

Lean Techniques Applied to the Homologation Request Process in an Educational Institution

Kleber F. Barcia, Ph.D.¹, Andrea M. Malavé, Mgter.¹, Jorge Abad-Morán, Ph.D.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Ecuador, kbarcia@espol.edu.ec, ammalave@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec

Abstract– The present paper was carried out in a technological institute of higher education that has more than 14 years providing technological careers, since 2011 it was certified as category B by the Ecuadorian Higher Education Council. The research objective was to reduce waiting times of students' homologation requests by the application of lean manufacturing techniques. Process analysis was done and the critical process was identified: “Homologation Requests”. This process was studied with historical data since 2016, determined root causes that affect request waiting time, and simulate the current situation with the Simul8 tool. The improvement proposal included lean techniques such as 5S and area distribution, the implementation was modeled by simulating the process and its results were compared with the results of the current situation. After two months of improvements implementation, the objective of this research was achieved by reducing homologation requests response by 24,26%.

Keywords-- Lean manufacturing, Lean techniques, 5S, Continuous improvement.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.140>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Técnicas Lean Aplicadas al Proceso de Solicitud de Homologación en una Institución Educativa

Kleber F. Barcia, Ph.D.¹, Andrea M. Malavé, Mgter.¹, Jorge Abad-Morán, Ph.D.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Ecuador, kbarcia@espol.edu.ec, ammalave@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec

Abstract– *The present paper was carried out in a technological institute of higher education that has more than 14 years providing technological careers, since 2011 it was certified as category B by the Ecuadorian Higher Education Council. The research objective was to reduce waiting times of students' homologation requests by the application of lean manufacturing techniques. Process analysis was done and the critical process was identified: "Homologation Requests". This process was studied with historical data since 2016, determined root causes that affect request waiting time, and simulate the current situation with the Simul8 tool. The improvement proposal included lean techniques such as 5S and area distribution, the implementation was modeled by simulating the process and its results were compared with the results of the current situation. After two months of improvements implementation, the objective of this research was achieved by reducing homologation requests response by 24,26%.*

Keywords– *Lean manufacturing, Lean techniques, 5S, Continuous improvement.*

Resumen– *La presente investigación se realizó en un instituto tecnológico de educación superior que tiene más de 14 años brindando carreras tecnológicas, desde el año 2011 fue certificado como categoría B por el Consejo de Educación Superior del Ecuador. El objetivo de esta investigación fue reducir los tiempos de espera en las solicitudes de homologación mediante la aplicación de técnicas lean manufacturing (manufactura esbelta). Se realizó un levantamiento de procesos y se seleccionó el proceso crítico "Solicitud de homologación". Este proceso fue estudiado con datos históricos desde el año 2016, se identificaron las causas raíces que repercuten en el tiempo de espera de las solicitudes de homologación y se simuló la situación actual con la herramienta Simul8. La propuesta de mejoramiento de este proceso se basa en técnicas lean como 5S y distribución de área, la implementación se modeló mediante la simulación del proceso y sus resultados se compararon con los resultados de la situación inicial. Luego de dos meses de implementación de las mejoras, el objetivo de esta investigación se cumplió al lograr reducir un 24,26% el tiempo de respuesta a la solicitud de homologación, mejorando la satisfacción de los estudiantes.*

Palabras claves– *Manufactura esbelta, Técnicas lean, 5S, Mejoramiento continuo.*

I. GENERALIDADES

El presente trabajo de investigación se realizó en un instituto tecnológico de educación superior de categoría B, localizado en el centro de la ciudad de Guayaquil, donde se ofertan, entre otras, las siguientes carreras: Promoción de la Salud, Informática, Ensamble de Equipos de Cómputo, Banca y Finanzas, Comercio Exterior, Hotelería y Turismo.

En el año 2012, la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, (SENESCYT) y el Consejo de Educación Superior (CES), anunciaron la conversión de los institutos para fortalecerlos tanto administrativa como académicamente, y así dar inicio en el Ecuador a la formación dual, con énfasis en el aprendizaje teóricos-metodológicos con una formación práctica [1]. El instituto, actualmente posee un aproximado de 3000 estudiantes, 50 docentes y 10 administrativos, cabe indicar que existen docentes con horas de labor administrativa.

Este estudio se realizó en el área administrativa, específicamente en la sección de secretaría general y en las áreas o departamentos donde se realiza el proceso de solicitudes de estudiantes.

En base a entrevistas, se identificó el flujo del proceso actual, el cual tiene ciertas variaciones dependiendo de la solicitud requerida: ingreso de la solicitud, elaboración de la solicitud, asignación y delegación, espera de respuesta y entrega a secretaría del documento firmado.

Mediante entrevistas a los usuarios (estudiantes) se evidenció inconformidad por los tiempos de espera por los diferentes tipos de requerimientos o solicitudes. En la investigación primaria se evidenció un mayor rechazo o disconformidad a los procesos de ingreso de solicitudes, espera de respuesta y entrega por parte de secretaría general. Por lo tanto, se realizó un análisis de la situación actual de estos procesos.

El alcance que tienen los requerimientos de estudiantes, se dividió en dos grupos: los de servicio administrativos y los de docentes o coordinadores. Existen requerimientos como: recalificación de nota, solicitud de ampliación, solicitud de homologación, cambio de paralelo, cambio de tutor asignado, etc. Los requerimientos que poseen mayor complejidad conllevan un tiempo de espera mayor a tres días que es el tiempo máximo propuesto por el instituto.

Los estudiantes expresan varias observaciones del proceso: desesperación por la larga espera, inconformidad por el engorroso trámite administrativo, dilatación a la solución

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.140>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

del requerimiento. Se han identificado los siguientes temores del usuario: no poder continuar con sus estudios por falta de respuesta a una solicitud, y demora en el trámite con una respuesta negativa. Los usuarios también indican la necesidad de un proceso ágil y automatizado.

El instituto posee una bitácora de solicitudes, en donde se registra el número de especie sin valor, los nombres y apellidos del estudiante, el tipo de solicitud, el responsable, etc. Esta bitácora es realizada por la secretaría general como control documental debido a que los documentos son trasladados a cada encargado para la recopilación de la firma respectiva en la solicitud. En el diagnóstico de la situación actual se analizó a profundidad la misma.

