

Lean Six Sigma application to reduce contracts elaboration time in a Higher Education Institution

Jorge Abad-Morán, PhD¹, Josselin Vera-Aguirre, Ing¹, Bianka Cabanilla-Sánchez, Ing¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción,
Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jabad@espol.edu.ec, jivera@espol.edu.ec, bbcabani@espol.edu.ec

Abstract— The lean six sigma methodology with its stages DMAIC (define, measure, analyze, improvement, control) was used in the current research to improve the contract elaboration process at the legal department in a public higher education institution. In the define stage, it was identified that process time did not comply with the standards and customers were highly dissatisfied. In the measurement stage, process information was collected and variables which influence the response time were identified. A stratification analysis was made in order to identify critical variables that affect the contract elaboration process. Six solutions were proposed for process improvement and achieve a significant reduction in the contract elaboration time. Its effectivity were verified through simulations in Promodel.

Keywords— Lean, Six Sigma, DMAIC, contracts, simulation.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.133>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Aplicación de Lean Seis Sigma para reducir el tiempo en la elaboración de contratos en una Institución de Educación Superior

Jorge Abad-Morán, PhD¹, Josselin Vera-Aguirre, Ing¹, Bianka Cabanilla-Sánchez, Ing¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jabad@espol.edu.ec, jivera@espol.edu.ec, bbcabani@espol.edu.ec

Abstract - The lean six sigma methodology with its stages DMAIC (define, measure, analyze, improvement, control) was used in the current research to improve the contract elaboration process at the legal department in a public higher education institution. In the define stage, it was identified that process time did not comply with the standards and customers were highly dissatisfied. In the measurement stage, process information was collected and variables which influence the response time were identified. A stratification analysis was made in order to identify critical variables that affect the contract elaboration process. Six solutions were proposed for process improvement and achieve a significant reduction in the contract elaboration time. Its effectivity were verified through simulations in Promodel.

Keywords: Lean, Six Sigma, DMAIC, contracts, simulation.

Resumen - En la presente investigación se aplicó la metodología lean seis sigma con sus etapas DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar), en el proceso de elaboración de contratos del departamento legal de una institución de educación superior pública. Durante la etapa de definición, se identificó que el tiempo del proceso no cumplía con los estándares definidos, por lo cual sus clientes estaban insatisfechos. Al recolectar información del proceso se identificaron las variables X's que influían en el tiempo de respuesta. Mediante una estratificación, se determinó cuáles de estas variables eran las críticas que afectaban en gran medida al proceso de elaboración de contratos. Se propusieron seis soluciones para mejorar el proceso y alcanzar una reducción significativa en el tiempo de elaboración de contratos. Su efectividad fue verificada mediante simulaciones en Promodel.

Palabras claves: Lean, Seis Sigma, DMAIC, contratos, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de técnicas, tecnologías, y regulaciones del mercado, han llevado a las instituciones de educación superior (IES) a buscar herramientas que permitan adaptarse al cambio y al mismo tiempo mantener altos estándares de calidad en la educación [1].

Las IES's públicas en el Ecuador presentan un desafío aún mayor; sus recursos son limitados y dependen del presupuesto general del estado, por lo tanto, mantener la calidad de la educación depende del manejo eficiente de esos recursos [2].

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.133>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Prasad explica que la aplicación de lean seis sigma con sus etapas DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar, controlar) garantiza la calidad de los servicios educativos, a través de la reducción de la variabilidad de sus procesos y del cambio cultural que se origina producto de una implementación continua de esta metodología [3]. Sin embargo, para alcanzar el éxito es necesario el compromiso de cada participante del sistema educativo [4].

En este contexto, la IES de la presente investigación, empezó la implementación de la metodología lean seis sigma en procesos administrativos, a través de un área de mejora continua. A continuación, se expone un caso de la aplicación de lean seis sigma.

El caso de estudio fue desarrollado en el departamento legal de la IES, donde se identificó que el índice de satisfacción del servicio ofrecido a sus clientes era del 56,18% [5], es decir, sólo se cumplía con la mitad de las expectativas de sus clientes, a causa de la variabilidad de sus procesos.

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología Lean seis sigma con sus etapas DMAIC, cuyo objetivo es remover defectos, eliminar la variación del proceso e incrementar la productividad. En la Tabla I, se muestra una descripción general de cada una de las etapas DMAIC [6].

Tabla I. Etapas DMAIC

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Definir	Esta etapa empieza por la identificación del problema y termina con la definición clara del alcance y objetivos. Es importante el compromiso y apoyo de la máxima autoridad.
Medir	En esta etapa se recolecta información para determinar la línea base del proceso. Esta información servirá para conocer que sucede en el proceso, las necesidades de los clientes, y donde existe el problema.
Analizar	Se analiza la información del proceso, con el propósito de determinar las causas raíces que generan los defectos y establecer oportunidades de mejora.
Mejorar	En esta etapa se diseñan propuestas creativas para solucionar y prevenir el problema. Se desarrolla la implementación de las soluciones.
Controlar	En esta etapa se desarrolla e implementa un plan de control para mantener el proceso mejorado.

