiza un análisis estadístico base para identificar las posibles mudas que impiden que el proceso se lleve a cabo en el tiempo estándar definido por la división de calidad, el cual, establece que el tiempo de entrega de certificados y/o constancia debe realizarse en un plazo máximo de 3 días hábiles. La medición se realizó siguiendo las etapas contempladas para la ECC mediante el registro en línea del tiempo en un formato Excel por parte los funcionarios que intervienen en el proceso, en 6 etapas a saber: validación, recepción de la solicitud, realización, revisión, firma y envío. Una vista de los tiempos esta en la figura 6, donde se puede apreciar aquellas etapas con mayor influencia de datos atípicos asociados a las demoras en el proceso de expedición CEM.

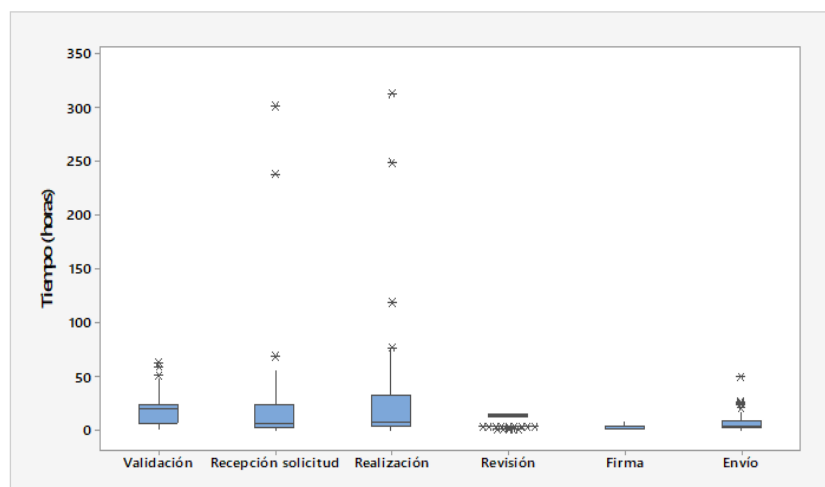


Figura 6. Diagrama de caja para el tiempo de expedición CEM en cada etapa del proceso

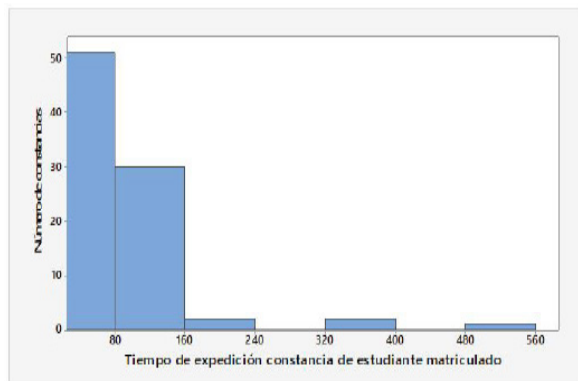


Figura 7. Histograma de los tiempos de expedición CEM.

La gráfica del tiempo deja ver una distribución que se aleja de la normal ( $p\text{-value} < 0.005$ ) con marcado sesgo a la derecha, en este sentido pierde valor interpretar el promedio estimado del tiempo de expedición (90.72 horas) y la desviación estándar (77,81 horas). La presencia de valores atípicos por arriba de la media y particularmente por encima de 72 horas (tres días hábiles), que es el tiempo prometido al cliente para satisfacer el servicio, hace que la entrega de este certificado no cumpla con los tiempos establecidos por el SGCP de la universidad. Las gráficas de control para el tiempo de expedición CEM permiten estudiar la variabilidad de los datos del tiempo de expedición de certificado de estudiante matriculado se construye con los datos reales un diagrama de control para valores individuales.