El instituto proporcionó, para este estudio, la bitácora desde septiembre del año 2016 hasta finales de octubre del año 2018, la misma que permitió realizar un análisis de los tiempos que no cumplían con el estándar definido por el instituto. Como resultado de los registros se obtuvo que un 74% de las solicitudes tienen demora.

A. Planteamiento del Problema

En el último año, el instituto ha incrementado su planta estudiantil y ha tenido demoras en la atención al estudiante, por ende, tiene la necesidad de mejorar los procesos administrativos, académicos y de docencia. A inicios del año 2018 existía un alto tiempo de espera para la respuesta de solicitudes o requerimientos académicos del estudiante en la oficina de la secretaría general del instituto tecnológico de educación superior. Un 74% de solicitudes presentaban demora superior a los 3 días laborables establecido por la institución.

B. Objetivo General

Reducir los tiempos de espera a las solicitudes académicas de los estudiantes para mejorar la satisfacción de la atención mediante la aplicación de técnicas lean.

II. METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación es de tipo exploratorio, transversal y descriptivo, realizado mediante un trabajo de campo en un período de 8 meses. Se llevó a cabo el diagnóstico de la situación actual de los procesos sobre las solicitudes de los estudiantes y se analizó una propuesta de mejora con el fin de disminuir los tiempos de las solicitudes.

Para empezar el estudio, se realizó el levantamiento de los procesos por medio de visitas a la institución, entrevistas a líderes del proceso, encuestas a estudiantes y observaciones de cada uno de los procesos involucrados, con el fin de establecer los más críticos y realizar el análisis mediante el Value Stream Mapping (VSM) [2].

Posteriormente, se obtuvieron tiempos y recorridos de los usuarios, mediante una muestra representativa y datos históricos, los cuales fueron modelados mediante una herramienta de simulación. Finalmente, se planteó la propuesta

e implementación de las mejoras basado en lean manufacturing con el respectivo análisis estadístico de las variables comparando los resultados de la situación actual con situación propuesta, ver Fig. 1 [3], [4].

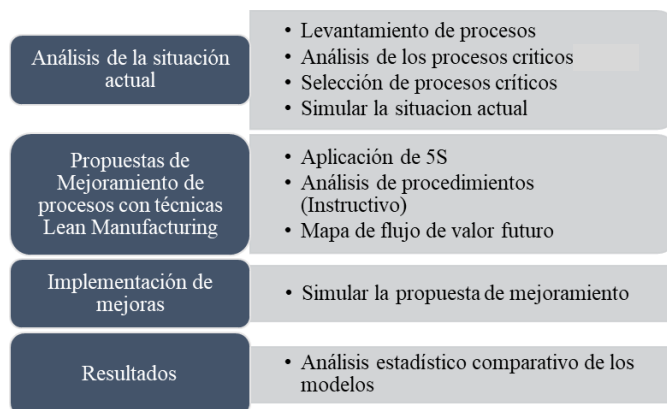


Fig. 1 Metodología del proyecto

III. SITUACIÓN ACTUAL

A. Levantamiento de Procesos

Se lo realiza de forma sistémica, consiste en comprender cómo los procesos se ejecutan considerando la interrelación entre los participantes y las interacciones con otras áreas. Se identifican dos niveles:

- 1) *Primer nivel:* Procesos estratégicos que integran la mayoría de los subprocessos.
- 2) *Segundo Nivel:* Procesos operativos.

Procesos estratégicos– Están formados por solicitudes que se han clasificado en tres grupos de acuerdo a su similitud de subprocessos y área responsable, ver Fig. 2.

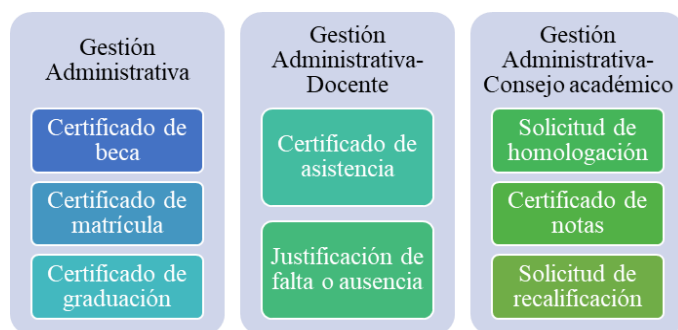


Fig. 2 Procesos estratégicos

Procesos operativos– Son los procesos detallados en subprocessos para cada grupo, ver Fig. 3, 4 y 5.