III. DEFINIR

En la primera etapa se identifica el proceso a mejorar, se define el problema, objetivos y alcance. Para identificar los problemas principales que presenta el departamento legal se utiliza la herramienta VOC (Voz del Cliente) donde a través de preguntas abiertas se obtiene que el 74% de los clientes perciben que el tiempo de respuesta en los requerimientos solicitados son muy largos.

Una vez identificado el problema principal percibido por los clientes del área, se utiliza la herramienta VOP (Voz del Proceso) donde por medio de preguntas abiertas realizadas a los miembros del departamento legal se determina las necesidades del área y con la herramienta CTQ (Árbol de Requerimientos), se traducen las necesidades en métricas, como se muestra en la Fig. 1.

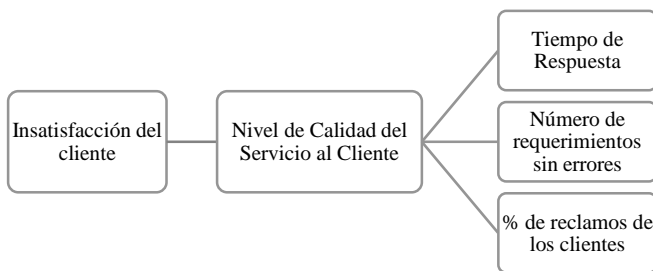


Fig. 1 Árbol de requerimientos de calidad

La presente investigación se enfoca en el CTQ's de Tiempo de respuesta debido al mayor impacto que genera con los clientes del área y es parte de la mejora del nivel de calidad del servicio del departamento legal.

Como no existía claridad sobre los productos o servicios que ofrece el departamento legal, se realiza una entrevista a cada uno de los funcionarios del área legal, para la definición respectiva. Al identificar los productos y servicios, se solicita a los 31 clientes del departamento legal que evalúen en una encuesta con una escala Likert del 1 al 5 que tan satisfechos se encuentran con el tiempo de respuesta en relación a los productos y servicios ofrecidos, como se muestra en la Tabla II.

Tabla II. Encuesta de satisfacción de los clientes por tipo de productos

Tipos de producto o servicios del departamento legal	Muy Insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Indiferente 3	Satisfecho 4	Muy Satisfecho 5	N/A
Contratos Administrativos						
Contratos Honorarios						
Contratos de Invitados						
Infraestructura						
Contratos de Suministros						
Contratos de Servicios profesionales						
Contratos de Concesión y Arrendamiento						
Revisión de Convenios						
Revisión de Pliegos						
Revisión de resoluciones						
Actas						
Asesoría Legal						

Al analizar los resultados de las encuestas, como se ve en la Tabla III, los clientes del departamento legal se encuentran mayormente insatisfechos con el tiempo de respuesta de elaboración de contratos de suministros, adicionalmente estos contratos no cumplen con el estándar establecido de quince (15) días como máximo.

Tabla III. Resultados de las encuestas de satisfacción

Tipos de producto o servicios del departamento legal	Promedio de satisfacción del cliente con respecto al tiempo de respuesta
Contratos Administrativos	3
Contratos Honorarios	2,42
Contratos de Invitados	2,55
Contratos de Infraestructura	2,33
Contratos de Suministros	2,11
Contratos de Servicios profesionales	3,22
Contratos de Concesión y Arrendamiento	2,66
Revisión de Convenios	2,36
Revisión de Pliegos	3,58
Revisión de resoluciones	3,7
Actas	2,4
Asesoría Legal	2,82

Para validar que el tiempo de respuesta de elaboración de contratos de suministro son muy largos en comparación a los 15 días del estándar, se toman los datos del sistema documental QUIPUX, del mes de septiembre del 2017, se toma la fecha de la solicitud de elaboración de contrato y la fecha que se envía el contrato elaborado y firmado por entes pertinentes.

La Fig. 2, muestra que el tiempo de respuesta promedio es de 18,36 días, mayor a los 15 días hábiles; más aún, el 71% de los contratos no cumplen con el tiempo estándar definido.

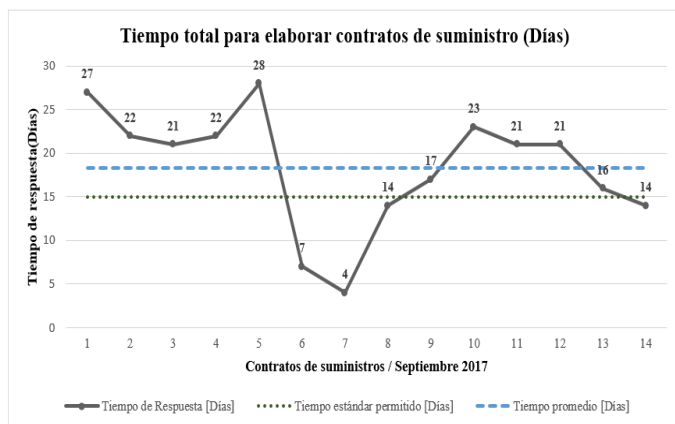


Fig. 2 Tiempo total para elaborar los contratos de suministro

A. Declaración del Problema:

Con la información presentada se realiza la declaración del problema, como se muestra en la Tabla IV.

