

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño
Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



**LEAN HEALTHCARE Y LA MEJORA DE
PROCESOS EN EL SECTOR SALUD DE BAJA
CALIFORNIA**

Tesis para cubrir los requisitos necesarios para obtener el grado de:

Maestro en Ingeniería

Presenta:
Ing. Ignacio Agustín Franco Alucano

Director: Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza

Ensenada, Baja California, México. Junio 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

“Lean Healthcare y la Mejora de Procesos en el Sector Salud de Baja California”

TESIS

Que para obtener el grado de MAESTRO EN INGENIERÍA presenta:

IGNACIO AGUSTÍN FRANCO ALUCANO

Aprobada por el siguiente comité



Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza
Director



Dr. Yolanda Angélica Báez López
Co-Directora



Dr. Jorge Limón Romero
Miembro de Comité



Dr. Arturo Sinué Ontiveros Zepeda
Miembro de Comité



Dr. Julian Israel Aguilar Duque
Miembro de Comité

Ensenada, Baja California, México. Junio del 2022

Resumen de la tesis que presenta **Ignacio Agustín Franco Alucano** como requisito para la obtención del grado de Maestro en Ingeniería con orientación en Ingeniería Industrial.

Lean Healthcare y la mejora de procesos en el sector salud de Baja California.

El sector salud cuenta con una demanda creciente por mejorar los servicios cuanto la calidad de su atención, aumentar la eficiencia, reducir costos, reducir la ineficiencia de la utilización inadecuada de recursos, flujo de paciente deficiente, retrasos en la atención al paciente, satisfacción del paciente y la calidad general al público. El presente trabajo tiene como objetivo contribuir en la mejora de indicadores de eficiencia asociados a la utilización de recursos y flujo de materiales en los laboratorios del sector salud de Baja California, por medio de la simulación de procesos y la información generada en la implementación de la estrategia de mejora conocida como Lean Healthcare en un caso de estudio.

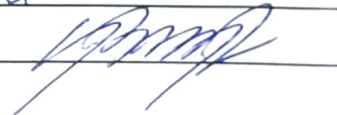
Se realizó una recopilación de información en un laboratorio clínico con la finalidad de caracterizar los procesos y su eficiencia, así como desarrollar un modelo de simulación mediante el software Anylogic, permitiendo la simulación de posibles escenarios mostrando indicadores de eficiencia como el Turnaround Time (TAT), Turnover Time (TOT) y Length of Stay (LOS). Con el análisis realizado, se crearon diferentes escenarios que esquematizan la posible reducción de tiempos de servicio, así como disminución de uso de recursos mediante las mejoras observadas en la aplicación de las herramientas de Lean Healthcare y la simulación de procesos.

Aprobada por:

Director de tesis: Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza



Co-director de tesis: Dra. Yolanda Angélica Báez López



Palabras clave: Turnaround Time, Turnover Time, Length of Stay, Tiempos de espera, Simulación de Procesos, Lean Healthcare, Value Stream Mapping.

Para Cristina y Paola:

Mi motivación para continuar creciendo son ustedes.

A mi madre:

Gracias por seguirme impulsando a ser una mejor persona mediante tu ejemplo como la gran mujer que eres.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	8
Mapeo de Flujo de Valor (VSM)	9
5S	9
Six Sigma (SS).....	9
Control Visual.....	10
Turnaround Time (TAT)	10
Turnover Time (TOT).....	10
Length of Stay (LOS).....	10
Aplicaciones de Lean Healthcare.....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	12
HIPÓTESIS	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
MARCO TEÓRICO	13
Lean Management.....	13
Simulación De Procesos	14
OBJETIVOS.....	15
General.....	15
Específicos	15
METODOLOGÍA	16
RESULTADOS	17

ETAPA 1: INVESTIGACIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA	17
ETAPA 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y ACOPIO DE DATOS	23
ETAPA 3: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL	26
ETAPA 4: APLICACIÓN DE LH	27
ETAPA 5: SIMULACIÓN DEL PROCESO.....	28
SIMULACIÓN 1:	30
SIMULACIÓN 2:	31
SIMULACIÓN 3	32
SIMULACIÓN 4	33
ETAPA 6: PLAN DE MEJORA	34
DISCUSIÓN	34
LIMITACIONES	37
TRABAJO A FUTURO	37
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	38
ANEXOS.....	39
BIBLIOGRAFÍA	53

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir con información para la mejora de indicadores de eficiencia asociados a la utilización de recursos y flujo de materiales en los laboratorios del sector salud de Baja California que se tenga acceso, por medio información generada en la implementación de la estrategia de mejora conocida como “Lean Healthcare” y simulación en un caso de estudio.

Lean Healthcare (LH) es una estrategia empleada por el sector salud a nivel mundial, sólo en Estados Unidos se estima que cerca del 70% de hospitales¹ emplean esta estrategia para incrementar la eficiencia de diferentes servicios de soporte no directamente relacionados con la salud del paciente, como la reducción del tiempo de estadía (length of stay), reducción del tiempo de espera, reducción del tiempo de procesamiento de muestras (turnaround time), reducción en el tiempo de preparación (turnover time) entre otros.

Mediante las herramientas LH, se analizaron distintos procesos dentro de la prestación de servicio para identificar y evaluar actividades que agregan valor al servicio (AV), actividades que no agregan valor, pero son necesarias (NAVN) y actividades que no agregan valor y son innecesarias (NAVI). Una vez identificadas estas actividades se analizaron aspectos como flujo de materiales e insumos, inventarios, capacidad vs demanda y otros aspectos que permitan plantear una simulación del proceso actual y una simulación de proceso mejorado. Esto permite proveer de información útil al sector salud de Baja California y contar con una herramienta de análisis y fuente de datos para toma de decisiones para la mejora del servicio y el incremento de la eficiencia.

El sector salud cuenta con una demanda creciente por mejorar los servicios cuanto la calidad de su atención, aumentar la eficiencia, reducir costos, reducir la ineficiencia de la utilización inadecuada de recursos, flujo de paciente deficiente, retrasos en la atención al paciente, aumento en la satisfacción del paciente y la calidad general al público. Los estudios donde se ha aplicado LH, arrojan mayoritariamente un resultado positivo en términos de mejora de la eficiencia de los servicios en hospitales. Recientemente, las diferentes áreas del sector salud en diferentes partes del mundo han comenzado a adoptar metodologías como LH

¹ Shortell, S., Blodgett, J., Rundall, T., & Kralovec, P. (2018). Use of Lean and Related Transformational Performance Improvement Systems in Hospitals in the United States: Results From a National Survey. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 44(10), 574–582. <https://doi.org/10.1016/j.jcjq.2018.03.002>

e incluso otras como Six Sigma (la cual se orienta a la reducción de la variación de procesos) y se han formado algunas implementaciones exitosas que mejora el flujo de pacientes al solicitar un servicio. Esto plantea un contexto para analizar un proceso del sector salud del estado, identificar posibles fuentes de ineficiencia y proponer acciones de corrección y mejora por medio de herramientas de LH principalmente.

ANTECEDENTES

El sector salud enfrenta una demanda constante para incrementar la eficiencia y el servicio que brinda a la sociedad, para lo cual diferentes estrategias se han explorado para lograr este fin. Lean Manufacturing (LM) es una estrategia de mejora del desempeño de una institución mediante la reducción de actividades que no agregan valor. A la implementación de LM en el sector salud se le denomina Lean Healthcare, la cual, tiende a mejorar procesos por medio de la automatización, remodelación de sistemas de producción y así como la reducción de desperdicios.

Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just In Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. Lean Consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas de fabricación que busca la mejora de los procesos productivo a través de la reducción de todo tipo de desperdicios. Un desperdicio se define como los procesos o actividades que utilizan más recursos de los que son necesarios. Las empresas utilizan indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos, sin plantear si tiene valor o no. El valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabe que algún cliente esté dispuesto a comprar.

El reconocimiento de los desperdicios de cada empresa debe ser el primer paso para la selección de las técnicas más adecuadas. Comúnmente se detectan despilfarros o desperdicios por exceso de almacenamiento, sobreproducción, tiempos de espera, defectos de proceso, transporte y movimientos innecesarios. Existen distintas herramientas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas tales como Six Sigma, Just in Time, 5S, Value Stream Mapping, Control Visual, entre otros. (Matías, 2013)

Mapeo de Flujo de Valor (VSM)

VSM es una herramienta Lean para analizar el estado actual del flujo de materiales e información que representan valor para los usuarios y diseñar el estado futuro para la serie de eventos desde su inicio hasta el final (Singh y Sharma, 2009). Se ha enfatizado que VSM debe llevarse a cabo como el primer paso hacia la implementación Lean (Womack et al., 1990). Esta herramienta permite analizar el sistema actual de un extremo a otro, es decir, desde donde inicia hasta donde termina, con el fin de observar dónde se realizan actividades que agregan el valor y donde no, incluyendo la generación de desperdicios. Esta poderosa herramienta no solo resalta las ineficiencias del proceso, desajustes transaccionales y de comunicación, sino también guías sobre la mejora (Rother y Shook, 2003). El VSM consiste en la definición de dos mapas, siendo una representación gráfica tanto de materiales como de flujos de información dentro del proceso actual y otro mapa de proceso en su versión mejorada (futura).

Las herramientas y técnicas esbeltas son extremadamente deseables para identificar y eliminar el desperdicio. El desperdicio se define como cualquier actividad o cosa que no agrega valor y absorbe recursos. Los sistemas de salud se encuentran en una encrucijada, pidiendo un rediseño de la prestación impulsada por costos crecientes y expectativas más altas (Moraros et al., 2016).

5S

La herramienta 5S corresponde a la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japónes de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito (Matías, 2013).

Six Sigma (SS)

Six Sigma es una herramienta de medición de defectos y mejora de la calidad, y fue diseñada para hacer que las empresas sean tan exitosas como sea posible en el ahorro de desperdicios. Su objetivo es el proporcionar procesos de clase mundial, confiables y con valor para el cliente. SS es una técnica para monitorear defectos y mejorar la calidad, una metodología para reducir el nivel de defectos por debajo de los 3.4 defectos por millón. SS proporciona un método para administrar las variaciones de proceso que causan defectos (definidos como desviaciones inaceptables del objetivo o media) y sistemáticamente trabajan hacia el manejo de las variaciones para eliminar esos defectos (Subramaniam, 2007).

Control Visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema productivo con enfoque especial a anomalías y despilfarros. El control visual se centra exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Las fábricas utilizan comúnmente la estadística, gráfica y cifras de carácter estático y especializado. El control visual se convierte en la herramienta Lean que convierte a la dirección por especialistas en una dirección simple y transparente con la participación de todos, de forma que, puede afirmarse que es la manera con la que Lean “estandariza” la gestión (Matías, 2013).

Los métricos que se utilizan a nivel internacional incluyen algunos de los que se definen a continuación:

Turnaround Time (TAT)

El Turnaround Time indica la cantidad de tiempo necesario para completar un proceso o completar una solicitud. Uno de los métricos asociados a laboratorios clínicos del sector salud es el tiempo de respuesta enfocado a un proceso de análisis de muestras (Nidal, 2014).

Turnover Time (TOT)

El Turnaround Time indica el tiempo que transcurre desde el momento en el que se realiza la salida de un paciente de la sala de muestras hasta la llegada del próximo paciente a la sala de muestras de una organización del sector salud (Dettmann, 2013).

Length of Stay (LOS)

EL Length of Stay (LOS) es el tiempo que transcurre desde la entrada del paciente hasta el momento en el que termina el tratamiento por el cual ingresó y es dado de alta por la organización en la que se encuentra realizando el tratamiento (White, 2014).

