




Técnicas Lean y tiempo de ciclo del proceso de resolución de averías en redes de área amplia definidas por software

Lean techniques and lead time of failure resolution process in SD- WAN networks

Autor

Hugo Iván Ticona Gregorio¹*

 <https://orcid.org/0000-0002-7967-3210>

¹Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad
Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

* Autor para correspondencia.
hugo.ticona@unmsm.edu.pe

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de la aplicación combinada de las técnicas Lean Gestión Visual y Procedimientos Operativos Estándar sobre el Tiempo de Ciclo del proceso de Resolución de averías en redes de Área amplia definidas por Software de una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones. Las etapas pre y post aplicación duraron diez semanas cada una. Los resultados evidenciaron una reducción del 27% en el Tiempo de Ciclo, el análisis estadístico realizado con la prueba t pareada evidencio que el resultado es estadísticamente significativo, con lo cual se concluyó que las técnicas Lean aplicadas constituyen alternativas de mejora para reducir la variabilidad operativa y acelerar la resolución de las averías en entornos de Redes de Área Amplia definidas por Software. Los resultados ofrecen un marco de referencia para que otras organizaciones adapten las técnicas empleadas en proyectos de mejora de sus procesos críticos.

Palabras clave: aprendizaje supervisado, normalización de datos, validación cruzada, clasificación binaria, desequilibrio de clases

Abstract

The objective of the research was to evaluate the impact of the combined application of Lean Visual Management and Standard Operating Procedures techniques on the Cycle Time of the Fault Resolution process in Software-Defined Wide Area Networks of a telecommunications service provider. The pre-and post-application stages lasted ten weeks each. The results showed a 27% reduction in Cycle Time, the statistical analysis carried out with the paired t-test showed that the result is statistically significant, with which it was concluded that the Lean techniques applied are alternatives for improvement to reduce operational variability and accelerate the resolution of failures in Software-Defined Wide Area Network environments. The results provide a framework for other organizations to adapt the techniques used in projects to improve their critical processes.

Keywords: supervised learning, data normalization, cross-validation, binary classification, class imbalance

Citacion sugerida: Ticona, H. (2025). Técnicas Lean y tiempo de ciclo del proceso de resolución de averías en redes de área amplia definidas por software. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología. RIEMAT*, 10(2), 80-91. <https://doi.org/10.33936/riemat.v10i2.7820>

Recibido: 26/09/2025

Aceptado: 13/11/2025

Publicado: 05/12/2025





1. Introducción

Las técnicas Lean Manufacturing (LM) tienen un comprobado historial de aplicaciones exitosas, sin embargo, el avance tecnológico ha generado nuevos escenarios complejos a los que el sector servicios de telecomunicaciones no es ajeno a ello, de lo cual surge la inquietud ¿las técnicas Lean aún mantienen su vigencia como técnicas de mejora para estos nuevos escenarios?, el presente artículo aporta en la respuesta a dicha interrogante, aplicando las técnicas Lean en un proceso real operando en el sector de telecomunicaciones corporativas.

Las organizaciones están transformando sus modelos tradicionales de producción para mantenerse competitivas (Ris y Puvaca, 2024), las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones no son indiferentes a esa tendencia (Hushyar et al., 2021), siendo la tecnología el principal acelerador de dicha transformación (Verma & Zhang, 2020). Tecnologías como cloud computing y la virtualización han impactado enormemente en las telecomunicaciones, hoy las aplicaciones están alojadas en las nubes públicas y/o privadas fuera de las oficinas de las organizaciones, lo que crea nuevos desafíos para las comunicaciones, como la necesidad de seguridad, flexibilidad, programabilidad y, sobre todo, el ahorro de costos, aspectos ampliamente cubiertos por las Redes de Área Ampla Definidas por Software (Segeč et al., 2020), dicha tecnología para construir redes de comunicaciones es una evolución de las Redes de Área Ampla que han estado presentes desde el año 2000 (Kasturi, 2020). Todo este cambio en el ecosistema tecnológico genera en los proveedores de servicios de telecomunicaciones la necesidad de reajustar procesos bien establecidos durante más de dos décadas y desarrollar nuevos procedimientos para la resolución de averías.