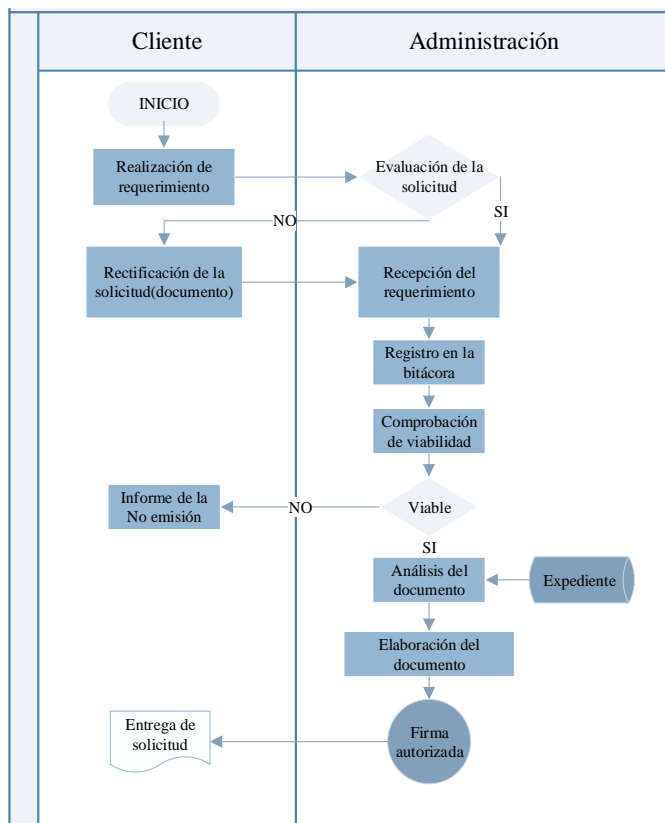


Fig. 3 Proceso gestión administrativa

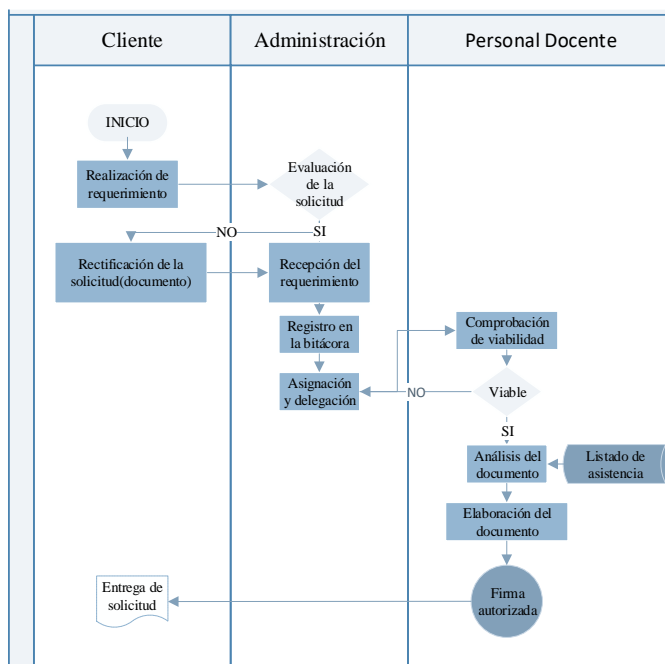


Fig. 4 Proceso gestión administrativa-docente

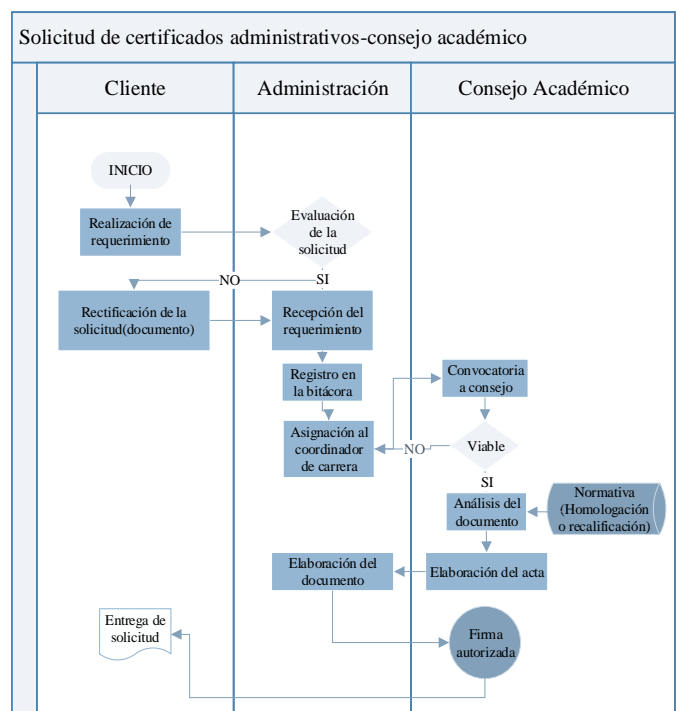


Fig. 5 Proceso gestión administrativa-consejo académico

B. Identificación y selección de proceso crítico

Para la selección del proceso crítico se realizó un análisis bajo cuatro aspectos: entrevista, encuesta, análisis de datos históricos y revisión de normativa.

1) Las entrevistas se realizaron al cliente interno del instituto, dirigidas a la administración y dirección. Los resultados obtenidos se resumieron en cuatro grupos, que fueron considerados como los problemas de los procesos en estudio, ver Tabla I.

TABLA I
RESULTADOS DE LA ENTREVISTA

Lead time	Largo tiempo de espera de las solicitudes para ciertos certificados con un tiempo promedio de 8 días laborables
Cantidad de solicitudes	Cantidad elevada de solicitudes (74%) con demora.
Procedimientos	Gestión administrativa de los vinculados al procesos no es la adecuada y no está especificada.
Actividad crítica	Largo tiempo de espera a solicitudes dirigidas a consejo

Las entrevistas permitieron identificar una actividad crítica que es el largo tiempo que pasan las solicitudes en el consejo académico en especial la solicitud de homologación y la solicitud de recalificación.

2) Se realizó la encuesta de satisfacción a los estudiantes. El objetivo fue identificar la rapidez del servicio, los tiempos de espera, y la calidad de la respuesta. En la Tabla II se presenta la ficha técnica de la encuesta, las características de las preguntas, las técnicas y las escalas consideradas [5].

TABLA II
FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA

Nombre de la encuesta	Encuesta de Satisfacción
Servicio responsable	Secretaría General
Fecha de trabajo de campo	25 de Septiembre del 2018
Población	Alumnos del 5to y 6to semestre de la institución
Muestra	93 estudiantes
Estudiantes encuestados	94 estudiantes
Objetivo de la encuesta	Conocer el grado de satisfacción del servicio de solicitudes de la secretaría
Técnica de recogida de datos	Cuestionario físico
Numero de preguntas formuladas	7
Tipo de preguntas aplicadas	6 cerradas
Escala de evaluación	Escala Likert

La encuesta se realizó físicamente en cuatro cursos escogidos al azar. Los resultados de la encuesta indican que el 46% de las solicitudes se demoran de 6 a 8 días laborables y el 23% de las solicitudes demoran más de 8 días, ver Fig. 6 y que las solicitudes que más se demoran son el certificado de homologación con un 27%, el certificado de asistencia con un 21% y el certificado de notas con un 20%, ver Fig. 7.