Aplicaciones de Lean Healthcare

Existen diferentes y variados casos de estudio de (LH) y la mejora de procesos dentro del sector salud los cuales han aplicado diferentes herramientas para lograr una reducción de tiempos de los procesos del sector salud mejorando métricos para medir la eficiencia del servicio tales como el TAT, TOT o LOS. Mediante la aplicación de un VSM y PDCA en un Hospital, Chan et al (2014) redujo

15% los tiempos de espera; por su parte Choi et. al. (2005) redujo 27% el LOS, reduciendo así 38% el promedio de tiempo de espera y 23% el tiempo de proceso mediante la aplicación de un rediseño de Layout en un Hospital. Adicionalmente Shilpasree et. al. (2019) redujo 28% el TAT aplicando herramientas como el histograma y gráfico de cajas en un laboratorio; Sanchez, et. al. (2018) redujo 15% el LOS analizando los 7 desperdicios en un Hospital; Moore, et. al. (2018) redujo 10% el TAT e incrementó 17% el promedio de pacientes por día mediante la aplicación del diagrama de control y la gestión visual en una clínica.

Esta información da cuenta que las herramientas de LH permiten mejorar métricos de eficiencia y desempeño en el sector salud. Sin embargo, aplicaciones e información de estas herramientas en países en vías de desarrollo como México es escasa. Además, no se ha encontrado aplicaciones de LH y simulación en el sector salud para el estado de Baja California, particularmente para casos de laboratorios clínicos no se observa ningún estudio previo, lo que representa un área de oportunidad para subsanar por medio de un caso de estudio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los servicios de salud enfrentan desafíos para aumentar su eficiencia, calidad de atención y hacer frente a los aumentos de demanda. La simulación de procesos y LH son oportunidades para las instituciones de la salud con el objetivo de determinar si el flujo de pacientes y el proceso son eficientes.

Al respecto, la estancia excesiva es un métrico fundamental tanto para la seguridad del paciente como los costos hospitalarios, por lo tanto, los retrasos en algunos procedimientos pueden conducir a una estadía prolongada y, por lo tanto, aumentar malestar entre los pacientes hospitalizados y comprometer la capacidad de las camas. Métricos adicionales como turnover time (TOT), turnaround time (TAT) y tiempo de espera son utilizados para medir el nivel de eficiencia del servicio de laboratorios clínicos.

Actualmente se desconoce si estos métricos son medidos y analizados en el sector salud del estado, por lo tanto, se desconoce el nivel de eficiencia, lo cual plantea un área de oportunidad para contribuir con el análisis de estos métricos. Adicionalmente, las medidas que se utilizan para el análisis del sector salud es la duración de la estancia del paciente (LOS), el tiempo para ver al médico, el tiempo de espera para el tratamiento y el número de pacientes no atendidos.

Este proyecto aporta información por medio de un caso de estudio para la aplicación de la simulación de procesos y herramientas Lean Healthcare en la reducción del TAT el proceso de toma de muestras en un laboratorio clínico mediante la recopilación de datos y análisis. Mediante la reducción del TAT en los procesos de un laboratorio clínico permitirá contribuir a una mayor satisfacción al paciente, la calidad de la atención y generar motivación a los empleados.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué herramientas de Lean Healthcare son más utilizadas para la mejora de procesos en hospitales a nivel mundial?
- ¿Qué herramientas de Lean Healthcare son más utilizadas para la mejora de procesos del servicio de laboratorios clínicos a nivel mundial?
- ¿Cuál es el TAT del proceso actual del laboratorio clínico?
- ¿Es posible identificar actividades que no agregan valor dentro del proceso de análisis en un laboratorio clínico?
- ¿Es posible reducir el TAT dentro del proceso aplicando la simulación de procesos en conjunto a herramientas de Lean Healthcare?

HIPÓTESIS

H1: Las herramientas de Lean Healthcare que son más utilizadas en los hospitales para la mejora de procesos incluyen value stream map, kaizen y 5s.

H2: Las herramientas de Lean Healthcare que son más utilizadas en los laboratorios clínicos incluyen value stream map, kaizen y 5s.

H3. El laboratorio clínico no cuenta con una herramienta para determinar el TAT del proceso de toma de muestras de sangre.

H4. Mediante la simulación y herramientas de Lean Healthcare se permite identificar actividades que no agregan valor.

H5. Mediante simulación de procesos y Lean Healthcare se disminuye el TAT del proceso de toma de muestras del laboratorio clínico.

JUSTIFICACIÓN

Muy pocas iniciativas de mejora en la atención médica se basan en herramientas y técnicas de ingeniería, que pueden deberse a una falta de interacción entre la atención médica y la Ingeniería. La presente propuesta de estudio pretende contribuir con un resultado positivo en términos de mejora de la eficiencia de los servicios de laboratorio clínico, por medio de la simulación de procesos e implementación de herramientas de LH para mejorar métricos como el TAT.

TAT es un parámetro de rendimiento importante para cualquier laboratorio clínico. Los laboratorios a menudo buscan una prestación más rápida de sus servicios siendo esto uno de sus objetivos principales. Es un hecho que los resultados de los pacientes se ven afectados negativamente por retrasos en el diagnóstico.

El flujo de trabajo es una de las principales tareas de la gestión en laboratorios clínicos. Al respecto, diferentes áreas del sector salud han adoptado metodologías como LH con resultados positivos. LH se utilizó para simplificar el proceso de trabajo del laboratorio y reducir el tiempo de respuesta al eliminar actividades que no agregan valor. Teniendo en cuenta las dimensiones de la calidad de la atención a los pacientes.

Se realizó una recopilación de información con la finalidad de realizar una caracterización de los procesos y su eficiencia, así como desarrollar un modelo (empleando el software Anylogic) que simule escenarios optimizados para la reducción de tiempos de servicio y reducción de uso de recursos. El proyecto contempla además brindar capacitación al personal sobre las herramientas Lean Healthcare, así como recibir un reporte técnico con el protocolo de su implementación.

MARCO TEÓRICO

Lean Management

La capacidad de fabricar productos individuales y personalizados es la clave del éxito en un mundo globalizado y conectado digitalmente. Los clientes están acostumbrados a recibir productos específicamente ajustados para cumplir con sus necesidades.

Las altas expectativas de los clientes llevan a un aumento en la diversidad de variantes e intensifican la complejidad del entorno de producción. Una solución a

este problema que reduce la complejidad dentro de la zona industrial es el Sistema de Producción Toyota (TPS). Esta filosofía de producción desarrollado por Toyota Motor Corporation tiene como objetivo reducir las operaciones que no agregan valor en la cadena de suministro con el fin de minimizar el tiempo de espera y aumentar la eficiencia de cada proceso. La idea de la aplicación de este sistema es el centrarse de forma permanente en el valor del cliente en un proceso de mejora continua y, cabe destacar que Toyota fue capaz de ganar una posición de liderazgo dentro de la industria automotriz.

El TPS también es conocido como “*Lean Management*” (LM) o manufactura esbelta ha apoyado a lograr la estandarización de procesos en varias industrias de distintos giros. Una alternativa para manejar el incremento de complejidad en la manufactura está dada por el nuevo campo de investigación que es la I4.0. Su objetivo es mejorar la transparencia mediante la conectividad digital de cada elemento involucrado en la producción. Se basa en sistemas “cyber-physical systems” (CPS) o sistemas ciber-físicos que organizan el proceso de creación de valor por sí mismos.

Otra característica clave es la aplicación de “internet of things” (IoT) o internet de las cosas el cual permite la comunicación de información en tiempo real. Se logra identificar la aplicación de la I4.0 con herramientas Lean como *Just in Time*, *Heijunka*, *Kanban*, *Value Stream Mapping*, *administración visual* y *poka-yoke*. El éxito de la introducción de la I4.0 y sus herramientas depende de varios factores incluyendo la usabilidad, selección de la información, aceptación de los usuarios, consideración de ética, impacto legal y social y la rentabilidad. Por lo tanto, el uso de las herramientas de la I4.0 debe ser considerado y evaluado contra mejoras de proceso (A. Mayr, 2018).

Simulación De Procesos

La toma de decisiones dentro del día a día conlleva un grado de riesgo e incertidumbre, lo que compromete la calidad y el logro de la meta asignada; esto dificulta el hecho de que el equipo responsable se somete a una presión por la alta responsabilidad involucrada y, en ciertos hechos su falta de experiencia en ciertas situaciones. Para contrarrestar la situación se ha desarrollado con el paso del tiempo distintas herramientas que permiten minimizar los riesgos y la incertidumbre en la toma de decisiones.

La simulación es una de estas herramientas; con su aplicación no solo se logra minimizar el riesgo y la incertidumbre, sino que se minimizan costos involucrados en la decisión mediante un mejor uso de los recursos y la disminución del tiempo utilizado. A través del proceso de diseño de un modelo de un proceso real, y

dirigiendo el experimento con la simulación, se puede entender el comportamiento del mismo, lo cual permite una mejor toma de decisión (Wadnipar, 2003).

La simulación permite analizar cada una de las fases de flujo del proceso y evaluar como los cambios potenciales afectarán su sistema. La simulación arma un modelo virtual del proceso actual y nos ayuda a definir escenarios probables y posibles de una situación, lo cual, se llegan a considerar variables económicas, políticas, geográficas, demográficas y en general, cada elemento que pueda aportar o interferir en el proceso. La simulación nos permite resolver algunos cuestionamientos que se tienen en la resolución de problemas sin la necesidad de aplicar un cambio de manera física. Esto permite que las empresas creen proyecciones sobre las ventajas y desventajas que pueden tener ciertas decisiones tomadas. Además de calcular y resolver problemas futuros, también la simulación de procesos tiene una aplicación en tiempo real llamada Digital Twin, es decir, donde todas las máquinas y elementos del proceso tienen una copia igual de manera virtual y se comunican entre sí a través del Internet, de esta forma, es posible realizar cambios en el mundo virtual con los datos de las simulaciones. Es arriesgado, costoso y lleva mucho tiempo cambiar los procesos de manera real, si se simula el proceso con los cambios se generará un ahorro de tiempo.

OBJETIVOS

General

Crear una simulación de un proceso de toma de muestra de sangre en un laboratorio clínico para la identificación de acciones que no agregan valor mediante la aplicación de herramientas Lean Healthcare y proponer mejoras potenciales.

Específicos

- Determinar las herramientas de Lean Healthcare más adecuadas para mejorar el proceso de servicios de un hospital.
- Valorar las herramientas de Lean Healthcare más adecuadas para mejorar el proceso de servicios de un laboratorio clínico.
- Determinar el turnaround time para medir la eficiencia del servicio de toma de muestras de sangre del laboratorio clínico.
- Identificar las actividades que no agregan valor en el proceso de toma de muestras del laboratorio clínico mediante la aplicación de Value Stream Map.

- Crear simulación del proceso actual del proceso de muestras del laboratorio clínico en el software Anylogic.
- Crear un plan de mejora del proceso actual para la reducción de tiempos de espera.

METODOLOGÍA

Etapa 1: Investigar y realizar una revisión sistemática acerca de la aplicación de turnaround time, turnover time, length of stay en el sector salud a nivel mundial.

Etapa 2: Recolectar datos de un proceso actual de muestras de sangre de un laboratorio clínico.

- Definir el proceso de toma de especímenes o muestras de laboratorio clínico.
- Realizar toma de tiempos del proceso de toma de especímenes o muestras de laboratorio clínico.

Etapa 3: Crear un diagnóstico de proceso actual para un laboratorio clínico perteneciente al sector salud de Baja California.

- Evaluar layout del proceso actual de especímenes o muestras de laboratorio clínico.
- Analizar los cuellos de botella que influyen dentro del proceso de toma de muestras de sangre en el laboratorio clínico.

Etapa 4: Aplicar LH a un laboratorio clínico.

- Crear mapa de flujo de valor (VSM) versión actual del proceso de toma de muestras para la detección de oportunidades de mejora.

Etapa 5: Simular el proceso de toma de muestras del laboratorio clínico implementando las propuestas de mejora con LH.

- Simular el proceso del laboratorio clínico mediante el software Anylogic.
- Analizar la capacidad de toma de muestras del proceso actual.

Etapa 6: Construir del plan de mejora en el proceso actual de toma de muestras del laboratorio clínico.

- Estructurar el plan de mejora para implementación en campo.
- Implementar un programa 5S para mejorar limpieza y organización.