Las Redes de Área Ampla Definida por Software constituyen una revolución más que una evolución en el ámbito de las telecomunicaciones (Nadeau & Gray, 2013). En la actualidad se vienen empleando para construir las redes de nueva generación (Yang et al., 2019), ya que responden a la necesidad de las organizaciones de disponer de redes que transporten información de forma segura y flexible a través de enlaces de acceso a Internet y con una importante reducción de costos comparado frente las redes tradicionales (Segeč et al., 2020; Lee et al., 2020). Este nuevo escenario tecnológico redefine las operaciones en el sector, sin embargo, permanece constante la presión por producir más con menores recursos, esfuerzos e inversión eficiente en herramientas, principios alineados con la filosofía de Lean Manufacturing.

El Tiempo de Ciclo es el tiempo que demora un proceso en completar una tarea, su reducción es un objetivo habitual en los procesos de mejora, por ejemplo, Steven et al. (2022) y Nugroho et al. (2021) aplicaron técnicas Lean Manufacturing para reducir el Tiempo de Ciclo en el sector manufactura y de servicios respectivamente. Lean Manufacturing se enfoca en la reducción de desperdicios como la sobreproducción, el exceso de inventario, la espera, transporte, movimientos innecesarios, sobre procesamientos y defectos, posee un conjunto de técnicas para lograr su cometido (Wang, 2011), entre ellas Gestión Visual (GV) y Procedimiento de Operación Estándar (POE), las cuales fueron aplicadas de forma combinada en el Nivel 1 del proceso de Resolución de averías en Redes de Área Ampla Definidas por Software.

A pesar de la amplia literatura existente sobre la aplicación de las técnicas Lean en sectores como manufactura y servicios, existe una brecha evidente en estudios que evalúen la aplicación de dichas técnicas en procesos operativos en producción del sector de telecomunicaciones, especialmente en aquellos asociados a tecnologías emergentes como lo son las Redes de Área Ampla Definidas por Software que se vienen empleando para construir las redes de comunicaciones de nueva generación. Los resultados poseen relevancia porque el conocimiento generado es de interés para otras empresas, ya que pueden adaptar la metodología empleada a su realidad operacional, considerando que esta nueva tecnología de conectividad es un estándar internacional con el que se están construyendo las redes de nueva generación (Yang et al., 2019).

El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de la aplicación combinada de las técnicas GV y POE sobre el Tiempo de Ciclo del proceso de resolución de averías en Redes de Área Amplia Definidas por Software.

La hipótesis de investigación fue:

- H1: La aplicación combinada de las técnicas Visual Management y Procedimiento Operativo Estándar impacta en el Tiempo de Ciclo del proceso de resolución de averías en Redes de Área Amplia Definidas por Software reduciendo su Tiempo de Ciclo.

Antecedentes

La GV facilita el seguimiento de las actividades que ocurren dentro de un proceso para lo cual emplea gráficos, señales, colores, cuadros, lo que hace más fácil el trabajo y obvia los problemas operacionales que están ocurriendo (Jiju et al., 2016). Algunos autores como Bastos et al. (2018), señalan que los participantes de un proceso pueden ganar un entendimiento rápido de lo que está sucediendo en un proceso; por ejemplo, identificar de forma fácil los cuellos de botella, por ello aplicó esta técnica de forma combinada con 5S en el proceso de ensamblaje de una empresa fabricante de aviones francesa con la finalidad de reducir el alto Tiempo de Ciclo del proceso, para ello desarrolló un panel visual que facilitó la ejecución de las tareas dentro del proceso, con lo cual redujo el tiempo en supervisión, errores en el abastecimiento de insumos, el retrabajo y aumentó el nivel de involucramiento de las personas, el diseño del panel fue realizado considerando los requerimientos de los managers del área y realizó entrenamientos para que los componentes del panel fueran entendidos, como resultado obtuvo una reducción de 87,5% del tiempo de revisión de las partes y 80% en la tasa de partes defectuosas.

Mas adelante, Yik & Chin (2019), aplicaron GV y 5S para mejorar el proceso de preparación de envíos de productos terminados, con el objetivo de reducir los tiempos largos de preparación, para identificar las causas raíz usaron el diagrama de causa efecto, con las que determinaron que la realidad problemática que estaban enfrentando estaba compuesta por problemas de inventario desorganizado, incumplimiento del orden del despacho, falta de visibilidad en el proceso, registro inadecuado de datos identificaron las actividades que no agregaban valor al cliente. Luego de la aplicación lograron reducir el Tiempo de Ciclo de 3.58 a 1.83 horas, alcanzando una reducción de 48.8%, con lo cual cumplieron su objetivo.