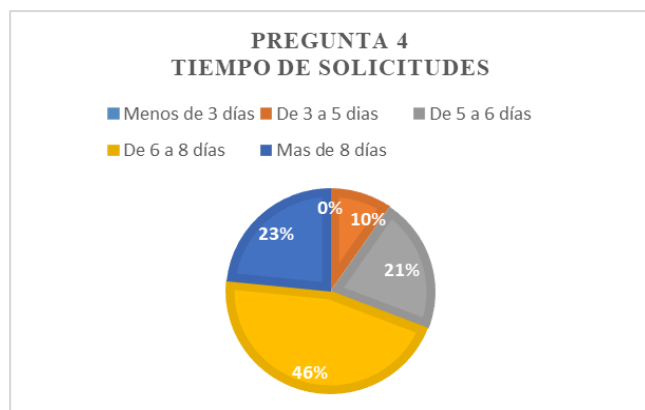


Fig. 6 Respuesta pregunta 4

3) El análisis de los datos históricos se lo realiza con el objetivo de identificar la recurrencia de los certificados anteriormente mencionados. Para este análisis se recurrió a la bitácora utilizando los datos desde septiembre del año 2016 hasta octubre del año 2018, los resultados mostraron que el certificado de notas y el certificado de homologación son los

que tienen mayor frecuencia entre todos los demás, estas solicitudes son emitidas por el consejo académico, ver Fig. 8.

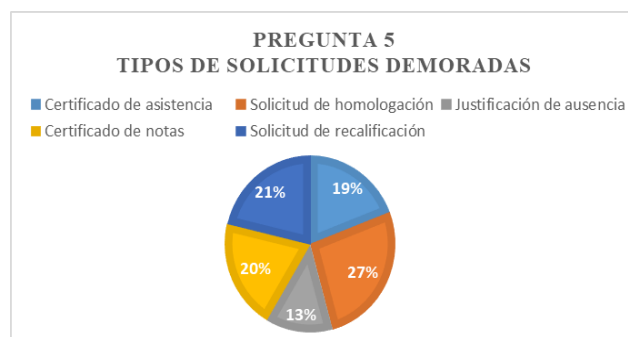


Fig. 7 Respuesta pregunta 5

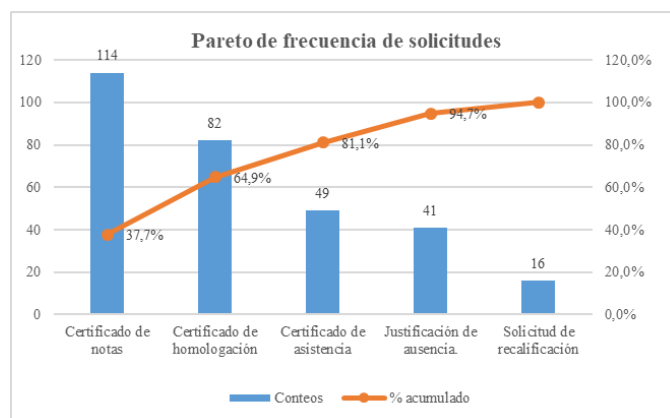


Fig. 8 Pareto de frecuencia de solicitudes

4) El último aspecto para la selección del proceso crítico es la revisión de las normativas para asegurar si existe una adecuada asignación de responsabilidades tanto en las autoridades como en el consejo académico. Las normativas revisadas fueron: el estatuto vigente del instituto y los reglamentos internos.

Una vez revisadas las normativas se concluye que el certificado de notas no debería pasar por el consejo académico como lo hace actualmente, eliminando esta actividad del proceso, el tiempo disminuye a 3 días hábiles, por lo que deja de ser una solicitud crítica.

La solicitud crítica que se considera en este estudio es la solicitud de homologación del proceso de gestión administrativa-consejo académico por ser la de mayor frecuencia de incidencia y por tener un elevado tiempo de respuesta (6 a 8 días laborables). Las variables identificadas que afectan este proceso crítico son las siguientes: tiempo de respuesta a solicitudes, lead time; solicitudes pendientes sin procesar, stock de inventario; y, procedimientos sin especificar.

C. Análisis del proceso de solicitud de homologación

Para este análisis se utilizó tres herramientas, el mapa de experiencias, diagrama Ishikawa y VSM [6].

1) El mapa de experiencias refleja el proceso en general permitiendo visualizar el porcentaje de estudiantes que estuvieron en diferentes estados de ánimo a lo largo del proceso y algunas observaciones realizadas por ellos como se observa en la Tabla III.

2) Se realizaron los diagramas Ishikawa para cada una de las tres variables identificadas generando las causas potenciales y posteriormente, mediante la técnica de los 5 porqué, llegar a las causas raíces con las acciones de mejora, ver Tabla IV [7].

TABLA III
RESULTADOS DEL MAPA DE EXPERIENCIA DEL ESTUDIANTE

Proceso	Estado	Porcentaje	Observaciones
Ingreso de requerimiento	Positivo	57%	Los estudiantes tienen claro los procedimientos
Retroalimentación	Medio	42%	Los estudiantes consideran que estas actividades o procedimientos se puede mejorar
Asignación y delegación	Medio	48%	
Respuesta de encargado	Negativo	76%	Los estudiantes consideran que es crítica una mejora
Registro del requerimiento	Negativo	62%	

TABLA IV
ANÁLISIS DE CAUSAS POTENCIALES

Causas Potenciales	Causas Raíces	Acciones de Mejora
Excesiva documentación en el área	No hay una cultura o técnica para archivar, clasificar y eliminar	5S Instructivo de trabajo
Poco conocimiento y mala distribución de funciones, actividades o responsabilidades	No hay procedimientos o actividades a seguir	
Mal uso de herramientas para registros de información	No hay clasificación de las solicitudes, todas se agrupan en la misma carpeta	

3) El VSM es una herramienta clave para el análisis, refleja los tiempos de cada una de las actividades, facilitando la comprensión del flujo del servicio. Inicialmente, se realiza un plan de recolección de datos definiendo los tipos de datos necesarios para el VSM.