RESULTADOS

ETAPA 1: INVESTIGACIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

Como punto de partida se realizó una revisión sistemática siguiendo los lineamientos de PRISMA y consistió en una búsqueda exhaustiva a distintos artículos relacionados a la implementación de Lean Healthcare en el sector salud. La tabla 1 muestra los elementos incluidos en la búsqueda de estudios a la implementación de LH

Tabla 1: Tabla PRISMA para proyecto de LEAN HEALTHCARE Y LA MEJORA DE PROCESOS EN EL SECTOR SALUD DE BAJA CALIFORNIA

Título	Lean Healthcare y la mejora de procesos en el sector salud de baja california.
Resumen	El sector salud cuenta con una demanda creciente por mejorar los servicios cuanto la calidad de su atención, aumentar la eficiencia, reducir costos, reducir la ineficiencia de la utilización inadecuada de recursos, flujo de paciente deficiente, retrasos en la atención al paciente, satisfacción del paciente y la calidad general al público. Los estudios donde se ha aplicado LH, arrojan mayoritariamente un resultado positivo en términos de mejora de la eficiencia de los servicios en hospitales.
Introducción	
Razón Fundamental	Se busca analizar distintos artículos con el concepto de "turnaround time (TAT)", "turnover time", reducción de tiempos de espera o reducción de procesos en el sector salud en clínicas o laboratorios.
Objetivos	Ampliar el conocimiento acerca de la implementación de la simulación de procesos y las herramientas Lean. Demostrar sus diferentes aplicaciones en el sector salud para lograr el desarrollo en un laboratorio o clínica de la localidad.
Métodos	
Criterio de elegibilidad	Turnover time, Turnaround time, Reducción de tiempos de espera, Reducción de tiempos de proceso, Tiempo del proceso.

Fuentes de información	Elsevier, Emerald, IEEE, Scopus, Springer, EBSCO, Cambridge Collection, Google Scholar, Research Gate, Pub Med.
Estrategia de búsqueda	Se limita la búsqueda al sector salud específicamente en clínicas o laboratorios.
Proceso de selección	Se buscan los estudios donde exista un comparativa numérica, es decir, un antes y después de la realización del estudio.
Proceso de recolección de datos	Se realizó un resumen del artículo para definir si el estudio será de nuestro interés y posteriormente se analizan las herramientas y variables utilizadas.
Elementos de datos	Tiempo del proceso del sector salud.
Estudio de riesgo de sesgo	Se evaluaron los estudios de manera independiente con base al criterio de que los resultados de los estudios fuera una comparación entre antes y después de la aplicación del estudio fueran numéricos.
Medidas de efecto	Diferencia de medias en el proceso.
Métodos de síntesis	Se identifican las herramientas Lean utilizadas en los diferentes estudios, se analizan los resultados que tuvieron y como se fue desarrollando el proyecto. Se realizó un histograma de frecuencias para detectar la herramienta más utilizada entre los estudios seleccionados.
Sesgo de notificación evaluación	Existe una deficiencia de información acerca de la aplicación total de la herramienta.
Evaluación de certeza	Se evaluaron los estudios de manera que los resultados presentaran datos estadísticos concretos.
Resultados	
Selección de estudios	Selección de estudios con criterio de que presentaran resultados numéricos del estado previo al estudio comparando el resultado del proceso actual. Se excluyeron los estudios que no presentaban resultados numéricos.

Características del estudio	Turnover time, Turnaround time, Reducción de tiempos de espera, Reducción de tiempos de proceso.
Resultados de estudios individuales	Se esperan resultados estadísticos acerca de los estudios, que comprueben una mejora al proceso.
Resultados de síntesis	Reducción de tiempos en el proceso del sector salud, enfocado en clínicas o laboratorios.
Sesgo de informes	Existe una deficiencia de información acerca de la aplicación total de la herramienta.
Certeza de la evidencia	Se evaluaron los estudios de manera que los resultados presentaran datos estadísticos concretos.
Discusión	
Discusión	La limitación que existe en los resultados es básicamente la información de cómo se comenzó, se aplicó, se controló y mejoró conforme el tiempo para que se volviera una práctica diaria. Comúnmente se presentan los resultados antes del estudio y después de los estudios y, los resultados estadísticos nos ayudan a comprender un poco la mejora, pero si se obtiene una deficiencia a la hora de replicar el método utilizado en el estudio.

De la búsqueda de literatura se observó que métricos como TAT, TOT, reducción de tiempos de espera del paciente a ser atendido y aumento de satisfacción del paciente son algunos de los métricos que se utilizan en distintos artículos para determinar la satisfacción del paciente y la reducción de tiempos de espera.

Las distintas áreas de aplicación que se determinaron fueron hospitales, laboratorios, laboratorios clínicos y clínicas, las cuales, se logró la aplicación de Lean Healthcare utilizando de gráficos de control y logrando la reducción de defectos; Lean Manufacturing utilizando VSM, re-diseño de layout, kaizen y reducción de los 7 desperdicios o la Industria 4.0 implementando el big data, simulación o la nube que fueron las herramientas más aplicadas de cada una, respectivamente.

La investigación permitió detectar las herramientas más utilizadas en los distintos artículos que se muestran en la Figura 1.

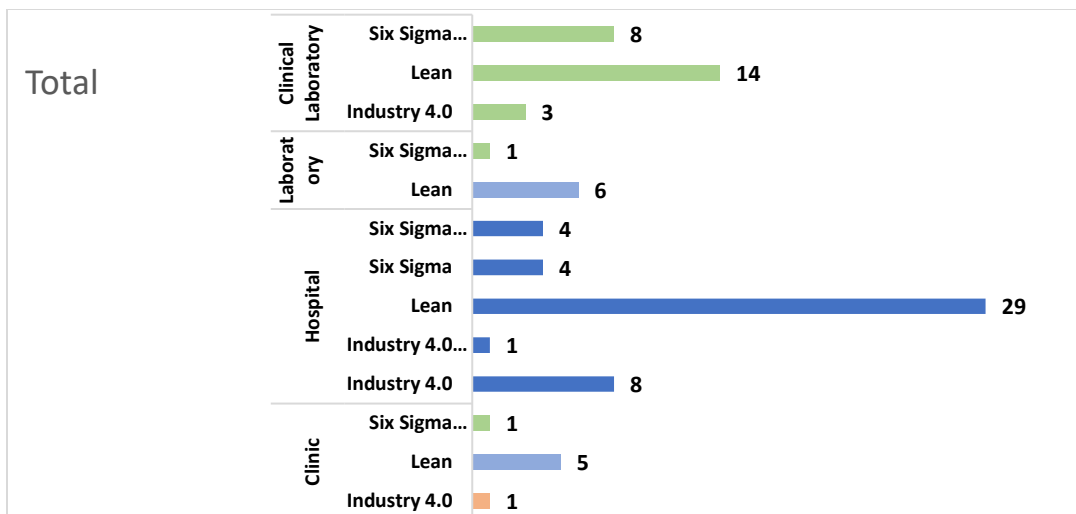


Figura 1: Histograma de frecuencias de las herramientas utilizadas en distintos sectores.

Adicionalmente, las intervenciones de LH fueron realizadas en países desarrollados. Distintos autores enfatizan en la gestión de la calidad de los informes en las pruebas realizadas en el laboratorio y reducir el tiempo del proceso. Al respecto, se observa que el TAT permite indicar la cantidad de tiempo en el que el paciente realiza su entrada hasta su salida del establecimiento, el TOT es el tiempo que transcurre desde la salida de un paciente de la sala de muestras hasta la llegada del próximo paciente a la sala de muestras. En la tabla 2 observa una revisión de literatura de casos de estudios con ejemplos de las herramientas de LH más utilizadas en el sector salud para mejora de procesos.

Tabla 2: Revisión de Literatura que definen las herramientas de LH utilizadas en casos de estudios.

Article	First author, year, country	Setting, study design, n, time frame	Technique
Lean techniques for the improvement of patients flow in ED	Chan, 2014, China	ED, Pre-Post, n=594, 13 months	VSM, PDCA
Triage rapid initial assessment by doctor improves waiting time and processing time of the ED	Choi, 2005, China	ED, Pre-Post, n=1310	Take times per operation, redesign layout.
Application of lean manufacturing techniques in the ED	Dickson, 2007, USA	ED, Pre-post, 6 months	Kaizen, VSM
Lean thinking to improve ED throughput at AORN Cardarelli hospital	Improta, 2018, Italy	ED, Pre-Post, 18 months	VSM

Lean Six sigma methodologies improve clinical laboratory efficiency and reduce turnaround times	Inai, 2018, Turkey	Laboratory, Pre-Post, 3 months	DMAIC, Process Workflow, Histograms
Redesigning ED patient flows: Application of Lean thinking	King, 2006, Australia	ED, Pre-Post, n=99,412, 24 months	VSM
A Quality improvement initiative: using lean methodology to improve efficiency of the morning cycle monitoring at an ambulatory academic fertility clinic	Moore, 2018, CAN	Obstetric and Gynaecology, Pre-Post, 22 months	Control charts, Visual management, Standardized process
Faculty triage shortens ED LOS	Partovi, USA, 2001	ED, Pre-Post, n=1,734, 4 months	Regression models
Improvement of ED patient flow using lean thinking	Sanchez, 2018, Spain	ED, Pre-post, n=24,431, 12 months	7 wastes
Effectiveness of implementing process improvement strategies on turnaround time of emergency investigations in clinical biochemistry laboratory	Shilpasree, 2019, India	Laboratory, Pre-Post, , n=4306, 2 months	Process Workflow, Histogram, Stem and Leaf Table, Box plot
Improving operating room efficiency in academic childrens hospital using Lean Six Sigma methodology	Tagge, 2017, USA	Operating room, Pre-Post, n=600, 6 months	Ishikawa diagram, Pareto analysis, Scatterplot diagram, histogram, boxplot,.
Implementation of Lean Services and Facility Layout to improve Health Clinic Service	Tarigan, 2020, Indonesia	Clinic, Pre-Post.	VSM, Spaguetti diagram, Activity Relationship Chart
Antecedents and Characteristics of Lean thinking implementation in a swedish hospital	Ulhassan, 2013, Sweden	ED, Pre-post, 48 months	Total Quality Management, VSM, Balance score cards, Work design

Increased effectiveness of urialysis testing via the integration of automated instrumentation, the lean management approach, and autoverification	Wongkrajang, 2019, Thailand	Clinical Pathology, Pre-Post, n=30,180, 24 months	VSM
Simulation and improvement of patients workflow in heath clinics during COVID 19 pandemic using time coloured Petri Nets	Zeinalnezhad, 2020, Iran	Heart Clinic, Pre-Post	Process Workflow

La investigación y realización de revisión sistemática permitió desarrollar el gráfico 1 y gráfico 2, los cuales, representan las herramientas de Lean Healthcare más utilizadas que permitieron reducir el TAT, TOT, LOS o tiempos de espera dentro de los procesos de servicio del hospitales y laboratorios clínicos, respectivamente, a nivel mundial.