Por otro lado, la variabilidad en la ejecución de una tarea tiene que ser controlada, por ello resulta importante la técnica Procedimientos Operativos Estándar (POE) sobre la cual se indica que es una herramienta Lean que describe las actividades que se deben desarrollar para completar una tarea de tal forma que el resultado no tenga mucha variabilidad (Jiju et al., 2016), la cual se ha aplicado en diversos sectores como por ejemplo un caso de salud, autores como Da Rosa et al., (2016), que condujo una investigación en un ambiente hospitalario. En otro caso autores como Tapia (2023), aplicaron para mejorar la enseñanza – aprendizaje de estudiantes de postgrado de una universidad peruana, midió el impacto a través de la reducción del tiempo de ciclo para el armado de una tabla perforada pre y post aplicación de la estandarización, comprobando estadísticamente que el impacto fue positivo. Autores como Shafeek et al (2018), aplicó estandarización de procesos en la línea de ensamble de una empresa fabricante de tarjetas eléctricas, se encontró con un problema de falta de flexibilidad en la línea de producción, por lo que agrupó las buenas prácticas y entrenó a los miembros del staff obteniendo una reducción de 85% en el tiempo empleado.

Se aprecia en los antecedentes, que GV ha sido usado en entornos en que se necesita dotar una rápida visibilidad del estado del proceso, mientras que la estandarización de procesos para documentar las buenas prácticas de tal forma que se concreten mejoras en los procesos productivos.

2. Materiales y Métodos

El estudio adoptó un diseño cuasiexperimental con medición en las etapas pre y post test aplicadas a un solo grupo, bajo un enfoque de tipo censal. La variable dependiente fue el Tiempo de Ciclo del proceso de resolución de averías de una empresa de comunicaciones que provee servicios de conectividad vía redes definidas por software al sector empresarial. La variable independiente correspondió a la aplicación de las



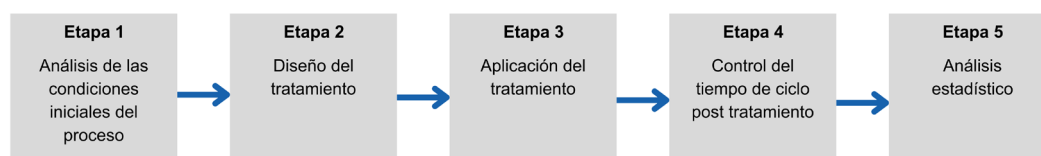
técnicas Lean Manufacturing: Gestión Visual (GV) y Procedimientos Operativos Estandar (POE). El proceso de estudio posee alcance regional y es llevado a cabo por equipos operativos distribuidos en diversos países.

Para medir el impacto se usó el indicador Tiempo de Ciclo, el cual midió el tiempo total desde que se abrió hasta que se cerró el ticket de atención. La validez y confiabilidad de los datos se aseguraron mediante el uso de registros operativos extraídos del sistema corporativo de gestión de incidencias, Service Now, cuyos registros son usados para el cálculo de indicadores y penalidades, dicho sistema captura de forma automática y trazable eventos de interés en el tiempo de vida de la solicitud de atención de las averías como por ejemplo tiempo de apertura, detalles de los síntomas del problema, comunicaciones telefónicas realizadas, personas de contacto y tiempo de cierre de la solicitud de incidencias, los cuales una vez registrados ya no pueden ser editados.

La Figura 1 muestra las cinco etapas que conformaron la investigación.

Figura 1

Etapas de la investigación



Donde:

- Etapa 1: Se determinaron las condiciones iniciales del proceso, se usó la técnica SIPOC (Proveedor, Insumo, Proceso, Output y Cliente) para obtener información sobre el proceso, también. Se extrajo información de la base de datos y se calculó el Tiempo de Ciclo semanal, dada la complejidad variable de las averías, se definió como criterio de inclusión un Tiempo de Ciclo entre 2 a 100 Horas para garantizar la homogeneidad de los datos.
- Etapa 2: Se aplicó el análisis de causa raíz para identificar los factores que generan los desvíos en el Tiempo de Ciclo y con dicha información se realizó el diseño de la aplicación para Gestión Visual y Procedimientos Operativos Estándar.
- Etapa 3: Se hizo la aplicación combinada del tratamiento con ambas técnicas Lean por un periodo de 10 semanas, previamente se capacitó a los participantes del procesos.
- Etapa 4: Se descargó información sobre las averías de la base de datos y se calculó el Tiempo de Ciclo de las 10 semanas previas y posteriores al tratamiento, registrándose un total de 1519 averías atendidas durante las 20 semanas.
- Etapa 5: Se realizó la prueba de Normalidad y t pareada a los datos obtenidos en la etapa anterior.