Tabla IV. Declaración del problema DMAIC

¿Qué?	% de contratos de suministros no cumplen con el tiempo estándar establecido
¿Dónde?	Departamento legal
¿Cuándo?	Septiembre del 2017
¿Qué Tanto?	71% de los contratos de suministro no cumplen con el tiempo estándar establecido
¿Cómo lo sé?	Con los datos del QUIPUX, se calcula el tiempo de respuesta del contrato de suministro (18,36 días en promedio). Este valor es 3,36 días más que el tiempo estándar definido de 15 días

“En septiembre del 2017, a través del registro del sistema QUIPUX se identificó que el tiempo de respuesta al requerimiento de la elaboración de contrato de suministro fue de 18,36 días en promedio, siendo 3,36 días más que el tiempo estándar definido, que es 15 días. Dando como resultado que el **71% de los contratos de suministro** no cumplen con el tiempo estándar establecido.”

B. Variable de Respuesta:

En función de la declaración del problema se define la variable de respuesta (Y). La cual representa el porcentaje de contratos de suministros que no cumplen con los 15 días hábiles del estándar de tiempo, como se muestra en (1).

$$Y = \frac{\# \text{ de contratos de suministro que no están a tiempo}}{\# \text{ total de contratos de suministro}} \times 100\% \quad (1)$$

C. Alcance de la Investigación:

Para definir los límites y alcance de la investigación se utiliza la herramienta SIPOC, donde se observa una perspectiva

general del proceso de elaboración de contratos como se muestra en la Tabla V.

Tabla V. Diagrama SIPOC

Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Departamento de Compras	Requerimientos de elaboración de contrato	Receptar y Registrar requerimientos	Contrato Elaborado	Departamento de Compra Departamento Financiero
	-Resoluciones -Pliegos -Partidas Presupuestarias -Autorización -Especificaciones Técnicas	Revisar documentación Elaborar contrato		
Contratista	Garantías	Revisar y Validar Garantías	Contrato Firmado	Contratista Administrador del Contrato
Rector / Delegado	Firma del Rector / Delegado/ Contratista	Solicitar Firmas Enviar Contrato		

El proceso fue definido desde la llegada de la solicitud para elaborar el contrato, hasta que el contrato es enviado a los clientes elaborado y firmado.

D. Objetivo SMART

Disminuir de 71% a 20% los contratos de suministros que no cumplen con el tiempo estándar establecido, durante los próximos 4 meses, con la finalidad de mejorar el nivel de servicio.

IV.MEDIR

En la segunda etapa se recolecta información sobre el estado actual del proceso de elaboración de contratos de suministros.

A. Estratificación de Datos:

Los contratos de suministro se clasifican en 5 diferentes tipos de contratos. Se utilizan todos los contratos realizados desde enero a septiembre del 2017, para identificar cual es el tipo de contrato que representa la mayor cantidad de trabajo, y así enfocar el problema a un tipo de contrato. Los contratos de subasta inversa y régimen especial representan el 95% de los contratos realizados en el departamento legal durante el período evaluado, como muestra la Fig. 3.

V. ANALIZAR

En esta sección se determina cuál de las variables X's genera el mayor impacto en la variable de respuesta Y, y se identifican las causas raíces.

A. Identificación de Causas:

Con los tiempos de cada una de las variables mencionadas en la sección de medición, y con los 13 datos requeridos para la muestra, se obtiene el promedio y la desviación estándar. Por medio del diagrama de Pareto se define cuál de estas variables generan el mayor tiempo al proceso de elaboración de contratos.

Las variables X5, WT1, X2, X3 son las que tienen un mayor tiempo de procesamiento, y representan aproximadamente el 90% de los tiempos de elaboración de los contratos de suministros, como se muestra en la Fig. 4.