$$\bar{x} \pm 3 \left( \frac{\bar{R}}{1.128} \right)$$

Donde se tiene que  $\bar{x}$  es la media muestral usada como estimador de la media poblacional  $\mu_x$ ,  $(\bar{R})_R$  corresponde al promedio general de los rangos móviles entre datos de longitud  $n = 2$ , y  $\frac{1}{d_2}$  es una estimación de la desviación estándar poblacional  $\sigma_x$ . Del anterior cociente  $d_2$  es una constante que para un rango móvil de tamaño 2 es 1.128. Los resultados se pueden visualizar en la figura 8, donde aparece la línea central con el valor promedio de 90.7 acompañado del límite de control inferior (LCL) de -55.9 horas y límite de control superior (UCL) de 237.4 horas.

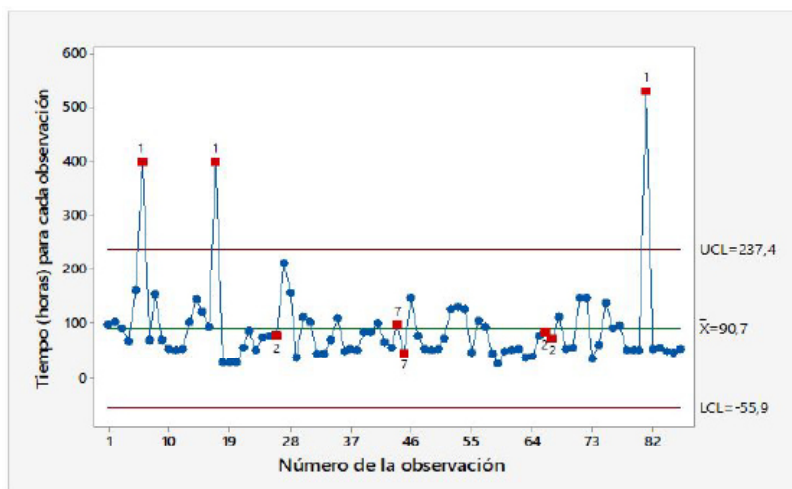


Figura 8. Diagrama de control para los tiempos de expedición de certificado de CEM.

El diagrama muestra un proceso inestable por la presencia de puntos en el proceso que están fuera de los límites de control. Algunos patrones en los datos por analizar son:

**Prueba 1.** Un punto o más a tres desviaciones estándar de la media, prueba fallida en los puntos: 6, 17, y 81. El resultado revela variabilidad atribuible a salidas esporádicas de control por demoras en casos de baja ocurrencia. **Prueba 2.** Nueve puntos seguidos en el mismo lado de la línea central, prueba fallida en los puntos: 26, 66, 67. Es señal de pequeños cambios en los tiempos de entrega del certificado no detectados por

el diagrama. **Prueba 7.** 15 puntos dentro de una desviación estándar de la línea central por encima y por debajo del CL, prueba fallida en los puntos: 44, 45. Hay un aparente estado de control del proceso, tal vez por tener unos límites de control muy amplios. Descripción estadística del proceso CEM luego de eliminar datos atípicos, realizado un análisis de los valores atípicos con la identificación de las causas que los determinan, se procede a su eliminación para posteriormente hacer una descripción numérica y gráfica de la variable tiempo de CEM. Una primera inspección gráfica se puede ver en la figura 9.

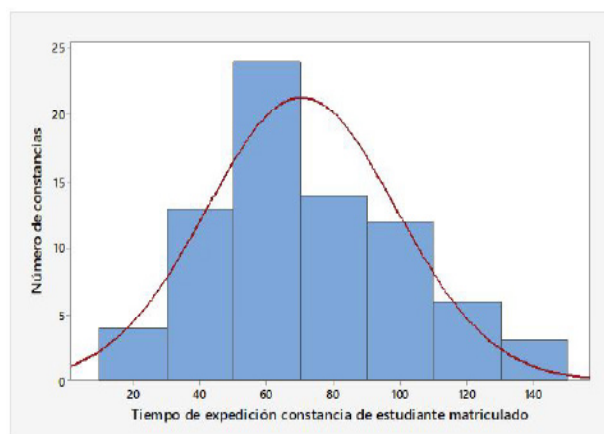


Figura 9. Histograma tiempos de expedición CEM, sin datos atípicos.