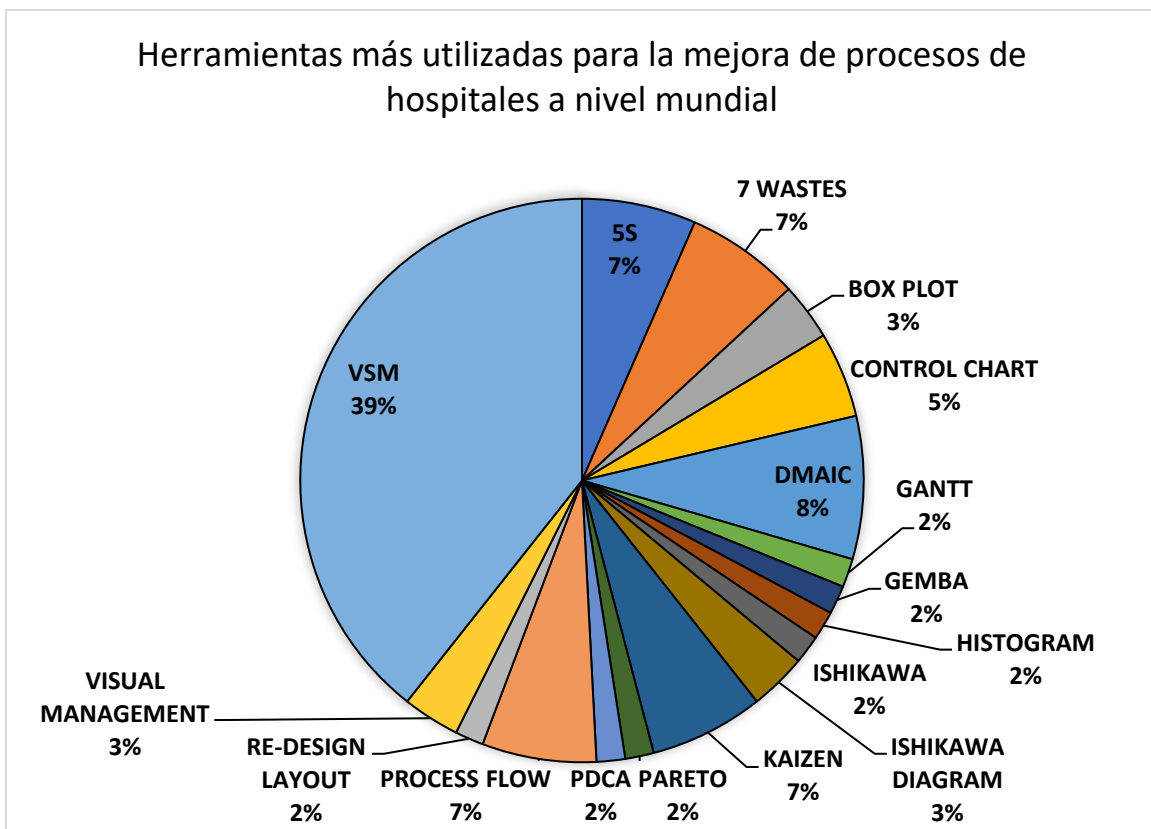


Gráfico 1: Herramientas Lean Healthcare más utilizadas para la mejora de procesos en hospitales a nivel mundial.

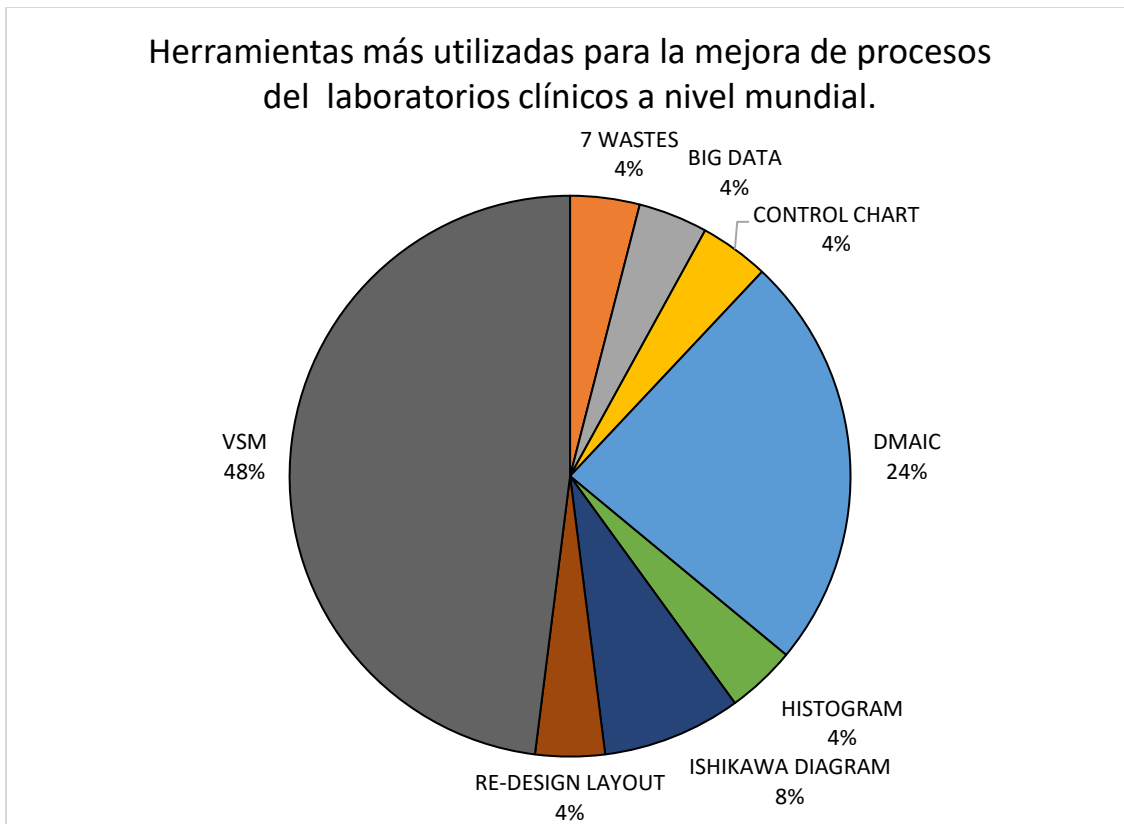


Gráfico 2: Herramientas Lean Healthcare más utilizadas para la mejora de procesos en laboratorios clínicos a nivel mundial.

ETAPA 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y ACOPIO DE DATOS

El proceso de laboratorio clínico de toma de muestras de sangre para los distintos servicios de análisis que presta el laboratorio clínico, se tomaron en cuenta las variables como hora de llegada del paciente, tiempo de espera del paciente para ser atendido por personal de recepción, proceso de registro del paciente al sistema del laboratorio clínico, tiempo de espera del paciente para ser atendido por el cuerpo médico después de ser registrado, tiempo de toma de muestra de sangre y tiempo en comenzar la salida del paciente de la sala.

El laboratorio clínico cuenta con una recepción, una sala de espera, 2 consultorios con servicios básicos y 1 consultorio con servicios extras (ambos brindan el servicio para de toma de muestras de sangre), los cuales son definidos en el layout del proceso del laboratorio clínico que se observa en la figura 2.

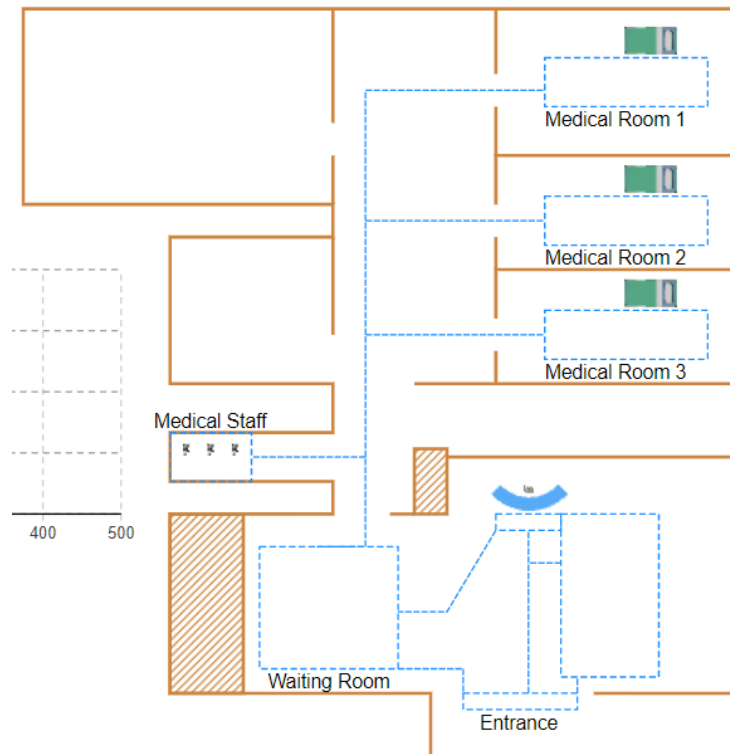


Figura 2: Layout actual 2D del laboratorio clínico ilustrado en el software Anylogic

El procedimiento del servicio que solicita el paciente, el cual, la toma de muestra de sangre para su análisis es el siguiente:

1. Entrada del paciente al laboratorio clínico.
2. Espera del paciente a ser atendido por servicio de recepción.
3. Proceso de registro en recepción.
4. Espera para ser atendido por equipo médico en sala de espera.
5. Entrada a consultorio para el proceso de toma de muestra de sangre.
6. Toma de muestra de sangre
7. Salida de paciente del consultorio médico.
8. Salida de paciente del laboratorio clínico.

Al realizar una estadía en el laboratorio clínico se pudo observar el comportamiento del procedimiento de toma de muestras y recopilar información acerca de la toma de tiempos de 75 pacientes las cuales fueron tomadas en el periodo del mes de noviembre del 2021. La tabla 3 muestra el resultado de los tiempos de muestras de sangre en el laboratorio clínico del caso de estudio.

Tabla 3: Toma de tiempos de muestras de sangre en laboratorio clínico del sector privado de la ciudad de Ensenada, Baja California.

PACIENTE	HORA	ESPERA A SER ATENDIDO POR RECEPCIONISTA	REGISTRO	ESPERA POR PERSONAL MÉDICO	TOMA DE MUESTRA (SANGRE)	SALIDA
1	07:53	0	1.45	0	1.29	0
2	07:54	0	1	0	1.54	0
3	07:54	1.54	1	1.5	2.1	0
4	07:56	2.54	1.26	0	2.5	0
5	07:56	2.54	0.4	7	2.03	0
6	07:59	0	1.15	0	2.54	0
7	08:01	0	2.55	0	1.4	0.6
8	08:15	0	2.1	3.38	3.4	0
9	08:17	0	1.5	0	2.36	0
10	08:23	0	1.6	2.3	2.3	0
11	08:35	1.6	3.5	0	2	0
12	08:35	3.5	5	2	12	0
13	09:02	0	1.14	2.21	2.1	0.2
14	07:59	0.05	2.58	1.05	5.11	0.06
15	08:01	2	1.05	6.31	2.22	0
16	08:03	2.58	3.15	5.11	2.32	0
17	08:13	0	2	0	2.1	0
18	08:14	2	1.3	2.32	1.38	0
19	08:20	0	5.5	0	0	0
20	08:23	2	1.4	3.48	2.08	0
21	08:23	2	3.3	3.1	3.4	0
22	08:34	0	0	2.05	1.5	0
23	08:35	0	4.02	0.55	2.27	0.15
24	08:45	0	1.5	0.4	2.02	0
25	08:45	0	1.5	2.02	1.55	0
26	08:47	0	1.37	2.04	1.4	0
27	08:57	0	4.09	1.17	3.56	0
28	09:05	0	0.55	2.35	2.55	0
29	09:07	0	3	1.15	8	0
30	07:51	0	2.34	0.5	2.31	0
31	08:03	0	2.17	1.3	2.08	0.15
32	08:03	0	3.38	0.43	1.45	0
33	08:12	0	0.14	0	3.55	0.07
34	08:20	0	2.38	0	1.5	0.08
35	08:28	1.06	2.45	0.34	2.07	0.06
36	08:37	0	1.38	0.38	1.25	0
37	08:40	0	1.31	0	1.52	0

38	08:51	1.31	1	0	2.4	0
39	08:54	0	1.25	0	2.3	0
40	07:48	0.08	0.08	0	2.55	0
41	07:54	0	1.47	0	2.34	0
42	07:58	0	2.17	0	2.07	0.07
43	08:03	0	2.32	1.4	2.33	0
44	08:15	0	2.2	0.34	1.48	0.34
45	08:25	0	2.3	1	2.01	0.12
46	08:35	0	1.37	1.5	2.43	0.09
47	08:40	0.25	1.58	0.23	3	0.2
48	08:41	0	1.25	0.45	5.03	0
49	08:51	0	1.1	5.03	3.44	0
50	08:55	0	1.15	0.45	3.52	0
51	09:10	0	2.5	1.33	6.15	0
52	09:17	0	2.3	0.58	5.05	0.1
53	08:06	0	1.47	1.38	3.01	0
54	08:07	1.01	2.52	0.47	3.47	0
55	08:20	1.05	2.2	2.05	5.09	0
56	08:27	0	3.05	0	2.2	0
57	08:36	0	1.48	0	3.07	0
58	08:38	1.48	2.06	2.05	2.36	3.3
59	08:40	0	2.12	0	3.4	0
60	9:01	0	2.45	6	2.01	0
61	09:11	0	1.44	2.8	5.26	0
62	09:20	0	2.44	5.26	4.18	0
63	09:47	0	4.05	1.18	3.06	0.05
64	09:48	0	2.43	2.53	8.08	0
65	09:54	0	2.53	6	4.42	0.05
66	07:52	0	2.1	0	8.55	0
67	07:54	0	2.43	0	3.32	0
68	08:00	0	2.55	0	6.15	0.3
69	08:01	0	3.7	7.06	3.35	0
70	08:22	0	2.08	0	2.5	0
71	08:30	0	2.12	1.1	3.2	0
72	08:36	0	2.52	1.05	2.4	0
73	09:10	0	2.1	0	2.33	0
74	09:20	0.3	2.13	5.05	5.05	0
75	09:29	0	2.56	5.09	3.42	0

ETAPA 3: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL

En esta etapa se analizaron los datos obtenidos para determinar el promedio general del tiempo que permanece una persona desde su llegada hasta la salida en el establecimiento (dependiendo el análisis que se vaya a realizar) teniendo en

cuenta que el paciente se irá a realizar una prueba la cual solamente intervenga el factor de la muestra de sangre. Al respecto, la tabla 4 resume los datos obtenidos.