3. Resultados y Discusión

Para relevar información sobre el proceso se aplicó la herramienta SIPOC, ver Tabla 1.

Tabla 1

Aplicación de SIPOC al proceso de resolución de averías.

Proveedor	Insumo	Proceso	Salida	Cliente
Mesa de atención	Caso reactivo	Relevar	Avería Resuelta	Especialistas de Nivel 1 en Redes de Área Amplia Definidas por Software
		Diagnosticar	Avería lógica identificada	Especialistas de Nivel 2 en Redes de Área Amplia Definidas por Software
Sistema de Monitoreo	Caso Proactivo	Cerrar	Avería a nivel de transporte identificada	Especialistas de Nivel 2 en transporte
		Derivar		

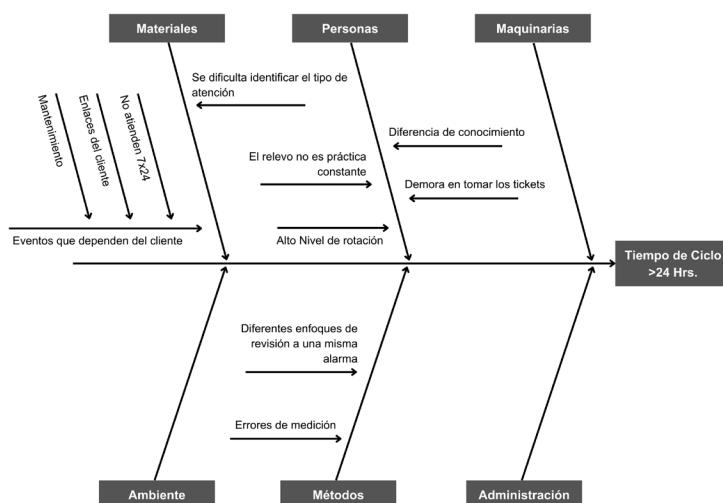
El proceso de Nivel 1 posee las siguientes etapas:

1. **Relevar:** Como insumos el Ingeniero recibe los tickets de averías abiertos de forma proactiva y reactivamente, los cuales contienen información sobre la avería, datos de contacto del cliente, y detalles de la vista de la ingeniería del circuito afectado. Esta parte suele complementarse con una llamada al cliente para aclarar o complementar la información enviada.
2. **Diagnosticar:** En esta etapa, se descartan problemas en el medio de transmisión como errores, caída o saturación, lo cual se realiza en base al ingreso a las controladoras Centrales de la Red de Área Amplia Definidas por Software. Los problemas simples se resuelven y pasan a la etapa de cierre o son transferidos a los procesos más especializados de Nivel 2. Uno de los principales problemas que afronta el N1 para las averías proactivas es la confirmación de temas de energía.
3. **Cerrar:** A esta etapa pasan las averías que fueron resueltas en el proceso de Nivel 1.
4. **Derivar:** Las averías que no pudieron ser resueltas, son transferidas a procesos más especializados de reparación: especialistas de nivel 2 en transporte y de Redes Definidas por Software.

La Figura 2 permite apreciar el diagrama de Ishikawa, el cual muestra concentración de problemas en las categorías Materiales y Personas.

Figura 2

Diagrama de Ishikawa – Proceso de nivel 1 (N1).





En el Diagrama de Ishikawa se expone que hay situaciones que dependen del cliente por lo tanto no pueden ser controladas al corto plazo. Por ejemplo, tiempo de respuesta del cliente para validar un corte de energía o corte programado por algún mantenimiento en la oficina afectada, envío de alguna prueba solicitada, se debe considerar que los clientes tienen más de una oficina conectada y también experimentan problemas para comunicarse con los contactos de sus oficinas remotas. El servicio de conectividad vía Redes de Área Amplia Definidas por Software en la empresa de aplicación también permite la integración de enlaces que son contratados por el cliente a otros proveedores, por lo que el cliente depende de la velocidad de atención de su proveedor para efectuar validaciones y reparaciones, lo cual también influye en el Tiempo de Ciclo.

Los errores de medición son causantes de algunos outliers y se presentan bajo la forma de averías que son catalogadas como tal por error. Por ejemplo, caídas, degradaciones en enlaces que aún no están en producción, por lo cual deberían ser excluidos en el cálculo del Tiempo de Ciclo. Este tipo de situación generalmente se presenta en la franja mayor a 100 horas.