Con la eliminación de los datos atípicos la variable en estudio presenta un promedio de 70.36 horas y una desviación estándar de 28.48 horas, su distribución tiene menos sesgo a la derecha, pero al realizar la prueba de normalidad de Anderson Darling su resultado deja ver desviaciones con respecto de la distribución normal (*valor  $p < 0.005$* ).

Gráfica de control del tiempo de expedición CEM sin datos atípicos se ilustran en la Figura 10. Para establecer si al eliminar datos atípicos se logra un proceso de expedición de CEM estable, es decir que la variación se debe a causas comunes o propias del azar difíciles de eliminar, se hace un diagrama de control para valores individuales. Además muestra la variabilidad de la característica tiempo sobre la línea central con  $\bar{x} = 70.4$  horas, un límite de control inferior ( $LCL = 10$  horas) y un límite de control superior ( $UCL = 130.7$  horas). La gráfica deja ver algunos patrones sistemáticos de los datos que no son normales y afectan la estabilidad del proceso.

**Prueba 1.** Un punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea central: prueba fallida en los puntos: 11, 40, 65, 66. Persisten de manera esporádica datos atípicos en el proceso. **Prueba 5.** 2 de 3 puntos a más de 2 desviaciones estándar de la línea central (a un lado del límite de control), prueba fallida en los puntos 12, 47, 48 y 66: en este punto el proceso

detecta pequeños cambios en los tiempos. Prueba 6. 4 de 5 puntos a más de una desviación estándar desde la línea central (a un lado del límite de control). Prueba fallida en el punto 50: el proceso detecta cambios pequeños que ocurren con cierta rapidez.

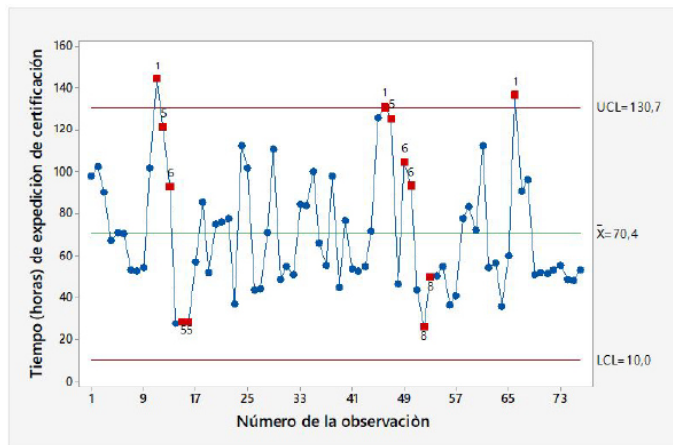


Figura 10. Diagrama de control para el tiempo de expedición CEM.

Análisis de la capacidad del proceso de expedición CEM. Para analizar la capacidad del proceso en el servicio de expedición CEM se acude a la prueba de bondad de ajuste para buscar la mejor distribución de los datos, en esta tarea se encuentra que la Weibull con parámetro de forma = 2.5007 y de escala de 82.898 es la mejor (*valor  $p < 0,038$* ). Con la distribución de Weibull se procede a realizar el análisis de capacidad a largo plazo mediante un estudio unilateral de lado derecho con especificaciones de calidad establecidas entre 0 y 72 horas, este último valor es el tiempo máximo prometido al cliente. Con un total de 72 solicitudes de constancia de matrícula, datos con un promedio muestral de 73.29 horas y con especificaciones de calidad unilateral de lado derecho entre 0 y 72 horas, se tienen los resultados de la capacidad del proceso. En la figura 11 se tiene la descripción gráfica acompañada posteriormente por algunas métricas útiles para el análisis de capacidad a largo plazo.