Tabla 4: Promedios de tiempo de cada proceso previo a análisis clínico (en minutos).

ESPERA A SER ATENDIDO POR RECEPCIONISTA	REGISTRO	ESPERA POR PERSONAL MÉDICO	TOMA DE MUESTRA (SANGRE)	SALIDA	TOTAL DE TIEMPO DEL PACIENTE EN LABORATORIO
0.39 min	2.08 min	1.54 min	3.13 min	0.08 min	7.22 min

Evaluando el proceso actual de la toma de muestras de sangre del laboratorio clínico del caso de estudio se puede encontrar que la cantidad de consultorios y espacio dentro del área de consulta es el correcto. Esto debido a que no se genera algún acumulo de personal entre pasillos o consultorios. En la sala de espera cuenta solamente con tres asientos para las personas que se encuentren esperando a ser atendidos por el equipo médico, y en este caso, contamos con la limitación de la capacidad limitada de pacientes sentados debido a medidas de seguridad a causa del Covid-19.

ETAPA 4: APLICACIÓN DE LH

La herramienta de Value Stream Map (VSM) permitió identificar y evaluar actividades que agregan valor al servicio, actividades que no agregan valor, pero son necesarias y actividades que no agregan valor y son innecesarias. Una vez identificadas estas actividades se analizaron aspectos como flujo de materiales e insumos, inventarios, capacidad vs demanda y otros aspectos que permiten plantear una simulación del proceso de toma de muestras, creando oportunidades para la reducción de tiempo de espera y el tiempo de respuesta del proceso del laboratorio clínico

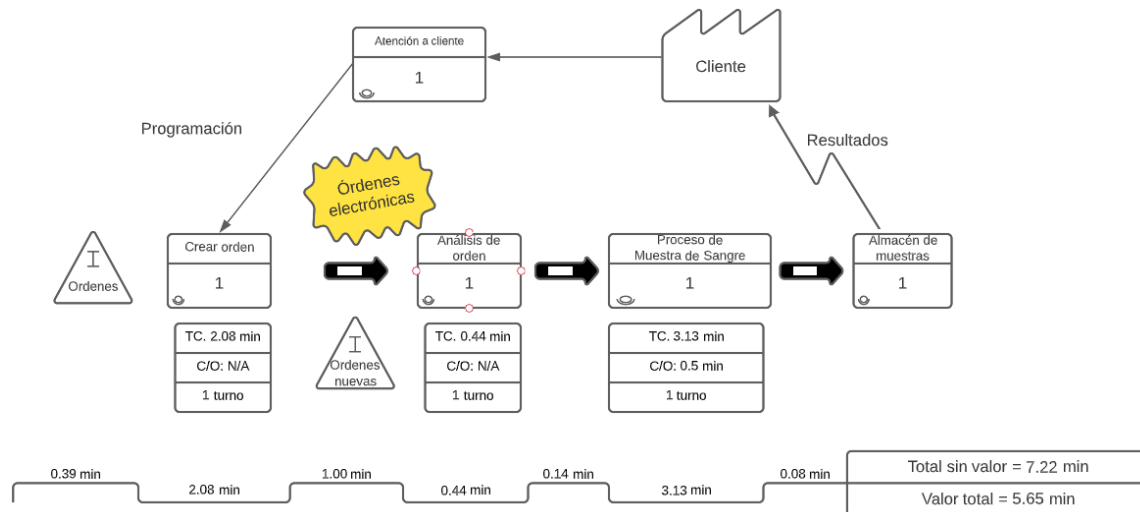


Figura 3: Value Stream Mapping (VSM) del proceso actual de toma de muestras de sangre en el laboratorio clínico.

ETAPA 5: SIMULACIÓN DEL PROCESO

El horario de atención de la toma de muestras se realiza de 07:00 a 11:00 horas (4 horas de servicio). Algunos factores por los que el servicio presentaba atraso en el servicio para el paciente son por cuestión a la cantidad de tiempo que le llegaba a tomar al servicio de recepción y porque no existe alguna ayuda visual que determine los servicios que brinda para el paciente. Las diversas situaciones que se presentaron en la toma de tiempos del proceso fue que existió un porcentaje de personas que llegaban a solicitar un servicio, el cual, no brindaba el laboratorio o en un horario en el que ya no se brindaba el servicio y estos pacientes terminaban abandonando el establecimiento debido a que no se contaba con dicho servicio, pero en cuestión de tiempo para la atención al cliente si se generaba un proceso en el cual se invertía tiempo.

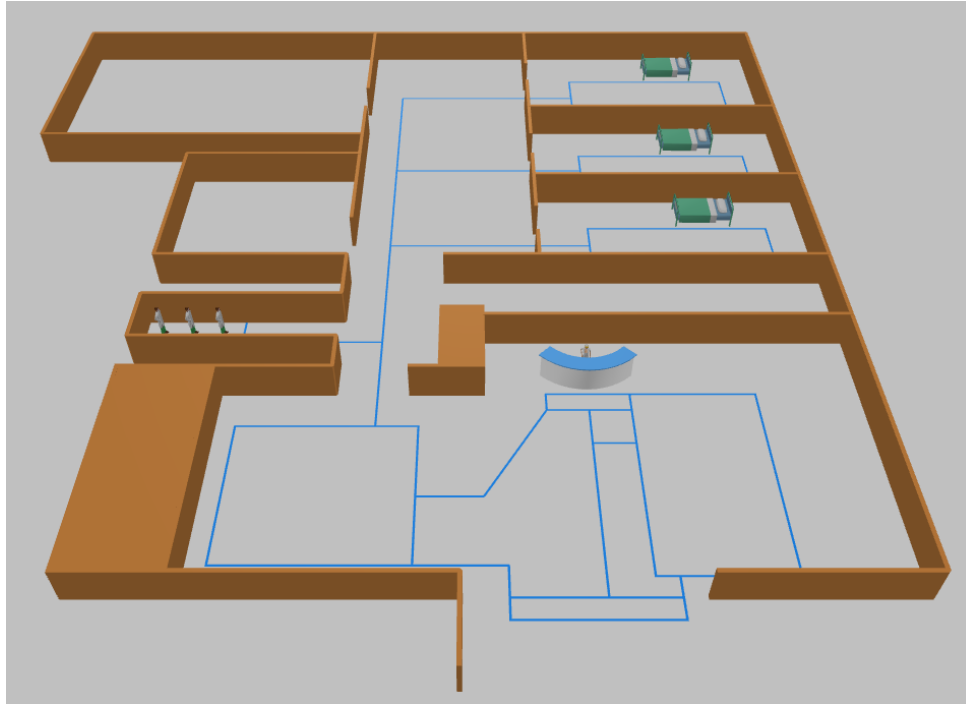


Figura 4: Layout actual 3D del laboratorio clínico ilustrado en el software Anylogic.

Estructurando el proceso de toma de muestras de sangre del laboratorio clínico los cuales fueron entrada del paciente al laboratorio clínico, espera del paciente a ser atendido por servicio de recepción, proceso de registro en recepción, espera para ser atendido por equipo médico en sala de espera, entrada a consultorio para el proceso de toma de muestra de sangre, toma de muestra de sangre, salida de paciente del consultorio médico y salida de paciente del laboratorio clínico en el software Anylogic queda de la siguiente manera (ver figura 5).

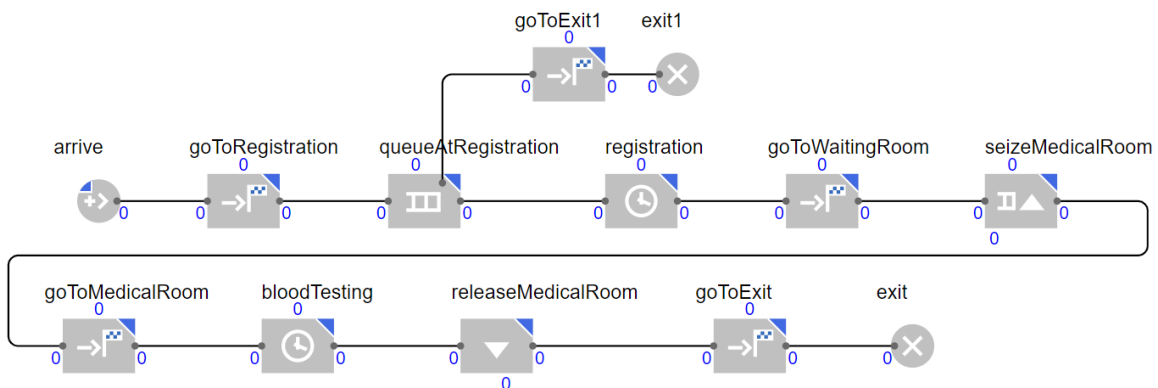


Figura 5: Diagrama de proceso de toma de muestras de sangre en laboratorio clínico en software Anylogic.

Se realizó un VSM del proceso actual en el que se detectaron áreas oportunidad para la simulación y con ello, se determinaron los posibles escenarios para el laboratorio clínico en los cuales se someten diferentes combinaciones de recursos (3 staff médico y 3 salas de muestras) con el fin de observar el comportamiento del sistema y se obtuvieron los siguientes resultados:

SIMULACIÓN 1:

Se realizó la simulación del proceso de toma de muestra de sangre del laboratorio clínico con las condiciones de promedio de 10 personas que llegan por hora; personal médico disponible (Staff): 1; Cantidad de consultorios disponibles: 1; Tiempo de simulación: 1,200 min = 20 horas = 5 días (4 hrs por día); Utilización de recursos (rooms): 31.89%; Utilización de recursos (staff): 32.84%; Turnaround time dado a las variables aplicadas: 69.41 min (Ver figura 6).



Figura 6: Simulación de 20 horas en software Anylogic con la combinación 1 staff y 1 cuarto activo con promedio de llegada de 10 clientes/hora.

SIMULACIÓN 2:

Se realizó la simulación del proceso de toma de muestra de sangre del laboratorio clínico con las condiciones de Promedio de personas que llegan por hora: 10; Personal médico disponible (Staff): 3; Cantidad de consultorios disponibles: 3; Tiempo de simulación: 1,200 min = 20 horas = 5 días (4 hrs por día); Utilización de recursos (rooms): 33.90%; Utilización de recursos (staff): 35.19%; Turnaround time: 10.15 min (Figura 7).