El VSM del estado actual representa cada una de las actividades con sus respectivos tipos de tiempos para la solicitud de una homologación de materias. En el Anexo 1 se visualiza el VSM inicial, el cual, presenta el tiempo promedio total del flujo de 71,62 horas (8,95 días) y el tiempo de espera total de 44,61 horas. El tiempo de actividades que agregan valor representa el 37,71% y el tiempo de las actividades que no agregan valor al proceso es de 62,29% del tiempo total, ver Tabla V.

Se evidencia que los dos tiempos más elevados de todo el flujo son los tiempos de análisis de contenido y el tiempo inicial de espera de elaboración del documento, seguidos por

tres tiempos de similar valor que son: asignación o delegación, recolección de firma e ingreso de solicitud. Además, el VSM muestra el posible impacto de la aplicación de las acciones de mejora propuestas.

TABLA V
ANÁLISIS DE TIEMPOS DEL VSM INICIAL

Proceso	Tiempo total(hr)	Porcentaje agrega valor	Porcentaje no agrega valor
Tiempo de proceso	27,01	37,71%	-
Tiempo de esperas	44,61	-	62,29%
Tiempo total	71,62	37,71%	62,29%

D. Simulación de la situación actual

Previo a la simulación, se definieron las 16 variables de entrada identificadas y codificadas en el VSM y con la ayuda de la herramienta Expertfit se definió las distribuciones y parámetros que fueron ingresados al simulador Simul8 para modelar el proceso, ver Tabla VI.

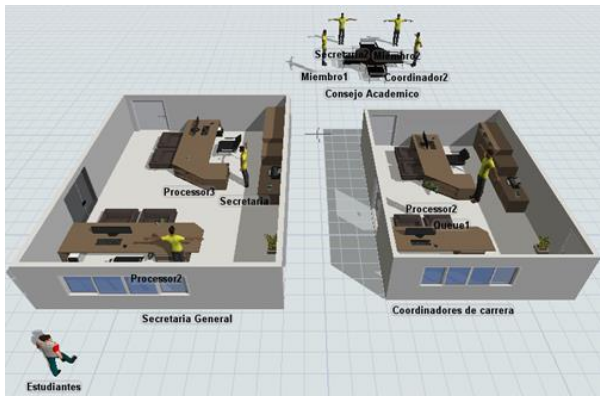
TABLA VI
DISTRIBUCIONES DE LAS VARIABLES DE ENTRADA

Código	Distribución	Mínimo	Máximo	Promedio
TA1	Poisson	-	-	178,63
TA2	D. Uniforme	348	450	-
TA3	D. Uniforme	348	432	-
TT3	Neg. Binomial	T: 12	P: 0060417	-
TA4	D. Uniforme	246	336	-
TT4	Neg. Binomial	T: 23	P: 0060417	-
TA5	Lognormal	-	-	7600
TT5	Neg. Binomial	T: 11	P: 0138696	-
TA6	D. Uniforme	390	570	-
TT6	D. Uniforme	11400	21600	-
TA7	Normal	-	-	87214
TFE7	D. Uniforme	4092	7230	-
TA8	D. Uniforme	330	468	-
TIE8	D. Uniforme	57000	109800	-
TA9	D. Uniforme	180	450	-
TIE9	Neg. Binomial	T: 22	P: 0110403	-

La simulación del proceso tiene como objetivo imitar lo más cercano posible las actividades del proceso real [8] y se la realizó considerando el modelo conceptual del VSM, interpretándolo en tres dimensiones, ver Fig. 9 y simulándolo en Simul8, ver Fig. 10 [9].

Después de 50 corridas del proceso simulado, dando como resultado el valor del tiempo de proceso total promedio de 254599,35 segundos (8,84 días), con una desviación estándar de 37451,19 (1,30), el modelo fue verificado por expertos y validado mediante una prueba de hipótesis de comparación de medias [5], ver Tabla VII.

Para evitar el error tipo II se debe aplicar la prueba de potencia [8], donde la probabilidad de detectar un modelo inválido es igual a $1-\beta$, este valor de β depende de δ , que se obtiene a partir del cálculo indicado en la Tabla VIII. En la fórmula de δ , se establece un error de 28800 segundos



equivalentes a 1 día para este modelo de simulación y también una potencia de prueba del 95%.

Fig. 9 3D Simulación del proceso actual

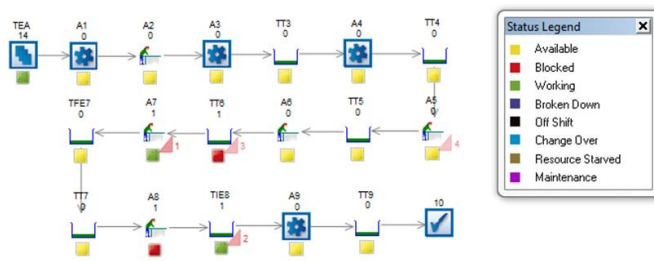


Fig. 10 Representación del proceso actual en Simul8

TABLA VII
PRUEBA DE HIPÓTESIS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

$$H_0 = \mu_D = 0$$

$$V.s. H_1 = \mu_D \neq 0$$

Se rechaza H_0 a favor de H_1 cuando se cumple:

$$\frac{\bar{D}}{S_d/\sqrt{n}} > T_{\alpha/2}(n-1)$$

\bar{D} = diferencia de los promedios entre real y simulado.
 S_d = Desviación estándar del modelo
 n = número de corridas
 T = estadístico estándar (para 95% de confianza y grados de libertad $n=50$)

$$\frac{(257832 - 254599.35)}{37451.19/\sqrt{50}} > T_{0.05}(50 - 1)$$

$$\frac{3232.65}{5296.398} > T_{0.025}(49)$$

$$0.610348 > 2.0096$$

TABLA VIII
PRUEBA DE POTENCIA

$\delta = \frac{ E(y) - \mu }{\sigma}$	$ E(y) - \mu = 28800$
$\delta = 0,77$	$\sigma = 37451,9$
Prueba de potencia = 0,95	
$1 - \beta = 0,95$	
$\beta = 0,05$	

Por tanto, con estos valores siendo $\delta= 0,77$, $\beta=0,05$ y con el uso de las curvas características de operación para dos colas, se obtiene un número de corridas de $n = 30$. Por lo tanto, el modelo es potente, pues se obtuvo un número de corridas menor a las 50 realizadas en las corridas preliminares.