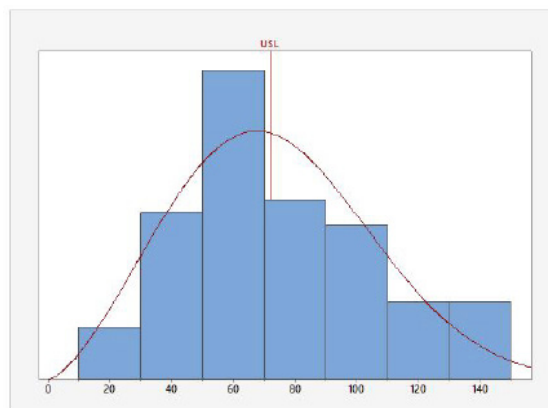


Figura 11. Representación gráfica para análisis de capacidad del proceso de expedición CEM.

Algunos indicadores de capacidad del proceso de expedición CEM que se pueden utilizar para su análisis se muestran a continuación en la Tabla V.

Tabla V. Indicadores del proceso de expedición CEM.

Desempeño Observado	Capacidad General	Exp. Desempeño General
PPM < LSL = 0,00	Pp'	PPM < LSL'
PPM < USL = 430379,75	PPL'	PPM>USL=495116,55
PPM TOTAL = 430379,75	PPU= 0,00 PpK= 0,00	PPP Total = 495116,55

Para el análisis de capacidad del proceso CEM interesa el menor tiempo en la prestación del servicio, por esta razón no se ha establecido un límite de control inferior, por lo tanto  $PPM < LSL$  es igual a cero. Al observar el cuadro de métricas de capacidad, en la parte del desempeño observado, el indicador  $PPM > USL$  señala que por cada 1.000.000 de certificados que se realizan en este proceso, hay 430379.75 solicitudes que estarían fuera de las especificaciones establecidas por el SGCP, de tal forma se evidencia un proceso que no es capaz de cumplir lo prometido al cliente.

Al pasar al desempeño general esperado se puede ver a que a largo plazo por la variación existente se pueden tener solicitudes por fuera de los límites de especificación. En cuanto a la capacidad general del proceso de expedición de certificado de estudiante matriculado, se tiene que el índice  $P_p$  al no contar con un proceso centrado y ser un estudio unilateral no muestra ningún valor. En este sentido acude la métrica  $P_p K=0.00$ , la que por su valor muy lejano de 1.26 que es el valor estándar a comparar en procesos unilaterales, señala que es un proceso que no cumple con los requerimientos del cliente.

En resumen, se tiene que el proceso no es estable y además no tiene la capacidad de satisfacer al cliente para brindarle un servicio en el tiempo prometido. Es necesario buscar reducir el tiempo promedio lo mismo que la variabilidad de los tiempos de expedición del certificado.

### ***Etapa de Análisis***

En esta etapa se utilizan herramientas como el diagrama de Pareto y diagrama causa efecto para identificar las principales causas que dan origen al problema. Inicialmente se busca la raíz de las causas que amenazan la variabilidad en el tiempo de expedición de certificados y/o constancias, para ello se identifican cuatro factores causales principales a saber: usuario, recurso humano, procedimientos y manejo de la información; posteriormente mediante un diagrama de causa efecto se ahonda sobre la raíz de las causas tal como se muestra en la Figura 12. Mediante la técnica de los Por qué se indaga en cada factor las causas que afectan los tiempos de entrega de las certificaciones y/o constancias, causas que se muestran en el diagrama. Es relevante señalar que las causas de mayor frecuencia en los tiempos de expedición son: diligenciamiento tardío del formato de calidad, trámite de recibo de caja, demora en validación del pago, mal manejo de correos, alto flujo de correos; sobre estas causas se debe intervenir para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad en la expedición de certificados y constancias.