En la categoría personas, se concentran las causas que se enfocarán en la propuesta de solución con GV y POE.

La Tabla 2 permite apreciar el desempeño del proceso medido a través del Tiempo de Ciclo, en las 10 semanas previas a la aplicación de las técnicas Lean Manufacturing

Tabla 2

Condiciones iniciales del Tiempo de Ciclo

Semana	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tiempo de Ciclo (Hora)	13.8	22.7	20.0	22.1	15.7	17.4	14.4	13.8	15.8	24.1

Propuesta de solución

Considerando la facilidad de implementación y el impacto en la operación en base al criterio de la supervisión del proceso, la propuesta de solución se enfocó en los detalles mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3

Aplicación de herramientas Lean por grupo de problemas.

Causa	Herramienta por aplicar	Entregable
Se dificulta identificar el tipo de atención		
Alto nivel de rotación de personal en el Nivel 1	Visual Management	Dashboard en CRM
Demora en tomar los tickets		
Diferente enfoque para revisar una misma alarma	POE	Procedimiento para revisión de pérdida de conexión con Media Converter y de túnel
Diferencia de conocimiento entre los agentes N1		

La aplicación de Visual Management se hizo a través de la creación de un panel de control usando la aplicación Service Now, la cual es la base de datos oficial de la compañía de aplicación, allí quedan registrando las

solicitudes de atención abiertas y cerradas, la cual tiene diversas funcionalidades, una de las cuales es la creación de paneles Kanban que se nutren de la información contenida en la base de datos.

Las secciones del panel de control y como estas fueron dispuestas son mostradas en la Figura 3.

Figura 3

Disposición del Panel de Control creado.

Ambiente	Avería Pendiente por llegar al N1	Averías Nuevas o sin propietario	Avería por energía
Avería Reactivas en progreso en N1	Avería sin propietario	Averías en transporte derivada	Averías en Red de Área Amplia Definida por Software

La Tabla 4 contiene la información de lo que representa cada sección del Panel, una breve descripción y el objetivo que persigue.

Tabla 4.

Detalle de los componentes del Panel de Control creado.

Componente	Descripción	Objetivo
Total, de casos	Muestra el Total de carga de trabajo	Visualizar la carga total de trabajo en progreso.
Averías Pendientes por Llegar a N1	Averías que aún no han sido derivadas al N1 del proceso, se encuentran en el grupo de call center.	Visualizar la carga de trabajo que se viene y/o evitar demoras de transferencias
Avería Nueva o sin Propietario	Tickets en cola de trabajo N1 pero que no tiene propietario	Evitar que la falta de propietario incremente el tiempo de ciclo del caso.
Avería por energía	Averías asociadas a evento eléctrico. Ya se recuperaron y están pendientes de ser cerradas.	Identificar las averías de baja prioridad.
Averías reactivas en progreso en N1	Lista las averías creadas por el cliente	Facilitar la identificación de los tickets a dar prioridad de atención.
Avería sin propietario	Averías que usan conectividad vía Redes de Área Amplia Definidas por Software que no tienen un técnico asignado y que por error fueron derivadas erróneamente a otros grupos de trabajo.	Evitar Tiempo de Ciclo altos debido a que tickets por error fueron derivados a otros grupos y se quedan sin actividad.
Avería en Transporte	Averías ubicadas en la capa de transporte que han sido derivadas a grupos de trabajos externos especializados en medio de transporte o transmisión.	Facilitar el seguimiento a averías localizadas en la capa de transporte y que están siendo trabajadas por especialistas de otros procesos.
Averías en Red de Área Amplia Definida por Software	Averías que ha sido localizadas en la capa lógica de las Redes de Área Amplia Definidas por Software y que deben ser gestionadas a través de grupos externos.	Facilitar la identificación de averías en Redes de Área Amplia Definidas por Software que están siendo trabajadas por otros procesos.

Por otro lado, se estandarizó las revisiones de 2 alarmas que ocurren con mayor frecuencia, el objetivo es



definir los entregables estándar que deberá presentar un agente del grupo N1, de tal forma de reducir la variación en las revisiones, el detalle puede ser apreciado en la Tabla 5.

Tabla 5

Actividades estandarizadas.