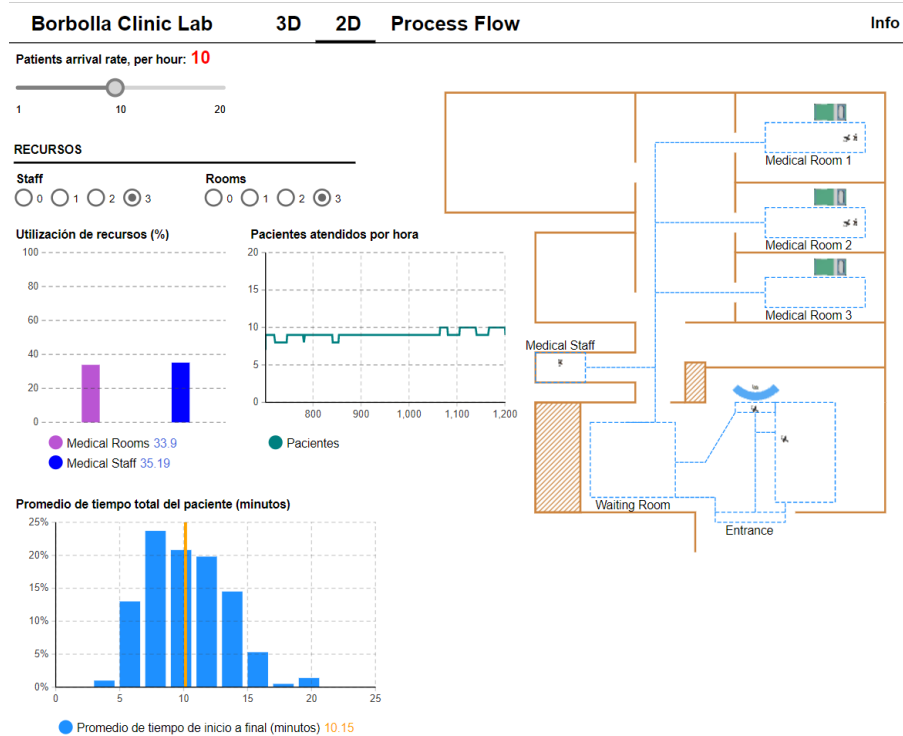


Figura 7: Simulación de 20 horas en software Anylogic con la combinación 3 staff y 3 cuartos activos con promedio de llegada de 10 clientes/hora.

SIMULACIÓN 3

Se realizó la simulación del proceso de toma de muestra de sangre del laboratorio clínico con las condiciones de promedio de personas que llegan por hora: 20; Personal médico disponible (Staff): 1; Cantidad de consultorios disponibles: 1; Tiempo de simulación: 1,200 min = 20 horas = 5 días (4 hrs por día); Utilización de recursos (rooms): 32.14%; Utilización de recursos (staff): 33.10%; Turnaround time: 227.81 min (Figura 8).

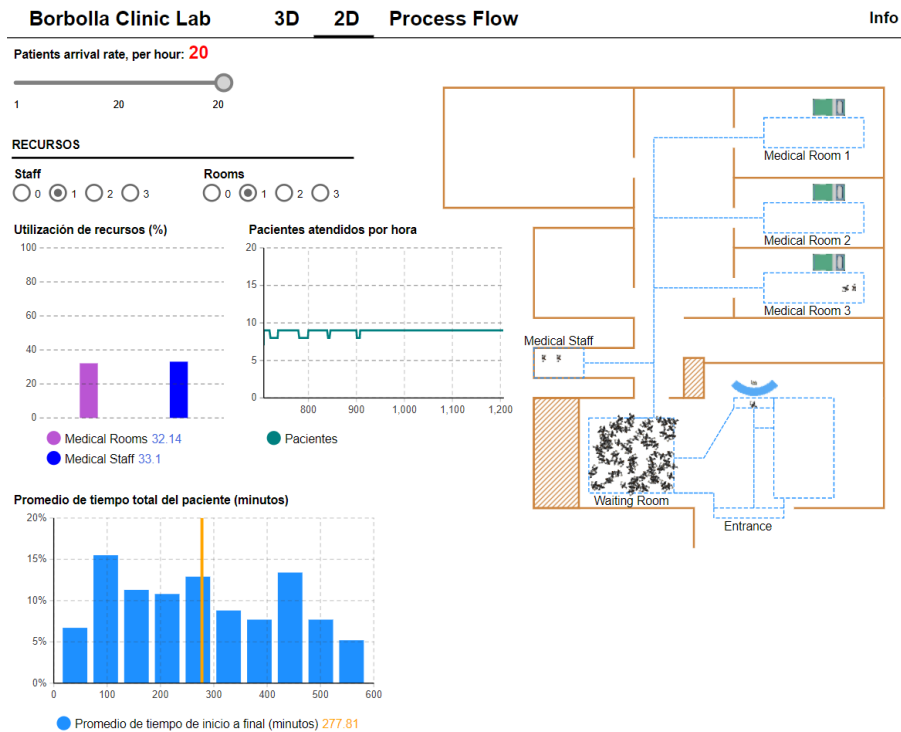


Figura 8: Simulación de 20 horas en software Anylogic con la combinación 1 staff y 1 cuarto activo con promedio de llegada de 20 clientes/hora.

SIMULACIÓN 4

Se realizó la simulación del proceso de toma de muestra de sangre del laboratorio clínico con las condiciones de promedio de personas que llegan por hora: 20; Personal médico disponible (Staff): 3; Cantidad de consultorios disponibles: 3; Tiempo de simulación: 1,200 min = 20 horas = 5 días (4 hrs por día); Utilización de recursos (rooms): 58.89%; Utilización de recursos (staff): 61.10%; Turnaround time: 12.62 min (Figura 9).



Figura 9: Simulación de 20 horas en software Anylogic con la combinación 3 staff y 3 cuarto activo con promedio de llegada de 20 clientes/hora.

La simulación de procesos indica distintos escenarios en los cuales el sistema puede llegar a ser sometido en algún momento. La simulación nos permitió determinar la mejor combinación para que el TAT, TOT y tiempos de espera sean los mínimos posibles y aprovechar lo mejor que sea posible los recursos disponibles (cuartos de muestras y staff médico). La mejor combinación para lograr el objetivo planteado es la simulación 4 en la cual se tiene una utilización de recurso de los cuartos de un 58.89% mayor a un 33% en promedio a las demás simulaciones; la utilización de recurso del staff médico de un 61.10% mayor a un 35% en promedio a las otras simulaciones; A la reducción del TAT con un 12.62

min. Esto logrando la mejor combinación entre utilización de recursos y menor TAT entre las simulaciones planteadas.

ETAPA 6: PLAN DE MEJORA

Se detectó la oportunidad de implementar un dispositivo en el área de recepción donde indique el siguiente paciente a entrar y en la sala de muestras para indicar al paciente que se está atendiendo, con toda la información brindada en recepción. De esta manera, se eliminaría el paso de ir por la orden a recepción parte del equipo médico y de llamar al paciente. Una vez que el paciente sea atendido y salga del establecimiento, se dará una alerta al dispositivo que indica el nombre del paciente siguiente y el cuerpo médico ya lo estará esperando en la sala con el equipo preparado.

Crear un plan de implementación de 5S para el proceso de toma de muestras del laboratorio clínico para crear una cultura Lean dentro del laboratorio. Demostrar que se cuenta con este método de trabajo para lograr un mejor control en el área de trabajo de los consultorios médicos para la toma de muestras de sangre.

Construir un protocolo de mejora continua, el cual, determine las acciones preventivas y correctivas que se deben de seguir para mantener eficiente el proceso mediante los indicadores del TAT, TOT y LOS. Mediante el protocolo se debe dar seguimiento a la implementación de herramientas previamente implementadas, tales como el VSM y la simulación de propuestas.

Dentro del protocolo se debe desarrollar la cultura de Lean mediante la capacitación constante de personal para valorar los cambios realizados en el proceso de toma de muestras de sangre del laboratorio clínico.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se realizó un análisis al proceso actual de la toma de muestras de sangre de un laboratorio clínico para obtener el TAT del proceso. Definir el TAT permite obtener un métrico para definir la calidad del servicio. Dado a la recopilación de información obtenida en el laboratorio clínico se comenzó con la simulación de procesos. La simulación de procesos permitió someter distintos escenarios posibles con el fin de analizar los diferentes TAT que arrojaban los resultados e identificar las variables disponibles.

La definición del TAT no se encuentra del todo clara debido a que la mayoría de los servicios de laboratorio se encuentran dirigidos a proporcionar un informe rápido y confiable a un costo razonable. Sin embargo, la mayoría de los

laboratorios enfatizan en la confiabilidad del servicio, mientras que el médico enfatiza en que tan pronto se entrega un informe al paciente. Para el personal de laboratorios, el TAT se indica desde el momento de la recepción de la muestra en el laboratorio hasta que se genera el informe. Sin embargo, para un médico, es más apropiado desde el momento en que se solicita la prueba, es decir, desde que se realiza la orden (Hara P. Pati, 2012).

Las investigaciones de laboratorio son esenciales para el cuidado del paciente y son realizados de manera rutinaria. Ha existido mucho enfoque en la calidad y el cómo mejorarla. La calidad en el sector salud se puede definir como la capacidad de un servicio para satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes (Bergman B, 1994). La calidad siempre se ha asociado con la exactitud y precisión, pero hay otros aspectos de la calidad que se han pasado por alto y eso son la puntualidad, disponibilidad y costo. Todos los servicios de un laboratorio clínico deberían de estar dirigidos a proporcionar un informe rápido y confiable en un costo razonable. El médico requiere un servicio rápido basado en una comunicación efectiva y entrega rápida de los resultados de las pruebas (B, 1995).

El personal de laboratorio da más importancia a la calidad por medio de la exactitud y precisión, y menos importancia al tiempo de respuesta o turnaround time (TAT). Por lo tanto, TAT es una herramienta importante mediante la cual, se evalúa un laboratorio. La definición de TAT es un tema polémico debido a que la inclusión del tiempo, ya sea desde el momento de una prueba solicitada por el médico o desde el momento de la recolección de muestra. TAT se puede definir como el periodo para completar un proceso, comúnmente expresado como un promedio de anteriores periodos (Hara P. Pati, 2012).

Distintos autores han utilizado el término “TAT terapéutico” descrito como el intervalo entre el momento en que se ordena una prueba y el momento en que se toma la decisión del tratamiento en función al resultado disponible (Lundberg, 1981). El TAT en el presente proyecto se define como “el tiempo total del proceso de análisis de muestras del laboratorio clínico”, en el cual, el tiempo comienza desde la entrada del paciente hasta la salida del establecimiento. El TAT permite identificar la cantidad de recursos que se necesitan para cumplir con la demanda diaria de pacientes y aprovechar al máximo los recursos, sin descuidar la atención al paciente, la calidad del servicio y la rapidez del proceso (Elaboración propia).

La simulación de procesos comúnmente se utiliza como una herramienta básica en la demostración del tiempo de espera, que presenta el desempeño de un hospital y se define como el tiempo que un paciente espera a ser atendido por el

equipo médico. La simulación permite a los gerentes y personal administrativo a realizar una toma de decisiones para simular varios planes para averiguar sus efectos en la mejora del hospital sin implementar estos planes en la realidad (Mahdi Niazi, 2021). El modelado y simulación de procesos se basa en el uso de un software para crear un modelo virtual del sistema en el que es posible realizar pruebas y experimentos. La simulación permite dar como resultado la obtención de informes que discuten los fenómenos dados. La simulación permite estimar los resultados de las distintas opciones, permite elegir la mejor acción desde el punto de vista de los criterios adoptados. Las herramientas de la simulación se usan ampliamente en la simulación de procesos de fabricación, simulación de procesos de logística o simulación de procesos de atención médica (Aneta Konczak, 2015).

Al igual que el Turnaround time (TAT), distintos autores definen el TOT de distinta manera, dependiendo su aplicación. Robert et. al. (2019) Define en su caso de estudio como el tiempo desde que las ruedas de la cama de un paciente salen de la sala de operaciones hasta en el momento en que las ruedas de la cama del siguiente paciente ingresan a la sala de operaciones, el cual, logró una reducción del 10% del TOT mediante la aplicación de Lean Healthcare. Con una población de pacientes en aumento, un aumento en el costo de los procedimientos es un desafío para brindar una atención de calidad en un sistema de atención médica. El TOT permite disminuir el tiempo de rotación entre casos para mejorar el rendimiento del cirujano y del personal (Avery, 2014).