Se concluye que el modelo es válido evitando los errores de tipo I y II.

IV. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

A. Implementación 5S

La técnica 5S se implementó para mejorar los siguientes puntos críticos: altos tiempos de espera que son generados por búsqueda de documentos en el departamento; alto flujo de personas y documentos concentrados en la secretaría general; y, la existencia de procedimiento repetitivos e innecesarios, que no agregan valor al proceso.

El área de trabajo en donde se realizó la implementación de las 5S fue la secretaría general del instituto, perteneciente al departamento de administración. En la Fig. 11 se muestra el estado inicial del área [10].



Fig. 11 Estado inicial de la secretaría general

1) *Clasificar*. - se ubicó lo innecesario en una bodega temporal y sólo se dejó lo que agregue valor al proceso, la actividad se llevó a cabo mediante una tabla de clasificación de ítems y el uso de tarjetas rojas. Para realizar la clasificación, se realizó una separación por años, y luego, dependiendo de la política, se lo desechaba o archivaba.

2) *Ordenar*. - en esta fase se ordenó lo clasificado en una ubicación adecuada para el buen tránsito de la información o de las personas, esto permitió evitar los tiempos perdidos por búsqueda de documentos. Además, se etiquetó los documentos que se van a guardar en el archivo de la secretaría general. Se implementó un pequeño almacén para las solicitudes, en el cual, se aplicó la estrategia de indicadores y la estrategia de pintura, etiquetando las solicitudes pendientes por entregar y las actas de entrega.

3) *Limpiar*. - en esta etapa se realizó una limpieza al área de trabajo, identificando las posibles fuentes de desperdicios visuales o documentales para evitar o reducir su impacto. Se implementó un plan de limpieza que debe formar parte de los deberes diarios de pulcritud en el área, pero no sólo en cuanto a suciedad, sino también, a la documentación por desechar del

día anterior, que generaba molestias o disturbio visual. Se identificaron 4 fuentes de desperdicios que fueron eliminadas: acumulación innecesaria de folders con poca cantidad documental; acumulación de documentos retirados de archivos para consulta; material impreso innecesario en el área de impresora; y, exceso de muebles de oficina que obstruían el tránsito. Finalmente, en esta etapa se implementó un listado de verificación para mantener las condiciones mejoradas, utilizando herramientas visuales para detectar ligeros defectos o anomalías en el área.

4) *Estandarizar.* - en esta etapa se definió responsabilidades para continuar y mantener el orden y limpieza implementados en las etapas anteriores, las cuales se efectúan mediante controles que se evidencian en varios check-list creados para revisión. Los responsables de cada actividad descrita en los check-list deberán constatar el fiel cumplimiento de las mismas, estos responsables se detallan en la Tabla IX. Se estableció, bajo acuerdo con las autoridades y actores del proceso, utilizar los check-list en un período de uno por semana para cualquiera de ellos, debiendo permanecer expuestos en el tablero físico de sus puestos de trabajo en la semana vigente para posterior destrucción después de la revisión de la patrulla 5S.

TABLA IX
 ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES DEL CICLO 3S

No.	Trabajos 3S	1S	2S	3S	Responsable
1	Estrategia de tarjetas rojas	●			Vicerrector administrativo
2	Estrategia de pintura		●		Vicerrector administrativo
3	Indicador de tipos de solicitudes		●		Coordinador de servicios académicos
4	Indicador de colocación de solicitudes		●		Coordinador de servicios académicos
5	Indicador de cantidad agrupada		●		Coordinador de servicios académicos
6	Indicador de estado de la solicitud		●		Coordinador de servicios académicos
7	Limpieza diaria del sitio de trabajo			●	Supervisor de servicios generales

5) *Mantener.* – En esta última etapa se creó las 5S visuales, las cuales se las socializarán siempre cuando haya cambio de personal y estarán disponibles en la cartelera informativa del área, ver Fig. 12.

Se incluyó, en el estatuto vigente del instituto, la creación de la patrulla 5S según decreto aprobado en una reunión realizada en el consejo académico, quedando estructurado según la Tabla X. Por lo tanto, esta patrulla 5S tiene la obligación de revisar los check-list implementados en la etapa anterior. Se estableció que existirán dos grupos de patrullas 5S formadas por 3 personas por grupos, quienes deben de realizar su inspección guiados por una lista de chequeo 5S estándar. Después de la inspección, se debe sumar los puntajes ganados y en base a estos resultados, se toma la decisión de aplicar o

no acciones correctivas que permitan mantener los niveles adecuados de 5S. Estas revisiones se socializan en la cartelera informativa para que quede constancia de la realización de la misma.

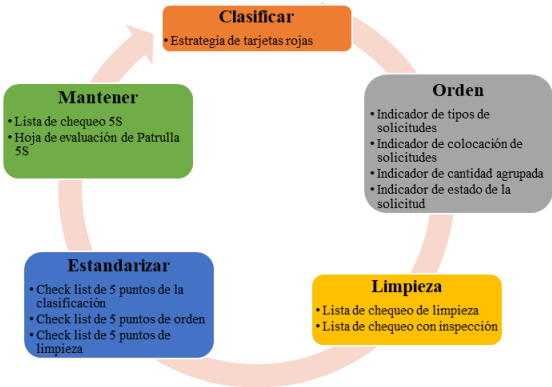


Fig. 12 5S visuales

TABLA X
 ESTRUCTURA DE LA PATRULLA 5S

Patrulla 5S	Personas encargadas	Suplentes	Periodo revisión
Coordinador de servicios académicos	1	1	Mensual
Coordinadores de carrera	3	2	Mensual
Supervisor de servicios generales	1	1	Mensual
Asistente de coordinación de servicios académicos	1	1	Mensual

B. Diseños de los instructivos de trabajo

Los instructivos de trabajo son documentos que describen de forma clara y precisa la manera correcta de realizar determinadas tareas. Las instrucciones de trabajo están sobre todo enfocadas a explicar cómo se va a realizar una actividad concreta normalmente asociada a un puesto de trabajo. Por esta razón, se diseñó un instructivo de trabajo para el área de secretaría general incluyendo la actividad a realizar, el responsable de la ejecución, las tareas relacionadas a cada actividad y los resultados esperados. El diseño del instructivo pasó por un proceso de revisión del equipo de trabajo y la aprobación de la máxima autoridad del instituto.