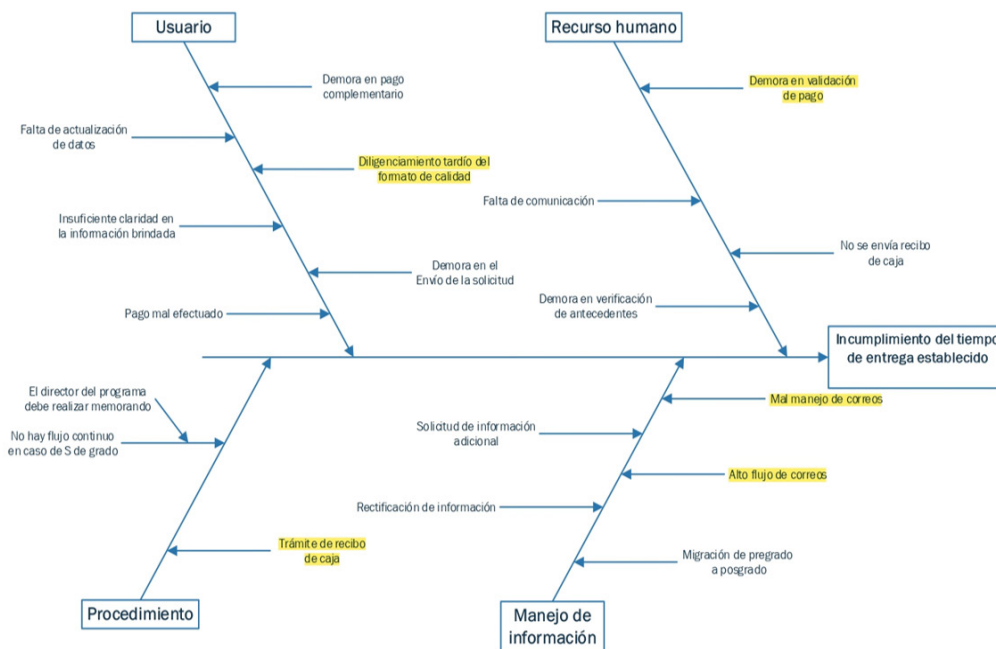


Figura 12. Diagrama causa efecto procesos de expedición de constancias y/o certificados.

Determinadas las causas que generan el no cumplimiento en las especificaciones de calidad establecidas para la entrega de las certificaciones y/o constancias, se hace un diagrama de Pareto donde se muestran las de mayor impacto en las no conformidades. (Figura 13).

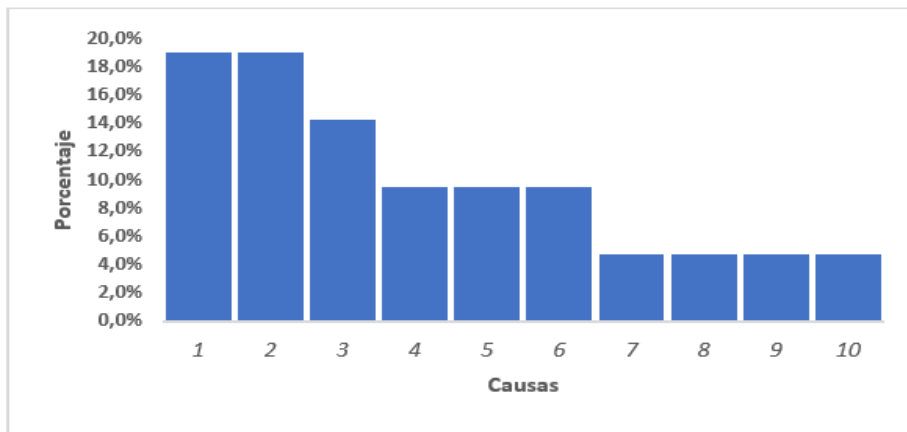


Figura 13. Diagrama de Pareto para las causas atribuibles al incumplimiento en la entrega.