La Asociación de Directores Clínicos de Anestesia (AACD) determina por medio de su glosario de tiempos utilizados para la programación y monitoreo de diagnósticos la definición de turnover time. El TOT es el tiempo desde que el paciente anterior está fuera de la habitación hasta que el paciente siguiente está en la habitación para casos programados secuencialmente (Boggs, 2018).

La duración de la estancia o Length of Stay (LOS) se define como la duración de la hospitalización antes y después de una cirugía o tratamiento, lo que tiene implicaciones directas en los costos relacionados al mismo (Mehran Mannani, 2022). LOS en la unidad de cuidados intensivos (ICU) es un resultado importante para la asignación adecuada de recursos de atención médica y se ha encontrado que está asociado con las características organizativas, incluido el número de camas de hospital, disponibilidad de personal, disponibilidad de enfermeras y relación paciente-enferma (Ashish K. Khanna, 2022).

Distintos estudios han demostrado una correlación directa entre LOS y los costos, es decir, entre más larga sea la duración del LOS, más será el costo del servicio

debido a la utilización de recursos que necesitará el paciente durante su estancia. También debemos tener en cuenta que los costos se encuentran relacionados a los recursos disponibles por el establecimiento, siendo estos, enfermeros, doctores, camas disponibles, camas para cirugías, entre otros factores. (Elaboración propia).

LIMITACIONES

Las limitaciones que se presentaron en la aplicación del proyecto fueron:

- Poca disponibilidad de las instituciones al no permitir el acceso a sus instalaciones para la implementación del proyecto de mejora.
- La versión de Anylogic permitía cierta cantidad de elementos, recursos y tiempos de simulación.
- El tiempo para la aplicación de la teoría de colas en el proceso de toma de muestras del laboratorio clínico debido al enfoque en el TAT.
- El tiempo para la obtención de los métricos de TOT y LOS mediante el software Anylogic debido al enfoque en el TAT.
- En la simulación la programación del tiempo de arribo solo se puede programar al inicio, intermedio o final. No es programable por probabilidad.

TRABAJO A FUTURO

La simulación de procesos mediante el software Anylogics junto con las herramientas de Lean Healthcare se realizó de manera exitosa. El siguiente proyecto a realizar es lograr una combinación entre Machine Learning y la simulación de procesos aplicada a un proceso del laboratorio clínico para lograr la reducción de un métrico TAT, TOT o tiempos de espera mediante la obtención de grado de doctorado.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El laboratorio actualmente cuenta con tres cuartos para dar el servicio de muestras de sangre, los cuales, ya se encuentran equipados y con el set-up necesario para realizar la operación de toma de muestras. Comúnmente se utiliza solamente una sala a máximo dos, esto debido a que una de las tres salas de muestras es para clientes especiales (dimensiones más grandes y con extensiones para discapacitados).

Debido a la estadía realizada en el laboratorio clínico y la recolección de datos en el proceso de toma de muestras se le dieron respuesta a las hipótesis previamente planteadas. La H1 se acepta que las herramientas de Lean Healthcare que son más utilizadas en los hospitales para la mejora de procesos incluyen value stream map, kaizen o 5s. La literatura permitió determinar que H2 se rechaza, el VSM, 5S y Kaizen no son las herramientas más utilizadas para mejorar un proceso del laboratorio clínico, las herramientas más utilizadas son VSM, Diagrama de Ishikawa y 5s. Dado los resultados obtenidos en el presente caso de estudio, se define que la H3 se acepta que el laboratorio clínico no cuenta con una herramienta para determinar el TAT de proceso de toma de muestras de sangre. La H4 se acepta, mediante la simulación y herramientas Lean Healthcare se permite identificar actividades que no agregan valor al proceso. Finalmente, se acepta la H5, mediante la simulación de procesos y Lean Healthcare se disminuye el TAT del proceso de toma de muestras del laboratorio clínico.

Una de las propuestas realizadas al laboratorio clínico es el implementar una ayuda visual para el paciente en la que se indique algunos de los servicios principales que ofrece el laboratorio clínico y el costo de ellos; La ayuda visual deberá indicar el horario de atención de los estudios que se realizan. Esto con el fin de reducir el tiempo de atención al cliente en la parte de recepción y el mismo paciente detecte si el establecimiento cuenta con el servicio o no. Con esta propuesta de mejora se podrá reducir el tiempo del proceso del registro en la cual se contaba con una función triangular de 0.4, 2.08 y 5.50 min.

ANEXOS

Tabla 1: Revisión Sistemática

Article	First author, year, country	Setting, study design, n, time frame	Main intervention	Technique	Outcomes	Findings	Lab/Clinic or Hospital
Lean techniques for the improvement of patients flow in ED	Chan, 2014, China	ED, Pre-Post, n=594, 13 months	Lean	VSM, PDCA	Mean wait time to see a doctor Mean LOS in ED	Reduced from 16.9 min to 14.3 min Increase from 117.7 min to 157.7 min	Hospital
Triage rapid initial assessment by doctor improves waiting time and processing time of the ED	Choi, 2005, China	ED, Pre-Post, n=1310	Lean	Take times per operation, redesign layout.	Mean LOS in ED Mean waiting time Mean processing time Mean LOS in ED without triage	Reduced 27% of the time Reduced 38% of the mean waiting time Reduced 23% processing time Reduced 24% the total process without the intervention of triage	Hospital
Application of lean manufacturing techniques in the ED	Dickson, 2007, USA	ED, Pre-post, 6 months	Lean	Kaizen, VSM	Mean LOS in ED.	Reduced from 161 min to 148 min	Hospital
Lean thinking to improve ED throughput at AORN Cardarelli hospital	Improta, 2018, Italy	ED, Pre-Post, 18 months	Lean	VSM	Mean LOS in ED	Reduced waiting time from 22:54 min to 21:24 min in a process A Reduced waiting time from 01:47:55 to 01:41:55 in a process B Reduced waiting time from 02:31:02 to 02:19:12 in a process C	Hospital
Lean Six sigma methodologies improve clinical laboratory efficiency and reduce turnaround times	Inai, 2018, Turkey	Laboratory, Pre-Post, 3 months	Six Sigma Lean	DMAIC, Process Workflow, Histograms	Reduced waste on the workflow process Turnaround time on the process Steps prone to medical errors and posing potential biological hazards to receptionists	Reduced 3h and 22.5 min on each process, respectively Reduced 9 min from 68 min to 59 min Reduced 27%, from 30% to 3%	Laboratory
Redesigning ED patient flows: Application of Lean thinking	King, 2006, Australia	ED, Pre-Post, n= 99,412, 24 months	Lean	VSM	Mean LOS in ED Mean LOS for admitted patients	Reduced from 5.8 h to 5h Reduced from 8.5h to 7 h Reduced from	Hospital

					Mean wait time to see a doctor	46 min to 39 min.	
A Quality improvement initiative: using lean methodology to improve efficiency of the morning cycle monitoring at an ambulatory academic fertility clinic	Moore, 2018, CAN	Obstetric and Gynaecology, Pre-Post, 22 months	Lean	Control charts, Visual management, Standardized process	Mean turnaround time Takt time of patients Daily patients volume	Decreased 3.5 min, from 38.2 min to 34.7 min. Decreased 0.9 min from 3.9 min to 4.8 min. Increase 17%, from 36 to 42 patients per day.	Clinical Laboratory
Faculty triage shortens ED LOS	Partovi, USA, 2001	ED, Pre-Post, n=1,734, 4 months	Lean	Regression models	Mean LOS in ED	Reduced 82 min, from 445 min to 336 min.	Hospital
Improvement of ED patient flow using lean thinking	Sanchez, 2018, Spain	ED, Pre-post, n=24,431, 12 months	Lean	7 wastes	Mean LOS in ED. Median wait time	Reduced from 389 min to 329 min Reduced from 71 min to 48 min	Hospital
Effectiveness of implementing process improvement strategies on turnaround time of emergency investigations in clinical biochemistry laboratory	Shilpasree, 2019, India	Laboratory, Pre-Post, , n=4306, 2 months	Lean	Process Workflow, Histogram, Stem and Leaf Table, Box plot	Mean Turnaround time	Reduced 31.34 min, from 110.08 min to 78.74 min.	Laboratory
Improving operating room efficiency in academic childrens hospital using Lean Six Sigma methodology	Tagge, 2017, USA	Operating room, Pre-Post, n=600, 6 months	Lean	Ishikawa diagram, Pareto analysis, Scatterplot diagram, histogram, boxplot,.	Mean turnover time Median turnover time Turn around time	Decreased 9.47 min, from 45.23 min to 35.76 min. Decreased 9 min, from 41 min to 32 min (p<0.0001) Reduced 10.5 min, from 81.5 min to 71 min. (p<0.0001)	Hospital
Implementation of Lean Services and Facility Layout to improve Health Clinic Service	Tarigan, 2020, Indonesia	Clinic, Pre-Post.	Lean	VSM, Spaguetti diagram, Activity Relationship Chart	Total moment of transfer Total processing time	Reduced 64.49% from 1,935 meters/week to 687 meter/week Reduced 22.64% from 4,271.80 seconds to 3,304.67 seconds	Clinic
Antecedents and Characteristics of Lean thinking implementation in a swedish hospital	Ulhassan, 2013, Sweden	ED, Pre-post, 48 months	Lean	Total Quality Management, VSM, Balance score cards, Work design	Mean LOS in ED	Decreased from 206 min to 153 min	Hospital

Increased effectiveness of urinalysis testing via the integration of automated instrumentation, the lean management approach, and autoverification	Wongkrajang, 2019, Thailand	Clinical Pathology, Pre-Post, n=30,180, 24 months	Lean	VSM	Turnaround time on the workflow process	Reduced turnaround time 10 min, from 60 min to 50 min.	Clinical Laboratory
Simulation and improvement of patients workflow in health clinics during COVID 19 pandemic using time coloured Petri Nets	Zeinalnezhad, 2020, Iran	Hearth Clinic, Pre-Post	Lean	Process Workflow	Patient waiting time	Reduced 62.3% from 263 min to 99 min.	Clinical Laboratory
Impact of lean six sigma process improvement methodology on cardiac catheterization laboratory efficiency	Agarwal, 2015, USA	Cath Lab, Pre-Post, n=25579, 4 years	Lean	VSM, Process workflow, Scorecars, goals metrics.	Cases with optimal turn-time Manual sheath-pulls performed	Increased 13%, from 43.6 to 56.6% (p-trend < 0.001) Increased 21.1%, from 41.7 to 62.8% (p-trend < 0.001)	Laboratory
Application of the Lean Healthcare method in a Gynecology and Obstetrics service.	Aranda, 2015, Spain	Gynecology, pre-post	Lean	Spaguetti Diagram, VSM, Pull system	Mean LOS in gynecology department	No change	Clinical Laboratory
A Health 4.0 integrated system for monitoring and predicting patients health during surgical procedures	Arpaia, 2020, Italy	Hospital, pre-post	Industry 4.0	VR	Constant monitoring data	Reduces waiting times when collecting information.	Hospital
Improved quality of samples and laboratory turnaround time using 3.5 ml low vacuum BD Vacutainer Barricor tubes in the ED	Badiou, 2019, France	ED, Pre-Post, n=2512, 15 days	Lean	Process Workflow, Box plot	Mean turnaround time in laboratories.	Decreased 16% from 68.5 to 52.5 % (p < 0.001)	Hospital
Lean intervention improves patient discharge times, improves emergency department throughput and reduces congestion.	Beck, 2016, USA	Emergency Departament (ED), pre-post	Six Sigma	VSM	Median LOS for discharged patients	Increased 0.07 hrs	Hospital
Improving interprofessional approach using a collaborative lean methodology in	Blouin-Delisle, 2020, Canada	ER, Pre-Post, n=506, 24 months	Six Sigma	DMAIC	Mean length of stay for the first geriatric care Mean length of stay for the second unit	Reduced 3.1 days, from 20.32 to 17.22 days Reduced 7.01 days, from	Hospital