C. Proceso mejorado

Los tiempos que disminuyeron posterior a la implementación de 5S, a la capacitación y a la implementación de los instructivos de trabajo fueron: tiempo de traslado y espera en la actividad de ingreso de solicitud, tiempo de traslado y espera en la actividad de asignación o delegación, tiempo inicial de espera en la actividad de elaboración del documento y tiempo de traslado y espera en la actividad de recolección de firma. Estos tiempos mejorados fueron medidos en 30 solicitudes de homologación, los mismos que correspondieron a una distribución normal. El VSM mejorado,

ver Anexo II, muestra el tiempo total mejorado, resultando un lead time promedio de 52,48 horas (6,56 días), que representa una reducción del 26,70% del tiempo con respecto al tiempo actual.

Para realizar la simulación del proceso mejorado en Simul8, se procedió a ajustar los parámetros del modelo actual y se realizaron 50 corridas para verificar si el promedio no se altera con respecto al VSM mejorado (modelo fuerte), obteniendo como resultado el tiempo total promedio de 53,08 horas (6,64 días) y una desviación estándar de 3,84 (0,48) con un intervalo de confianza de un 95% entre $6,53 < \mu < 6,73$ días.

V. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Se realizó una comparación estadística entre ambos modelos realizados en el software Simul8, el modelo de simulación actual y el modelo de simulación mejorado, para comprobar la disminución del tiempo total de respuesta de las solicitudes de homologación.

Para lo cual, se realizan 30 nuevas repeticiones tanto de la simulación del proceso actual, como de la simulación del proceso mejorado usando números aleatorios diferentes en cada corrida y números aleatorios comunes entre los dos modelos. Como resultado de estas repeticiones se obtuvieron los valores de la variable de salida (tiempo total de respuesta de la solicitud de homologación) de cada modelo.

$$\Theta_1 = 70,36 \text{ horas (8,80 días)}$$

$$\Theta_2 = 52,98 \text{ horas (6,62 días)}$$

Se procedió a calcular el intervalo de confianza para la diferencia de medias, mediante la respectiva fórmula, ver Tabla XI, [11], [8].

TABLA XI
INTERVALO DE CONFIANZA PARA DIFERENCIA DE MEDIAS

$$\bar{D} - \frac{s_d}{\sqrt{n}} T_{\alpha/2}(n-1) \leq \theta_1 - \theta_2 \leq \bar{D} + \frac{s_d}{\sqrt{n}} T_{\alpha/2}(n-1)$$

\bar{D} : Promedio de la diferencia entre medias de $\Theta_1 - \Theta_2$

s_d : Desviación estándar de \bar{D}

α : Para un alfa de 0,05

n : 30

Obteniendo como resultado el siguiente intervalo de confianza:

$$51236,34 \leq \Theta_1 - \Theta_2 \leq 73883,08$$

Siendo así, el resultado indica que el intervalo de confianza está ubicado a la derecha del cero, entonces se tiene una fuerte evidencia que $H_0: \Theta_1 - \Theta_2 > 0$, entonces $\Theta_1 > \Theta_2$. Por tanto, se puede concluir que existe evidencia significativa para indicar que Θ_2 , la variable de salida de la simulación

mejorada, es menor a Θ_1 , la variable de salida de la simulación actual. La disminución de la variable de salida (tiempo total de respuesta de la solicitud de homologación) es del 24,26%.

VI. CONCLUSIONES

Lean services (servicios esbeltos), por ser una herramienta que combina filosofía con metodología, resultó ser pieza fundamental en esta investigación, porque logró involucrar a todos los actores vinculados al proceso de solicitud de homologación del estudiante generando un cambio en la forma de trabajo y en las actividades que se realizan día a día en este instituto de educación superior.

El objetivo de este proyecto de reducir los tiempos de las solicitudes de homologación, para mejorar la atención estudiantil, fue alcanzado en el mes de mayo del 2019.

El camino hacia el objetivo se trazó bajo el análisis de los procesos críticos y la determinación de sus causas raíces que repercuten en el tiempo de las solicitudes.

El VSM desde el enfoque de servicios, fue de gran ayuda para involucrar al equipo de trabajo, así como también, para comprender el proceso integral realizado en la institución, se consideraron los tiempos promedios en la recolección de datos y se evidenció que el tiempo total en el VSM es de 71,62 horas (8,95 días) para el flujo de las solicitudes de homologación.

En la implementación de las mejoras enfocadas en las 5S, como una estrategia de solución para alcanzar el objetivo, se logró un cambio de cultura en la forma de trabajo del personal involucrado (personal administrativo y académico) del instituto.

Los controles implementados en las 5S lograron mantener y afianzar la estrategia Lean con el objetivo de monitorear el cumplimiento y seguimiento de lo implementado para las solicitudes de homologación.

El modelo de simulación de la situación actual se validó estadísticamente y es una representación muy cercana a la situación real del proceso de solicitud de homologación. El modelo de la simulación futura es la representación del proceso deseado después de la implementación de las 5S y la aplicación de los instructivos de trabajo.

Evaluando las variables de salida de ambos modelos, tanto el modelo de la situación actual y el modelo de la situación mejorada, se obtiene como resultado una reducción del 24,26% del tiempo de la solicitud de homologación.

V. RECOMENDACIONES

Si bien el alcance de esta investigación no incluye el análisis de todas las solicitudes generadas por los estudiantes, debido a que, en la estratificación no fueron significativas en tiempos de respuestas; se puede realizar otro estudio utilizando una metodología similar a la aplicada en esta investigación para mejorar los tiempos en estas solicitudes.