Nº	Evento	Entregables estándar
1	Revisión de Alarma por caída de media Converter, que es el equipo que hace la transformación de señal óptica a eléctrica.	1. Prueba de conectividad desde el equipo Central. 2. Validación de tabla ARP en el conversor óptico-eléctrico. 3.Reinicio de puerto del Conversor óptico-eléctrico.
2	Revisión de Alarmas de caída de túnel IP Sec.	1. Identificar el puerto del equipo al cual se encuentra asociada la alarma de caída de túnel. 2. Validar eventos en el puerto asociado al túnel. 3. Identificar al equipo del otro extremo a donde llega el túnel implicado. 4. En el equipo del otro extremo, identificar el puerto adonde conecta el túnel. 5. Realizar revisiones en el puerto asociado al túnel. 6. Identificar las IP de los puertos inicial y final del túnel. 7. Probar conectividad entre las IPs del túnel: comandos tracert y ping. Como entregable mínimo de esta rutina debe producir lo siguiente: 1. Equipos afectados de ambos extremos (inicial y final) 2.Puertos empleados de cada equipo. 3. Reporte de estado de enlaces de última milla en ambos extremos 4. Reporte de estado del túnel. 5. Reporte del estado de la conectividad IP extremo a extremo. 6. Conclusión de la revisión de conectividad.

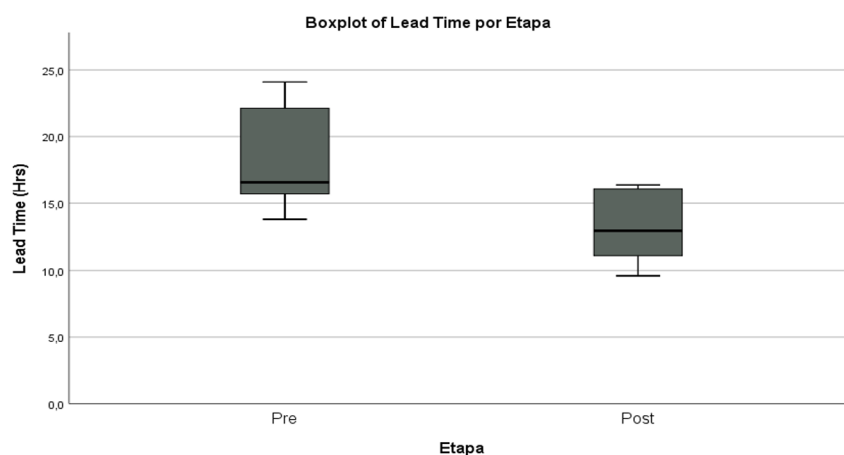
Luego de la aplicación de la solución propuesta, se hizo un control del Tiempo de Ciclo (TC) calculando el promedio semanal durante 10 semanas posteriores a la aplicación de las técnicas Lean Manufacturing, cuyos resultados se pueden ver en Tabla 6.

Tabla 6

Promedios Semanales del Tiempo de Ciclo (Horas) post aplicación.

Semana	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Tiempo de Ciclo	15.2	12.7	11.0	11.2	11.1	13.2	16.4	9.6	16.2	16.1

La Figura 4 muestra el Box Plot de las etapas pre y post aplicación de las técnicas Lean Manufacturing, se observa que en la etapa pre los valores promedios del Tiempo de Ciclo presentan una mayor dispersión comparada con la etapa post aplicación, así como el valor de la mediana es menor en la etapa post aplicación.

Figura 4*Box Plot de las etapas pre y post aplicación.*

Nota: Generado mediante el software Minitab 26.

Para el análisis estadístico se emplearon los valores de las Tablas 2 y 6. Considerando que el total de muestras a analizar es de 20, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para validar la normalidad del tiempo de ciclo (en horas).

Test de normalidad y de hipótesis

Considerando que el total de muestras a analizar tiene un tamaño de 20, se usó la prueba de Shapiro-Wilk para validar la normalidad del tiempo de ciclo, el resultado se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7*Resultado de Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk.*

	Statistic	df	Sig.
Pre	0.892	10	0.180
Post	0.892	10	0.177

Dado que los valores de significancia tanto para el pre (0.933) y post test (0.235), son mayores que 0.05, se concluye que los datos siguen una distribución normal. Por lo que para validar el impacto de las herramientas Lean, se aplicó la prueba t para muestras dependientes, el detalle del resultado se encuentra registrado en la Tabla 8.