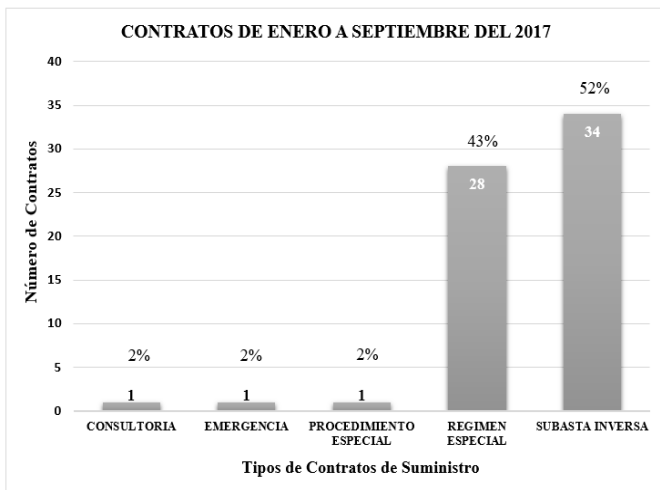


Fig. 3 Tipos de contratos de suministros de enero a septiembre del 2017

Para comprobar si existe una diferencia significativa entre los tiempos de elaboración de ambos contratos, se toman los tiempos de enero a septiembre de ambos tipos de contratos y se utiliza la prueba de Mann Whitney para verificar si existe diferencia entre las medianas de ambos datos [7].

El valor p de la prueba es 0.9887, con un 95% de confianza, por lo tanto, se concluye que los datos de régimen especial y subasta inversa son iguales; y serán tratados como un sólo tipo de contrato para los siguientes análisis.

B. Plan de Recolección de Datos:

El plan de recolección de datos tiene como objetivo determinar el número de variables X's que afectan e influyen en la variable de respuesta Y. El plan incluye información vital cómo: dónde, cómo, cuándo y quienes son los responsables de la recolección de datos. Las variables identificadas son las siguientes:

- X1: Tasa de arribo (días)
- X2: Tiempo de asignación de requerimiento (días)
- WT1: Tiempo de espera para empezar a elaborar contrato (días)
- X3: Tiempo de elaboración de contratos de suministros (días)
- WT2: Tiempo de espera secretaria – abogado (días)
- X4: Tiempo de revisión de contratos (días)
- WT3: Tiempo de espera hasta que envía el mail (días)
- X5: Tiempo de gestión de garantías y firmas (días)

C. Tamaño de la Muestra:

Para determinar el tamaño de una muestra representativa del plan de recolección de datos se utiliza la prueba de proporción; con una prueba piloto de 15 contratos donde el 13% de estos cumplen con el tiempo estándar establecido, el resultado con un 95% de confianza es un tamaño de muestra de 13 datos [8].

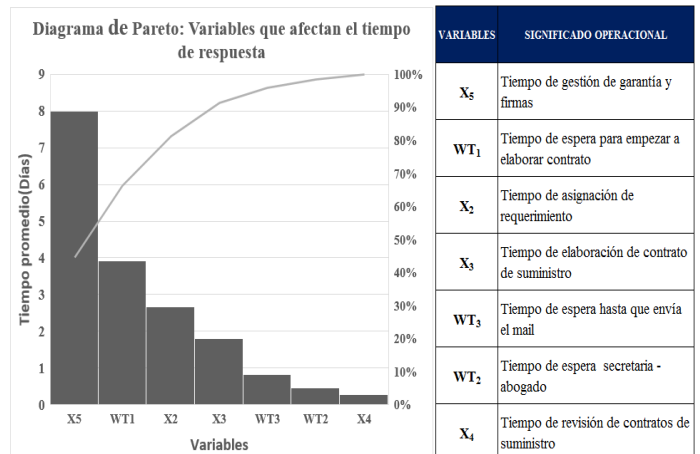


Fig. 4 Diagrama de Pareto de variables que afectan el tiempo de respuesta

La variable WT1 y X2 serán consideradas como una sola variable, debido a que estas suceden secuencialmente y son elaboradas por el mismo funcionario.

Se realiza un taller con los responsables de la elaboración de contratos de suministro, para identificar por medio de un diagrama de Ishikawa, las potenciales causas asociadas a cada una de estas variables. Se elaboraron 3 diagramas de Ishikawa, uno para cada variable identificada. La lista de las posibles causas se muestra en la Tabla VI.

Tabla VI. Posibles Causas

Variables	Nº	Potenciales Causas
X5: Tiempo de gestión de garantías y firmas	1	Múltiples involucrados para la firme de garantías y contrato
	2	Diferentes formas de gestionar las firmas de contratos y garantías
	3	Errores en las fechas de las garantías emitidas por el contratista
	4	Perdida temporal de garantías y contratos
WT: Tiempo de espera hasta la elaboración del contrato	5	Asignación de requerimientos aleatoriamente
	6	múltiple interrupciones durante la asignación de requerimientos
	7	Ingreso de requerimientos por diferentes sistemas de información (Quipux, Si Compras, Físico)
	8	Ingreso del mismo requerimiento por diferentes Sistemas (Quipux, Si compras, físico)
	9	Pérdida temporal de los requerimientos dentro del área de trabajo
	10	Poco interés en realizar sus actividades
X3: Tiempo de elaboración de contrato de suministro	11	Cada funcionario elabora el contrato de diferentes formas
	12	Múltiples interrupciones durante la elaboración del contrato
	13	Largos tiempo para recolectar documentación/información requerida
	14	Pérdida temporal de documentación asociada a la elaboración de contrato en el área de trabajo
	15	Múltiples revisiones durante la elaboración del contrato