Para alcanzar el tiempo de atención de las solicitudes (3 días) definido por el instituto se deben revisar las actividades que se realizan en el consejo académico para su aprobación,

debido a que estas actividades representan aproximadamente el 50% de tiempo total.

Se recomienda fomentar y mantener la cultura 5S en toda la organización, por medio de la implementación de métodos de reconocimiento que incentiven a los docentes y administrativos.

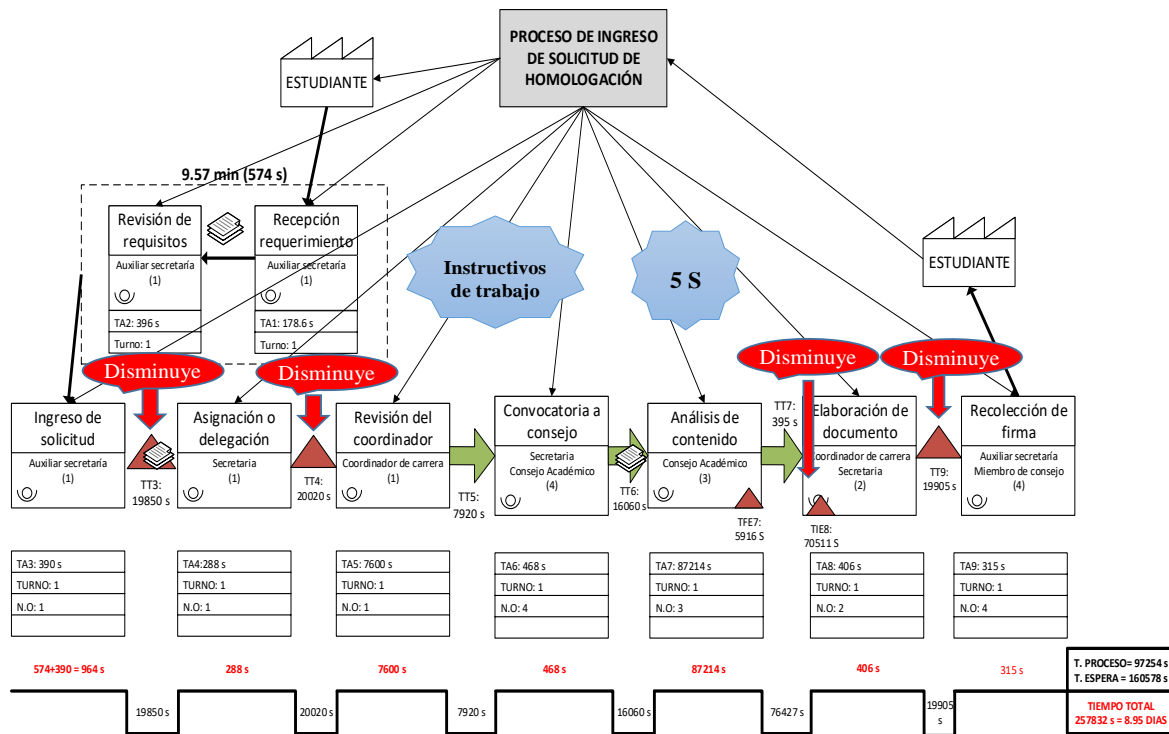
Se recomienda mantener la evaluación de la Patrulla 5S con el fin de controlar y hacer consciencia del buen cumplimiento de esta mejora.

En los análisis de causa y efecto se enlistaron causas relacionadas con administración y funcionamiento de cada cargo del proceso, es importante revisar las cargas de trabajo y analizar si la distribución de las tareas al personal y la cantidad de recurso humano, es la adecuada para el cumplimiento de las funciones de los departamentos.

REFERENCIAS

- [1] CES (Consejo de Educación Superior), “Reglamento de Régimen Académico Consejo Educación Superior,” *Lexis Finder*, no. 051, p. 46, 2017.
- [2] V. H. Gonzalez, M. E. S. M. F. Lozano, W. E. G. Sandoval, K. B. Villacreses, and D. Sabando-Vera, “Modelo del mapeo del flujo de valor - Value stream mapping (VSM) para la mejora de procesos de producción de empresa de Dulcería-café,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and TeCHnology*, 2018, vol. 2018-July, doi: 10.18687/LACCEI2018.1.1.283.
- [3] F. Alejandro and A. Vásquez, “Competitividad en procesos de servicios : Lean Service caso de estudio,” Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- [4] S. Gupta and M. Sharma, “Lean services : a systematic review,” *Int. J. Product. Perform. Manag.*, no. November 2017, 2016, doi: 10.1108/JPPM-02-2015-0032.
- [5] S. Murray and S. Larry, *Statistics*, Sixth. McGraw Hill Higher Education, 2018.
- [6] G. Espinoza, “Aplicación de Lean Management para mejorar la calidad de servicio en el área administrativa del colegio Miguel de Cervantes, Puente Piedra,” Universidad César Vallejo, 2018.
- [7] K. B. Villacreses, Á. V. Dominguez, and J. Abad-Morán, “Lean six sigma methodology effects on the molds changing time in the foam thermoforming area: An ecuadorian case | Efecto de la metodología lean six sigma en el tiempo de cambio de moldes en el área de termoformado foam: Caso Ecuador,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 2019, no. E23, pp. 494–506, 2019.
- [8] J. Banks, J. Carson, B. Nelson, and D. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, Fifth. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2010.
- [9] K. Concannon, M. Elder, K. Hindle, J. Tremble, and S. Tse, *Simulation Modeling with Simul8*, First. Canada: Visual Thinking International, 2007.
- [10] K. B. Villacreses, W. P. Navarrete, and V. G. Jaramillo, “Mejoramiento del Proceso de Fraccionamiento de Agroquímicos Usando Técnicas de Producción Esbelta,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and TeCHnology*, 2017, vol. 2017-July.
- [11] G. Zurita, *Probabilidad y Estadística: Fundamentos y Aplicaciones*, ESPOL. Guayaquil, Ecuador: Unidad de Publicaciones, 2008.

ANEXO I
VSM INICIAL DEL PROCESO DE SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN



ANEXO II
VSM MEJORADO DEL PROCESO DE SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