Para este diagrama las causas atribuibles a la demora en la ECC son: 1. Falencia en la gestión de correo en la recepción de solicitudes, 2. Diligenciamiento tardío del formato de calidad, 3. Migración de pregrado a posgrado, 4. Comunicación inadecuada, 5. Verificación de antecedentes, 6. Demora en trámite de recibo de caja, 7. Demora en la validación de pago, 8. Falta de actualización de datos, 9. Demora en pago complementario, 10. Insuficiente claridad en información brindada. Se puede destacar que hay dos causas: falencia en la gestión de correo en la recepción de solicitudes y diligenciamiento tardío del formato de calidad, que

producen el 36% de las fallas. Adicional se observa que el 80% de los cuellos de botella tienen origen en los 6 primeros datos atípicos, cuyas causas son: falencias en la gestión de correo en la recepción de solicitudes, diligenciamiento tardío del formato de calidad, migración de pregrado a posgrado, comunicación inadecuada, demora en la verificación de antecedentes lo mismo que en trámite de recibo de caja.

### Etapa de Mejoramiento

En esta etapa se tomó la información necesaria para desarrollar un plan de acción tendiente a mejorar el funcionamiento de la ECC en aspectos administrativos y aspectos relacionados con la satisfacción del cliente. También se muestra algún tipo de soluciones piloto, que confirman la validez y precisión del trabajo analítico que permite hacer las correcciones antes de aplicar las soluciones a gran escala. A continuación, en la Tabla VI se plantea un conjunto de soluciones, para contextualizar las opciones de mejora se presentan los problemas, con su respectiva causa potencial, el objetivo de estas opciones de mejora es generar un impacto positivo en la medida de referencia, que mejorará el ambiente laboral para el personal encargado de la ECC y una mejor experiencia en el servicio para los clientes.

Tabla VI. Matriz plan de mejora

UNIVERSIDAD CASO DE ESTUDIO						
Proceso de Expedición de Constancias y/o Certificados						
PROBLEMA	CAUSA	ACCION(ES) DE MEJORA	RESPONSABLE(S)	BENEFICIO	CONTROL	META %
Diligenciamiento tardío del formato de calidad.	Desconocimiento por parte de los usuarios del procedimiento y del formato establecido por el sistema de gestión de calidad de la Universidad para realizar el trámite de solicitud de constancias y/o certificados.	Establecer un Instructivo en la página web para la solicitud de constancias y/o certificados, donde también se adjunte el formato para la descarga.	SIUB-División de Tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Agilizar el proceso de solicitud de la constancia y/o certificado.</li> <li>* Conocer las necesidades y requerimientos del usuario.</li> <li>* Obtener la información correcta del usuario y del tipo de solicitud mediante el diligenciamiento del formato.</li> <li>* Disminuir el No de constancias y/o certificados mal elaborados.</li> </ul>	No. de Solicitudes incorrectas (durante el período X) No. Total de Solicitudes (durante el período X) *100%	36%
Falencias en la gestión de los correos en la recepción de solicitudes de constancias y/o certificados.	Los correos destinados para la solicitud tienen un alto flujo de correos diarios con múltiples tipos de información, lo que dificulta el filtro para identificar si hay solicitudes pendientes para la elaboración de una constancia y/o certificado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Crear un aplicativo en la página de la universidad para realizar el trámite.</li> <li>* Caracterizar el proceso en cuanto al flujo de información y tiempos para el proceso de expedición de constancia y/o certificados.</li> <li>* Asignar a un responsable para que se dedique solo a la validación de los pagos.</li> <li>* Establecer pagos electrónicos mediante un sistema de pagos seguros en línea.</li> <li>* Apertura de un correo que solo sea utilizado para gestionar la expedición de constancia y/o certificado.</li> </ul>	SIUB-División de Tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejorar los tiempos de respuesta a los usuarios.</li> <li>* Aumentar la satisfacción del cliente.</li> <li>* Confiabilidad en el proceso.</li> <li>* Determinación de la capacidad instalada adecuada para el proceso en picos de demanda alta.</li> <li>* Optimizar recursos.</li> <li>* Agilizar el proceso de solicitud de la constancia y/o certificado.</li> </ul>	No. de Solicitudes atendidas diariamente No. Total de Solicitudes Diarias *100%	100%
Base de datos de estudiantes antiguos no se encuentra en el sistema.	Para los egresados antiguos el trámite de expedición de un certificado y/o constancia es más demorado de lo normalmente establecido ya que esta información no se encuentra digitalizada.	* Digitalizar todo el historial académico de egresados y estudiantes.		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estandarización en los tiempos de Lead Time del proceso.</li> <li>* Cumplimiento en los tiempos establecidos por el sistema de gestión de calidad.</li> </ul>	Cantidad de constancias certificadas entregadas en la fecha X Cantidad total de constancias o certificados solicitados para la fecha X *100%	100%