B. Matriz de Priorización de Causas:

La lista de causas potenciales se prioriza a través de la evaluación de impacto y control. Para la evaluación del impacto se solicitó a 5 funcionarios del departamento legal que valoren las causas potenciales en función del impacto que cada una genera en la variable de respuesta, para evitar similitudes se utilizó una escala no lineal de 1, 3, o 9 (Bajo, Medio, Alto). La puntuación final del impacto fue obtenida a través de la medida de tendencia central “Moda” de las puntuaciones otorgada por cada uno de los participantes. La valoración del control por cada causa potencial fue dada por los líderes de la investigación, se evalúa que tan FÁCIL o DIFÍCIL es controlar las potenciales causas. El resultado del análisis de impacto vs control se muestra en la Tabla VII.

El enfoque de la investigación son las causas que generan un impacto medio, alto y de control fácil.

Tabla VII. Evaluación de impacto y control de causas potenciales

Variables	Nº	Potenciales Causas	Impacto	Control
X5: Tiempo de gestión de garantías y firmas	1	Múltiples involucrados para la firme de garantías y contrato	3	FÁCIL
	2	Diferentes formas de gestionar las firmas de contratos y garantías	3	FÁCIL
	3	Errores en las fechas de las garantías emitidas por el contratista	9	DIFÍCIL
	4	Perdida temporal de garantías y contratos	9	FÁCIL
WT: Tiempo de espera hasta la elaboración del contrato	5	Asignación de requerimientos aleatoriamente	9	FÁCIL
	6	múltiple interrupciones durante la asignación de requerimientos	9	DIFÍCIL
	7	Ingreso de requerimientos por diferentes sistemas de información (Quipux, Si Compras, Físico)	3	FÁCIL
	8	Ingreso del mismo requerimiento por diferentes Sistemas (Quipux, Si compras, físico)	3	FÁCIL
	9	Pérdida temporal de los requerimientos dentro del área de trabajo	3	FÁCIL
	10	Poco interés en realizar sus actividades	9	FÁCIL
X3: Tiempo de elaboración de contrato de suministro	11	Cada funcionario elabora el contrato de diferentes formas	3	FÁCIL
	12	Múltiples interrupciones durante la elaboración del contrato	9	DIFÍCIL
	13	Largos tiempo para recolectar documentación/información requerida	9	FÁCIL
	14	Pérdida temporal de documentación asociada a la elaboración de contrato en el área de trabajo	3	FÁCIL
	15	Múltiples revisiones durante la elaboración del contrato	9	FÁCIL

C. Plan de Verificación de Causas:

Para validar la existencia de las causas se desarrolla un plan de verificación. La verificación puede ser por observación directa, entrevista y/o uso de documentación. En la Tabla VIII se muestra el modo de verificación.

Tabla VIII. Verificación de causas

Nº	CAUSAS	MODO DE VALIDACIÓN	ESTADÍSTICAS	VERIFICADA
1	Múltiples involucrados para la firma de garantías y contratos.	Contratos físicos y garantías	El 58,3% de los contratos y garantías fueron firmados por múltiples involucrados (Rector y delegado)	SI
2	Diferentes formas de gestionar las firmas de contratos y garantías	Cuaderno de correspondencia/ Mail / Observación Directa	El 75% del proceso de gestión de firmas de contratos y garantías fueron elaborados de distintas maneras	SI
4	Pérdida temporal de garantías y contratos	Observación directa en el puesto de trabajo	-	SI
5	Asignación de requerimientos aleatoriamente	Entrevista a la recepcionista	-	SI
7	Ingreso de requerimientos por diferentes Sistemas	Entrevista a la recepcionista	-	SI
8	Ingreso del mismo requerimiento por diferentes Sistemas (Quipux, Si compras, Físico)	Observación directa/ QUIPUX/ Entrevista con el programador de SI Compras	-	SI
9	Pérdida temporal de los requerimientos dentro del área de trabajo	Observación directa en el puesto de trabajo	-	SI
10	Poco interés en realizar sus actividades	Observación directa / Entrevista	-	SI
11	Cada funcionario elabora el contrato de diferentes formas	Entrevista a la recepcionista y el abogado	El 67% de los contratos fueron elaborados de distintas maneras	SI
13	Largos tiempos para recolectar documentación/información requerida.	Entrevista al abogado / Mail	-	SI
14	Pérdida temporal de documentación asociada a la elaboración del contrato en el área de trabajo.	Observación directa	-	SI
15	Múltiples revisiones durante la elaboración del contrato	Entrevista al abogado / Observación directa	El 67% de los contratos fueron revisados más de una vez	SI

El siguiente paso es determinar las causas raíz por medio de la herramienta 5 ¿Por qué?, con la finalidad de encontrar soluciones que eliminen estas causas raíz. La Tabla IX muestra las causas principales con sus respectivas causas raíz.