Tabla 8*Resultados de la prueba t para muestras pareadas.*

Pairad Samples Statistics								
	Mean	N	Std. Deviation	Std Error Mean				
Pre	18,180	10	3.7374	1.1819				
Post	13.270	10	2.5399	1.8032				
<i>Paired Samples Correlations</i>								
		N	Correlation	Sig.				
Pair 1	Pre & Post	10	-0.131	0.719				
<i>Paired Samples Test</i>								
			Paired Difference					
		Mean	Std. Deviation	St. Error Mean	IC 95% Inferior-Superior	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Pre-Post	4.9100	4.7853	1.5132	1.4868 - 8.3332	3.245	9	0.010



La Tabla 9, muestra el valor promedio semanal del Tiempo de Ciclo, antes y después de la aplicación del tratamiento, se puede apreciar que posterior a la aplicación del tratamiento, se obtuvo una reducción práctica de 27%, lo que evidencia un incremento en la productividad del proceso de resolución de averías en Redes de Área Amplia Definidas por Software, basado en que gracias a la aplicación de la Gestión Visual los participantes del proceso empezaron a visualizar el estatus de la carga de trabajo de forma ordenada, lo cual también contribuyó a la tarea de supervisión ya que permitió enfocar los esfuerzos de supervisión a casos críticos y con potenciales de desvío.

Por otro lado, la elaboración de Procedimiento Operativo Estándar permitió que las tareas identificadas como más frecuentes se realicen en menor tiempo reduciendo la variabilidad en su tiempo de ejecución. Por otro lado, de acuerdo con el resultado de la prueba t, se tiene que la diferencia del Tiempo de Ciclo de las etapas pre y post test es estadísticamente significativa.

Tabla 9

Reducción del Tiempo de Ciclo.

Etapas	Valor obtenido
Pre	18.180
Post	13.270
Reducción del Tiempo de Ciclo	-27.001%

Discusión de resultados

Los resultados de la prueba t pareada confirmó que la aplicación combinada de las técnicas Lean Manufacturing, Gestión Visual y Procedimiento Operativo Estándar, contribuyeron a la reducción del Lean Time del proceso de Nivel 1 de resolución de averías en Redes de Área Amplia Definidas por Software de forma significativa dado que se obtuvo un valor de “p” igual 0.010 el cual es menor que 0.05, donde cada herramienta contribuyó a la mejora, GV facilitó la labor de supervisión del proceso considerando que el supervisor se encuentra en un país distinto a donde se encuentran los ingenieros que participan del proceso, a la vez facilitó la labor de coordinación entre los ingenieros para el relevo de las tareas, por su lado, POE contribuyó a que las tareas repetitivas se ejecuten con menor variabilidad, dado que especificó los pasos que se debían seguir ante la llegada de las alarmas que llegan con más frecuencia, esto también ayudó a gestionar la rotación del personal.

Los resultados obtenidos se encuentran en línea con los de Yik & Chin (2019), Shafeek et al (2018) y Bastos et al (2018), quienes también lograron impactar positivamente en los procesos que intervinieron, reducción de 48.8% y 85.5%, 87.5% aunque cabe resaltar que sus procesos de aplicación estuvieron localizados en un ambiente geográfico focalizado, los resultados también están en línea con lo alcanzado por Steven et al. (2022) y Nugroho et al. (2021) quienes lograron una mejora de 37.2% y 50 % del Tiempo de Ciclo pero aplicando otras herramientas Lean Manufacturing.

4. Conclusiones

Los resultados de la aplicación de las técnicas Lean Manufacturing Procedimientos Operativos Estandar y Gestión Visual, demuestran de forma consistente que las técnicas Lean Manufacturing mantiene su vigencia al lograr reducir el Tiempo de Ciclo del proceso de resolución de averías de Nivel 1 en Redes de Área Amplia Definidas, el cual es un proceso complejo donde la variabilidad en las características particulares de cada avería, añaden complejidad a la tarea de diagnóstico y reparación causando que el Tiempo de Ciclo presente alta variabilidad. Hay oportunidad de mejora en los procesos de diagnósticos de averías en Redes de Área

Amplia Definidas por Software en los siguientes niveles del proceso de Resolución de Averías, que son los niveles a donde se transfieren las averías más complejas, por lo que se recomienda continuar con el análisis en ese nivel de complejidad. Para futuras investigaciones también se sugiere excluir causales de demora asociadas al cliente, por ejemplo, enlaces recuperados, pero el cliente no responde para permitir el cierre, o donde impide el cierre solicitando periodos de observación prolongados, así mismo también se sugiere la aplicación de Técnicas Lean mediante el Diseño de Experimentos a fin de evaluar el impacto de cada técnicas mediante Modelos Lineales Generalizados a fin de optimizar los tratamientos

Contribución de los autores

Hugo Iván Ticona Gregorio: Conceptualización, metodología, análisis estadístico de resultados y redacción.