### Conclusiones

La aplicación de la herramienta LSS para IES en el proceso de matrículas y admisiones de la UCE, permitió identificar los recursos con capacidad restringida que causaban demoras

en la expedición de las constancias y/o certificados, generando insatisfacción en los usuarios.

Con la aplicación de la herramienta se puede afirmar que para alcanzar el nivel Six Sigma en las IES se requiere que los procesos académicos, de currículo, administrativos y de servicios comprendan las razones de su variabilidad, mediante el análisis de causa y efecto. Por otra parte, la aplicación de esta herramienta permitió conocer la causa raíz de los problemas presentados en el PGAM de la UCE. De esta manera se pudo plantear un plan de mejoramiento que al implementarlo conllevará al aumento de la eficacia y eficiencia en la ECC, permitiendo reaccionar adecuadamente a los problemas que se presentan en el proceso. A pesar de que la aplicación de LSS en IES está en su etapa de exploración, este caso de estudio sirve para afirmar que la metodología LSS es una herramienta efectiva que permite estudiar, analizar y mejorar los procesos administrativos y académicos inmersos en las IES. Es importante mencionar que para superar los obstáculos durante la aplicación de la herramienta se requiere mitigar la resistencia al cambio y contar con el liderazgo y apoyo de las partes interesadas.

La aplicación del modelo Lean Six Sigma en el proceso de ECC conllevó al planteamiento del plan de mejora. Esto determina que para reducir los problemas como los bucles de reelaboración, los desperdicios y los tiempos de espera en la expedición de este tipo de documentos, se debe garantizar que se desarrollen las mejores contramedidas por lo que el personal encargado del proceso puede ejecutar mini ciclos de prueba, conocidos como PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) para refinar las soluciones mientras recopila valiosos comentarios y opiniones de las partes interesadas, estos ciclos son una excelente forma de averiguar si las pequeñas mejoras son viables de una manera rápida y

de bajo impacto.

## Referencias

- [1] S. Carsten and A. Jiju, "A Lean Six Sigma Program in Higher Education", *International J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 32, no. 9, 2015
- [2] J. Bocanegra y D. Guerrero, "Memorias Congreso Internacional Industria y Organizaciones", *Congr. Int. Ind. y Organ.*, p. 210, 2017
- [3] J. I. Mesa-Mojica, H. F. Castro-Silva, y H. F. Salazar-Sanabria, "Modelos colaborativos para la gestión de inventarios múltiples. Aplicación en el sector artesanal colombiano", *Mundo Fesc*, vol. 11, n.º 21, pp. 96-109, ene. 2021
- [4] M. Haerizadeh and V. Sunder M, "Impacts of Lean Six Sigma on improving a higher education system: a case study", *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 36, no. 6, pp. 983–998, 2019, doi: 10.1108/IJQRM-07-2018-0198
- [5] C. ton Su, "Improving service quality by capitalising on an integrated Lean Six Sigma methodology Tai-Lin Chiang Che-Ming Chang", vol. 2, no. 1, 2006
- [6] I. Alhuraish, C. Robledo, and A. Kobi, "A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors", *J. Clean. Prod.*, vol. 164, pp. 325–337, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.146
- [7] D. Nave, "How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints", *Onde Electr.*, vol. 75, no. 2, pp. 6–10, 2002
- [8] R. Sundar, A. N. Balaji, and R. M. Satheesh Kumar, "A review on lean manufacturing implementation techniques", *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 1875–1885, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.341