Tabla IX. Causa Raíces

Nº	CAUSAS PRINCIPALES	CAUSAS RAICES
1	Múltiples involucrados para la firma de garantías y contratos	Proceso de delegación ineficiente
2	Diferentes formas de gestionar las firmas de contratos y garantías	Proceso de elaboración de contratos no está definido
4	Pérdida temporal de garantías y contratos	Registro ineficiente del estado del proceso (garantías y contratos)
		Falta de orden en los puestos de trabajo
		No existe espacio físico establecido para mantener expedientes identificado por el estado que correspondan
5	Asignación de requerimientos aleatoriamente	Asignación de actividades se realiza aleatoriamente
7	Ingreso de requerimientos por diferentes sistemas	No existe comunicación con los clientes externos
8	Ingreso del mismo requerimientos por diferentes sistemas	Percepción de seguridad basada en la firma, al entregar físicamente los requerimientos
9	Pérdida temporal de los requerimientos dentro del área de trabajo	Percepción de seguridad basada en la firma, al entregar físicamente los requerimientos
		No hay espacio físico establecido para mantener registros, identificados por el estado del proceso.
		Gestión ineficiente de la calidad de información que entra y cómo entra
10	Poco interés en realizar sus actividades	Registro ineficiente del estado del proceso (garantías y contratos)
		No existe comunicación con los clientes externos
11	Cada funcionario elabora el contrato de diferentes formas	Proceso de elaboración de contratos no está definido
13	Largos tiempos para recolectar documentación/información requerida	Manejo ineficiente de la calidad de información que ingresa y el medio por el que ingresa
		No existe comunicación con los clientes externos
14	Pérdida temporal de documentación asociada a elaboración de contrato en puesto de trabajo	No hay políticas para la eliminación de los documentos.
		Falta de orden en los puestos de trabajo.
15	Múltiples revisiones durante la elaboración de contratos	Personal no capacitado para la elaboración de contratos
		Registro ineficiente del estado del proceso (garantías y contratos)

VI. MEJORAR

En esta sección se definen las soluciones potenciales, se las evalúa y prioriza en función de la capacidad para reducir o eliminar las causas raíz. Se desarrolla un plan de implementación para la ejecución de estas.

A través de una lluvia de ideas con los responsables del proceso y los líderes de la investigación se obtienen las siguientes soluciones potenciales.

- (1) Establecer al Gerente como apoderado para que pueda firmar las garantías como representante legal de la institución.

- (2) Contratar a una Asistente Ejecutiva que sea responsable de las firmas de contratos y garantías.
- (3) Implementar un sistema de control visual que indique la trazabilidad en tiempo real del estado de los contratos y garantías.
- (4) Rediseñar el proceso de elaboración de contratos de suministro.
- (5) Adquirir un software de registro de documentos y correspondencias.
- (6) Implementar sistema de almacenamiento temporal de documentación basado en la aplicación de Metodología 5s. (Semaforización)
- (7) Mejorar el sistema integral de compras (Dashboard)
- (8) Capacitar a las asistentes de Gerencia Jurídica sobre la ley de contratación pública y reglamento.
- (9) Asignar a los abogados la elaboración de los contratos.
- (10) Realizar un estudio de tiempo de las actividades y generar un sistema de asignación de tareas.

A. Priorización de las Soluciones:

Las soluciones potenciales son priorizadas en función del impacto y la factibilidad. Para evaluar el impacto de las soluciones se considera las puntuaciones sobre el impacto de las causas principales y esta calificación se les asigna a todas las causas raíz que se relacionan. La ponderación final de la causa raíz es resultado de la sumatoria de las ponderaciones de impacto otorgada.

Una vez obtenida la puntuación de las causas raíz, se califica las soluciones en función de la relación que cada una genere con cada causa raíz.

Para evaluar la factibilidad de cada solución se considera dos criterios: primero, el costo de implementación que no supere los \$200 (caja chica del departamento) y segundo, si existe alguna restricción legal para la implementación.

El resultado del impacto vs factibilidad se muestra en la Tabla X.

Tabla X. Evaluación del impacto y factibilidad de las soluciones

Nº	SOLUCIONES	IMPACTO	FACTIBILIDAD
1	Establecer a la Gerente Jurídica como apoderado para que pueda firmar las garantías como representante legal.	ALTO	DIFÍCIL
2	Contratar a una Asistente ejecutiva que sea responsable de las firmas de contratos y garantías.	BAJO	DIFÍCIL
3	Implementar un sistema de control visual que indique la trazabilidad en tiempo real del estado de los contratos y garantías.	ALTO	FÁCIL
4	Rediseñar el proceso de elaboración de contratos de suministro	ALTO	FÁCIL
5	Adquirir un software de registro de documentos y correspondencias.	BAJO	DIFÍCIL
6	Implementar sistema de almacenamiento temporal de documentación basado en la aplicación de Metodología 5s. (Semaforización)	ALTO	FÁCIL
7	Mejorar el sistema integral de compras. (Incluir Dashboard)	ALTO	FÁCIL
8	Capacitar a las asistentes de Gerencia Jurídica sobre la ley de contratación pública y reglamento.	BAJO	DIFÍCIL
9	Asignar a los abogados la elaboración de los contratos.	ALTO	FÁCIL
10	Realizar un estudio de tiempo de todas las actividades y generar un sistema de asignación de tareas.	BAJO	DIFÍCIL

Las soluciones que serán implementadas son las de alto impacto y fácil factibilidad.