Conflictos de interés

El autor declara no tener ningún conflicto de interés.

5. Referencias

- Bastos, F.A., Jaguaribe, HL., Albertin, MR., Maia, RL. & De Castro, T. (2018). Application of visual management panel on an airplane assembly station. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(6), 1045-1062. doi: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0189>
- Da Rosa, R., Galhen, M.H., Ilha, S., Zamberlan, C., Barbosa, H.M. & Weiss, F. (2016). Procedimento Operacional padrão no ambiente Hospitalar: percepção de enfermeiros. *Cuidado é Fundamental*, 8(4), 5095-5100. doi: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2016.v8i4.5095-5100>
- Escudero, B. (2020). Mejora del Tiempo de Ciclo y productividad en el proceso de armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 39(2020), 51-72. doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4915>
- Hushyar, K., Braun, h. & Eslambolchi, H. (2021). *Telecom Extreme Transformation*, The Road to a Digital Service Provider. USA, CRC Press.
- Jiju, A., Vinodh, S. y Gijo, E. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized enterprises a practical Guide*. USA, CRC Press.
- Ishak, FA., Johari, M.K., M & Dolah, R. (2018). A case study of Lean application for shortest Tiempo de Ciclo in composite repair shop. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.13), 112-119. doi: 10.14419/ijet.v7i4.13.21341
- Kasturi, R. (2020). Trends in SD-WAN and SDN. *CSIT*, 8, 21-27. doi: <https://doi.org/10.1007/s40012-020-00277-5>
- Lara, G. y Jurado, RA. (2023). Análisis y Propuesta de Mejora en el Proceso de Producción de Yogurt griego de una empresa peruana mediante herramientas Lean. (5S). *Ingeniería Industrial*, 44, 37-63. doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6234>
- Nadeau, TD. & Gray, K. (2013). *SDN: Software Defined Networks*. USA, O'Reilly Media Inc.
- Nugroho, M. Z. P., Hasibuan, S., & Adiyatna, H. (2021). Application of lean manufacturing to improve procurement Tiempo de Ciclo in the case of the steel industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1010(1), 012022. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1010/1/012022>
- Ris, K. & Puvaca, M. (2024). *Digital Transformation Handbook*. USA, CRC Press.
- Segeč, P., Moravčík, M., Uramová, J., Papán, J. & Yeremenko, O. (Noviembre del 2020). SD-WAN – Architecture, functions and benefits. *18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)(pp. 593-599)*. Košice, Slovenia. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICETA49257.2020.9388888>



org/10.1109/ICETA51985.2020.9379257

- Shafeek, H., Bahaitham, H. & Soltan, H. (2018). Lean Manufacturing Implementation using Standardized Work. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 15, 1814-1817. doi: <https://doi.org/10.1166/jctn.2018.7316>
- Steven, E., Chin, J., & Nadlifatin, R. (2022). Implementation of Tiempo de Ciclo improvement in the cutting production process using clustering data mining and lean manufacturing. *In The 3rd International Conference on Advance & Scientific Innovation (ICASI), 2022* (pp. 382–391). Knowledge E. doi: <https://doi.org/10.18502/kss.v7i10.11377>
- Tapia, FM. (2023). Experiencia lúdica utilizando la herramienta standard Operating sheet de Lean Manufacturing para mejorar la enseñanza-aprendizaje del trabajo estandarizado. *Industrial Data*, 26(1), 91-115. doi: <https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.23828>
- Verma, P. & Zhang, F. (2020). *The Economics of Telecommunication Services, an engineering perspective*. Switzerland A, Springer.
- Wang, J.X. (2011). *Lean Manufacturing, Business Bottom-line Based*. USA, CRC Press.
- Yang, Z., Chi, Y, Li, B., Liu, Y. & Xu, Y. (Julio 2019). *Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)*. 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN). Valencia, España. doi: <https://doi.org/10.1109/ICCCN.2019.8847124>
- Yik, L. & Chin, J. (June 2019). *Application of 5S and Visual Management to improve Shipment preparation of finished goods*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 530. Penang, Malaysia. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/530/1/012039>