- [9] N. Parikh, P. Gargollo, and C. Granberg, “Improving Operating Room Efficiency Using the Six Sigma Methodology”, *Urology*, vol. 154, pp. 141–147, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.UROLOGY.2021.02.049
- [10] J. D. Hess and B. A. Benjamin, “Applying Lean Six Sigma within the university: opportunities for process improvement and cultural change”, *Emerald Insight*, vol. 6, p. 16, 2015
- [11] A. Cherrafi, S. Elfezazi, A. Chiarini, A. Mokhlis, and K. Benhida, “The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model”, *J. Clean. Prod.*, vol. 139, pp. 828–846, Dec. 2016, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.08.101
- [12] H. F. Castro-Silva, G. A. Rodríguez-Cañas, and H. H. López-Márquez, “Characterization of maturity in civil construction works in Colombia”, *Respuestas*, vol. 25, no. 2, pp. 65–74, 2020, doi: 10.22463/0122820x.2668
- [13] M. Smętkowska and B. Mrugalska, “Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 238, pp. 590–596, 2018, doi: 10.1016/j.sbspro.2018.04.039
- [14] J. Albrecht, “GIS Project Management”, *Compr. Geogr. Inf. Syst.*, vol. 3, pp. 446–477, Jan. 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.09612-3
- [15] S. Rueeeker and M. Radzikowska, “The iterative design of a project charter for interdisciplinary research”, *Proc. Conf. Des. Interact. Syst. Process. Pract. Methods, Tech. DIS*, pp. 288–294, 2008, doi: 10.1145/1394445.1394476
- [16] J. Antony, “Lean Six Sigma for higher education”, *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 66, no. 5, pp. 574–576, 2017, doi: 10.1108/IJPPM-03-2017-0063
- [17] J. Antony, N. Krishan, D. Cullen, and M. Kumar, “Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs)”, *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 61, no. 8, pp. 940–948, 2012, doi: 10.1108/17410401211277165
- [18] C. M. Bowe, B. Gurney, J. Sloane, and C. Newlands, “Process mapping and Lean principles applied to orthognathic surgery”, *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 59, no. 2, pp. 157–162, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.BJOMS.2020.07.046
- [19] H. Lee, J. Han, and Y. Suh, “Gift or threat? An examination of voice of the customer: The case of MyStarbucksIdea.com”, *Electron. Commer. Res. Appl.*, vol. 13, no. 3, pp. 205–219, 2014, doi: 10.1016/j.elerap.2014.02.001
- [20] M. Luke and K. M. Goodrich, “Focus Group Research: An Intentional Strategy for Applied Group Research?”, *J. Spec. Gr. Work*, vol. 44, no. 2, pp. 77–81, 2019, doi: 10.1080/01933922.2019.1603741
- [21] K. Williamson, “Research techniques: Focus groups”, *Res. Methods Students, Acad. Prof.*, pp. 251–264, Jan. 2002, doi: 10.1016/B978-1-876938-42-0.50024-1
- [22] S. Kundgol, P. Petkar, and V. N. Gaitonde, “Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry”, *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 4640–4646, 2019, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.10.282
- [23] A. Dolgui, O. Ben Ammar, F. Hnaien, and M. A. O. Louly, “A State of the Art on Supply Planning and Inventory Control under Lead Time Uncertainty”, 2013
- [24] X. Brioso, D. Murguía, and A. Urbina, “Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-point Precedence Relations: A Peruvian Case Study”, *Procedia Eng.*, vol. 196, pp. 666–673, 2017, doi: 10.1016/J.PROENG.2017.08.056