B. Implementación de las Soluciones:

(1) Rediseñar el Proceso.

Se rediseñó el proceso clasificando las actividades en operación, inspección, transporte, almacenamiento y demora; analizando cuál de estas actividades agregan o no agregan valor, la cantidad y uso de los sistemas utilizados, y el número de entes externos. En el proceso rediseñado se combinaron y eliminaron actividades, disminuyendo el tiempo del proceso.

(2) Asignar a los abogados la elaboración del contrato.

Se estableció como política del departamento legal, que los abogados en la rama de contratación pública serán quienes elaborarán los contratos, y no las asistentes ejecutivas.

(3) Mejoras en el sistema integral de compras

Mejorar la funcionalidad del sistema, que refleje la carga de trabajo de los funcionarios en tiempo real, la trazabilidad del contrato y presentar indicadores de desempeño de las actividades por funcionario.

(4) Implementar un sistema de control visual físico

Se destinó un espacio físico en el departamento legal para almacenar temporalmente los contratos y las garantías; se busca visualizar la trazabilidad de los mismos. Se desarrolló un prototipo en una pizarra con acrílicos para colocar papeles que se van clasificado en los distintos

estados que presenta el proceso de elaboración de contratos.

(5) Implementar sistema de almacenamiento temporal de documentación basado en la aplicación de Metodología 5s. (Semaforización)

Para implementar sistemas de almacenamiento, se decidió usar la metodología 5s, comenzando con una capacitación a los funcionarios del departamento legal sobre conceptos claves y pasos a utilizar en cada una de las S.

1era S: Para identificar los elementos innecesarios o dañados; se clasifican en función de la frecuencia de uso. Se utiliza una tarjeta roja para identificar los elementos innecesarios. Se establece una zona roja dentro del departamento para diferenciar los elementos que son necesarios y los que no lo son.

2da S: Organizadores de papel, cajones de escritorios, y bibliotecas fueron etiquetadas en función del estado de los requerimientos como: pendiente, por revisar, por despachar.

3era S: Se limpia los puestos de trabajo para eliminar polvo y suciedad. Se identificaron las fuentes de generación de basura, para ser eliminadas. Los funcionarios del departamento llenaron durante 15 días un check-list de orden y limpieza, con el fin de crear hábito.

4ta S: Se estandariza el espacio de trabajo. Establecer estándares para alcanzar un espacio de trabajo organizado de forma consistente.

5ta S: para mantener la limpieza y el orden del departamento se realizó un mapa del área donde se designaron funcionarios responsables por cada área específica. El Gerente realiza continuamente una auditoría 5s para evaluar el desempeño en el área

C. Resultado de la Implementación de las Soluciones

Para evidenciar los cambios entre el proceso actual y el proceso mejorado, se realiza una tabla comparativa por tipo de actividad. Como se muestra en la Tabla XI, del proceso actual se eliminaron 81 actividades, dando como resultado una reducción del 63%. En la Tabla XII se observa que se redujo en un 85% las actividades que no agregan valor en el proceso.

Tabla XI. Cuadro comparativo por tipo de actividades del proceso actual versus el proceso mejorado

Tipo de Actividades	Proceso Actual	Proceso Propuesto	% de Reducción
Operación	76	30	59%
Inspección	8	5	38%
Transporte	25	4	84%
Demora	15	6	60%
Almacenamiento	2	0	100%
Total de Actividades	126	45	63%

Tabla XII. Cuadro comparativo de las actividades que agregan y no agregan valor al proceso

Tipo de Actividades	Proceso Actual	Proceso Propuesto	% de Reducción
Agregan Valor	41	32	22%
No Agregan Valor	85	13	85%

Para mostrar el cumplimiento del objetivo planteado en la fase de definición se realiza una simulación del proceso actual y del proceso mejorado. En la Tabla XIII se observa los tiempos en días del proceso actual y del proceso mejorado.

Tabla XIII. Cuadro comparativo de los tiempos entre el proceso actual y el proceso mejorado (simulación)

Variables	Actividades Asociadas	Proceso Actual	Proceso Propuesto
		Tiempos Promedios [Días]	Tiempos Promedios [Días]
X2	Tiempo de asignación de requerimiento	2,67	0
WT1	Tiempo de espera para empezar a elaborar contrato	3,92	0
X3	Tiempo de elaboración de contratos de suministros	1,8	1,9
WT2	Tiempo de espera secretaria – abogado	0,46	0
X4	Tiempo de revisión de contratos	0,5	2,1
WT3	Tiempo de espera hasta que envía el mail	0,8	0
X5	Tiempo de gestión de garantías y firmas	8,1	8,1
Y	Tiempo Total de elaboración de contratos	18,25	12,1

El resultado de la simulación se muestra en la Tabla XIV, donde claramente se observa que se logró reducir el tiempo del proceso de elaboración de contratos de suministro (6,3 días - 34%) y a su vez cumplir con el tiempo estándar establecido (12,2 días).

Tabla XIV. Tiempo promedio del proceso actual y mejorado

Proceso	Tiempo promedio en el sistema [Días]	Reducción
Proceso Actual	18,6	6,3 Días
Proceso Propuesto	12,2	34%

VII. CONTROLAR

En esta fase se establecieron políticas definidas por el gerente del departamento legal para mantener las soluciones previamente implementadas a lo largo del tiempo como muestra la Tabla XV.

Tabla XV. Soluciones

Nº	SOLUCIÓN	¿CÓMO LO VOY A CONTROLAR?
1	Re diseñar el proceso de elaboración de contratos de suministro.	A través del Sistema Integral de Compras por medio de los indicadores: -Tiempo promedio de elaboración de contratos - % de contratos que cumplen con el tiempo establecido por la ley. (# de contratos que cumplen con el tiempo establecido/ # total de contratos elaborados)
2	Asignar a los abogados para la elaboración de los contratos	A través de los indicadores del Sistema Integral de Compras -% de contratos sin errores (# de contratos sin errores/# total de contratos elaborados) -Tiempo promedio de elaboración de contratos - % de contratos que cumplen con el tiempo establecido por la ley. (# de contratos que cumplen con el tiempo establecido/ # total de contratos elaborados)
3	Mejorar el sistema integral de compras. (Dashboard)	A través del sistema integral de Compras, en el menú "Estado de Contratos" se mostrara la cantidad de contratos asignados a cada funcionario y en la etapa que se encuentran. La asignación de actividades se realiza de manera secuencial y automática.
4	Implementar un sistema de control visual que indique la trazabilidad en tiempo real del estado de los contratos y garantías	Observación directa que en el sistema de control visual se coloquen los contratos y garantías. Tiempo promedio de elaboración de contratos
5	Implementar sistema de almacenamiento temporal de documentación basado en la aplicación de Metodología 5s. (Semaforización)	Mediante la aplicación de las 5s y la verificación in-situ de que los documentos almacenados pertenecen a los estados indicados. Que se mantenga cada documento en el sitio indicado.

CONCLUSIONES

La presente investigación muestra como la aplicación de la metodología lean seis sigma y sus etapas DMAIC puede ser utilizada en un ámbito educativo, como son las instituciones de educación superior, y no sólo en procesos de manufactura.

La implementación de las soluciones propuestas logró reducir el tiempo del proceso de elaboración de contratos de suministro, reduciendo así el número de contratos que no cumplen con el estándar de tiempo establecido; aumentando el nivel del servicio ofrecido a sus clientes internos y externos.

Un factor que contribuyó al éxito de la investigación fue el compromiso y participación del gerente del departamento legal; el conocimiento legal es imprescindible para determinar qué actividades podían ser eliminadas, reducidas, combinadas o automatizadas. El resultado fue una reducción del 63% del total de actividades, una reducción del 85% de las actividades que no agregan valor y una reducción del 34% (6,3 días) del tiempo para la elaboración de los contratos. El tiempo promedio del proceso mejorado es 12,2 días, inferior al estándar establecido en 15 días.

REFERENCIAS

- [1] M. Shoeibi y E. Zahmatdoost, «The Role of Six Sigma in Improving the Quality of Higher Education», *The Standard International Journals(The SIJ)*, jun. 2015.
- [2] *Ley Orgánica de Educación Superior*. Quito, 2010.
- [3] K. . Durga Prasad, K. Venkata Subbaiah, y G. Padmavathi, *Application of Six Sigma Methodology in an Engineering Educational Institution*, vol. 2. 2012.
- [4] S. Reilly, J. Healy, T. Murphy, y R. O'Dubhghaill, *A Continuous Improvement Journey in the Higher Education Sector: A Case Study of a University in Ireland*. 2017.
- [5] J. Abad, B. Cabanilla, J. Vera, y S. López, *Hacia una Universidad Lean: Midiendo la calidad del servicio y definiendo prioridades de mejora*. 2018.
- [6] R. Shankar, *Process Improvement Using Six Sigma. A DMAIC guide*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2009.
- [7] F. Gravetter y L. Wallnau, *Statistics for The Behavioral Sciences*. Belmont: Wadsworth., 2009.
- [8] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley, 2004.