two geriatric care units for a better patient flow					Mean LOS in ER * HEJ Mean LOS in ER-HSFA	26.76 to 19.71 days Reduced 32.94 min, from 85.45 to 52.51 min Reduced 0.3 min, from 54.4 to 54.1 min	
VR and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke	Broeren, 2004, Hungary	Hospital, Pre-Post, n=1, 5 months	Industry 4.0	VR	Improve manual dexterity Mean grip force Median of intertarget time to complete VR test	Increased 6%, from 11% to 17% Increased 44%, from 13% to 57% Reduced 0.54 sec, from 1.27 sec to 0.73 sec.	Hospital
Application of automation and manufacture techniques oriented to a service-based business using IoT and I4.0.	Cáceres, 2020, Brasil	Hospital Emergency Department, pre-post	Industry 4.0	VSM, 5s	Mean LOS in ED.	Improve of 27% corresponds to the expected time in system	Hospital
Lean six sigma techniques to improve ophthalmology clinic efficiency.	Ciulla, 2018, USA	Ophthalmology clinic, pre-post, 7 months	Lean	VSM	Mean LOS from clinic	Decreased flow time by 18%	Clinical Laboratory
Lean methods to improve operating room elective first case on-time starts in a large, urban, safety net medical center	Coffer, 2018, USA	OR, Pre-Post, n=23891, 415 days	Lean	Process workflow, histograms, Data Analysis.	Mean rate of elective first case on-time starts per week	Increased 49.5%, from 23.50% to 73% after implementation (p<0.0000001)	Hospital
Improving autopsy report turnaround times by implementing lean management principles	Cromwell, 2017, CAN	Pathology department, Pre-Post, 30 months	Lean	VSM, 7 wastes, Box plot.	Percentage of autopsies signed out Median time to CPC	Increased 37%, from 37% to 74%. Decreased 10 days, from 73 days to 63 days.	Clinical Laboratory
Elimination of waste: creation of a successful Lean colonoscopy program at an academic medical center	Damie, 2016, USA	Academic medical center, Pre-Post, n=107, 7 months	Lean	Flow chart, VSM,	Mean LOS in colonoscopy process	Decreased time 10%, from 134 min to 121 min	Clinical Laboratory
Applying LSS methods to reduce LOS in a hospitals ED	Furterer, 2018, USA	ED, Pre-Post, n=90 3 months	Six Sigma Lean	Project Charter, 5 why, VSM, Proces Capability. DMAIC, VOC.	Mean LOS in ED Patients leaving without treatment Patients satisfaction	Reduced 30% of LOS of patients. Reduced from 6.5% to 0.30% Increased from 24% to 89.90%	Hospital

Reducing patient waiting time in a pathology department using the Six Sigma methodology	Gijo, 2012, India	Pathology Department, Pre-Post, n=100, 4 months	Six Sigma Lean	DMAIC, SIPOC, Process capability, Ishikawa diagram, Boxplot diagram, Hypothesis test	Mean waiting time	Reduced 13 min, from 24 min to 11 min and std dev reduced 7.46 min., from 17.5 min to 10.04 min.	Clinical Laboratory
Decreasing wait times and increasing patient satisfaction.	Godley, 2018, USA	Vascular Interventional Radiology department, pre-post. n=645. 7 months	Six Sigma Lean	DMAIC FMEA	Patient waiting time Mean patient satisfaction in registration Mean patient satisfaction in test/treatment Mean patient satisfaction in likelihood to recommend	Reduced 16.4 min from 36.89 min to 20.49 min (p = 0.0019) Increased mean 82% from 17% to 99% Increased mean 41% from 19% to 60% Increased mean 91% from 6% to 97%	Clinical Laboratory
Improvement of laboratory turnaround time using lean methodology	Gupta, 2018, India	Laboratory, Pre-Post, 4 months	Lean	VSM, Gemba walk, Pareto Diagram, Root Causes analysis, Process workflow.	Mean Turnaround time in Hematology lab Mean Turnaround time in Biochemistry lab	Reduced 85 min, from 180 min to 95 min. Reduced 60 min, from 268 min to 208 min.	Laboratory
Advancing extubation time for cardiac surgery patients using lean work design	Gutsche, 2014, USA	Critical care Department, Pre-Post, n=366, 6 months	Lean	VSM, Ishikawa diagram	Mean length of intubation	Reduced 3.6 h, from 9.7 to 6.1 h (p = 0.0019)	Clinical Laboratory
The effectiveness of VR for dental pain control	Hoffman, 2001, EU	Dental Department, Pre-Post	Industry 4.0	VR	Mean of pain score on patients	Reduced pain score A from 7.2 to 1.2 and pain score B from 1.4 to 0.6	Clinical Laboratory
Applying lean six sigma to improve healthcare	Hseng-Long, 2011, Taiwan	Cardiology department, pre-post, 15 months	Six Sigma Lean	DMAIC, Cause and effect diagram, QTC, Control chart VSM, SIPOC, Gage R&R	Mean wait time to see a doctor	Reduced 58.4% of time	Clinical Laboratory
Use of Lean Six Sigma methodology shows reduction of inpatient waiting time for peripherally inserted central catheter placement	Hynes, 2019, Ireland	Pre-Post, n=1190, 36 months	Lean	VSM, Process workflow	Mean of TAT for Peripherally inserted central catheter	Reduced 49.7% from 3.74 ± 3.28 days to 1.88 ± 1.87 days (95% CI, 1.78 - 1.99 days)	Clinical Laboratory
Timeliness 'at a glance': assessing the turnaround time	Ialongo, 2016, Italy	Clinical Laboratory, Pre-Post, 48 months	Six Sigma Lean	Probability plot, Z-Score, Normal distribution, Sigma Level	Probability of uncompliant timeliness	Decreased 27.27%, from 35.2% to 7.93%	Clinical Laboratory

through the six sigma metrics							
Validation of the Six Sigma Z-score for the quality assessment of clinical laboratory timeliness	Ialongo, 2018, Italy	ED, Pre-Post, n=1320	Lean	Histogram, Statistics, CV	Z-score sensitivity and specificity comparable to PAT	Z-score are comparable to PAT (=80 % with n > 250)	Hospital
I4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic	Javaid, 2020, India	Orthopaedics department	Industry 4.0	Big Data, IA, IoT, VR, cloud computing, robotics, 3D printing	Constant monitoring data	Reduces waiting times when collecting information.	Clinical Laboratory
Improving Turnaround times through a Process improvement initiative involving barcoding, floorplans, dual measuring cells, chemistry analyzers and staff shifts.	Jensen, 2019, USA	Laboratory, Pre-Post, n=137,339, 20 months	Lean	Barcoding, Layout design, Process workflow. Process flow chart	Number of steps in the process Number of troponin specimens verified within 60 min Mean TAT in TNT test Mean TAT in K test Mean TAT in CMP-Alb test	Reduced 3 steps, from 8 to 5 steps. Increased 25%, from 70% to 95%. Reduced 14.01 min, from 56.64 min to 42.63 min. Reduced 2.33 min, from 40.88 min to 38.55 min Reduced 2.98 min, from 43.44 min to 40.46 min	Laboratory
Reducing waste and errors: piloting lean principles at intermountain healthcare	Jimmerson, 2005, EU	Hospital, Pre-Post	Lean	VSM	Quantity of papers being check. Mean time creating new orders	Save \$849,000 per year. Reduced 228 min, from 240 min to 12 min.	Hospital
Using Lean Six Sigma techniques to improve efficiency in outpatient opthalmology clinics	Kam, 2021, Australia	Ophthalmology clinic, pre-post, n=7,477, 10 months	Six Sigma Lean	Staff interviews, time-in-motion study, Student T test. DMAIC	Median in LOS in Clinic. Service capacity in outpatient clinic	Reduced 24 min from 131 min (84-217) to 107 min (71-162). Increased 9% from 19.4 patients to 21.1 (p = 0.0016)	Clinical Laboratory
Deploying lean in healthcare: evaluation info. Technology	Ker, 2014, USA	Hospital, pre-post, n=107, 4 weeks	Industry 4.0 Lean	Digital Information, Big Data ANOVA	Mean LOS in Hospital Mean wait time for insert data Mean wait time in outgoing data	Reduced 54.5% in queue time 32.4% in order entry time 67.7% in outgoing transit time	Hospital
Big data simulations for capacity improvement in a general	Kern, 2020, Germany	Opthalmology Department, Pre-Post, n=4,401, 9 months	Industry 4.0	Big Data	Mean of Total Waiting Time	Reduced by 21% from 229 ± 100 to 183 ± 89 min	Clinical Laboratory

ophthalmology clinic							
Lean-driven interventions, including a dedicated radiologist, improve diagnostic imaging turnaround time and radiology report time at the ED	Kok, 2020, Netherlands	ED, Pre-Post, n=20,186, 24 months	Lean	VSM, 7 wastes.	Median radiology department turnaround time Radiology report time Examination time	Reduced 34 min from 70 min to 36 min. Reduced 26 min from 37 min to 11 min. Reduced 1 min from 23 min to 22 min.	Hospital
Reducing the turnaround time of laboratory samples by using LSS methodology in a tertiary-care hospital in India	Kokesh, 2020, India	Pediatric Emergency, Pre-Post, n=44, 1 month	Six Sigma Lean	VSM, Brainstorm, 5 why, project charter, process capability, Ishikawa Diagram. DMAIC, CTQ,, VOC.	Turnaround Time of tests	Reduced 49% of time for lab test.	Clinic
Improving patient care through workspace renovation and redesign: a Lean approach	Koonce, 2020, USA	Clinic, Pre-Post, n = 6338, 12 months	Lean	A3 Thinking, VSM, Gemba Walk, Kaizen, 2P event, Process workflow	Space dedicated to clinical care Number of patients per day Patient satisfaction Mean patient cycle time	Increased 31% from 14 to 18.4 exam rooms Increased 96 patients per day, from 384 to 480 patients per day. Increased 4.5, from 89.2 to 93.7. Reduced 21 min from 74 min to 53 min.	Clinic
Process improvement strategy to implement an outpatient surgery center efficiency model in an academic inpatient setting	Kubala, 2021, USA	Pediatric Hospital, Pre-Post, n=5,955, 17 months	Lean	Control chart, Histograms, Process workflow	Mean of WD between clinic visit and operating room Mean Turnover time	Decreased 15.6 days from 30 days (95% CI 29.7 - 30.2) to 14.4 days (95% CI 14.2 - 14.6) Decreased 13 min, from 24.4 (95% CI 23.9 - 25) to 11.4 (95% CI 10.7 - 12.2)	Hospital
Using lean methods to improve OR turnover times	Leslie, 2006, USA	OR, Pre-Post	Lean	Kaizen, Box plot diagram, Gantt diagram	Mean turnover time	Reduced 45% of turnover time and five minutes of internal waste were removed.	Hospital
Voice-enabled assistants of the O4.0 in the social smart factory	Longo, 2020, Italy	Manufacturing sector, pre-post	Industry 4.0	Voice enabled Assistant, Operator 4.0	Mean downtime Constant monitoring data	Improves operator-machine productivity	Hospital

Using Lean tools to reduce patient waiting time	Lot, 2018, Brazil	OR, Pre-Post, n=3870, 12 months	Lean	A3 report, Gemba walk, VSM, 5 whys	Mean waiting time for patient to see a doctor	Reduced 4.5 h and accurate increased 50%	Hospital
Applying Lean-Six-Sigma Methodology in radiotherapy: Lessons learned by the breast daily repositioning case	Mancosu, 2018, Italy	RT, Pre-Post, n=1,342, 36 months	Six Sigma Lean	DMAIC Pokayoke, Visual Management, Ishikawa Diagram, Histogram, FMEA	Mean of AZS Control period AZS	Increased 4,976 from 2398(2014) to 2578 (2018) Increased 16 from 217 patients to 233 patients.	Hospital
Analysis of patient flow in the ED and the effect of an extensive reorganisation	Miró, 2002, Spain	ED, Pre-Post, n=70,810, 12 months	Lean	VSM, 5s	Mean number of patients waiting to be seen Mean waiting time to see a doctor	Reduced from 5.8 to 2.5 (p<0.001) Reduced 63 min, from 87 min to 24 min.	Hospital
A Lean Six Sigma Quality improvement project improves timeliness of discharge from the hospital.	Molla, 2018, USA	ED, Pre-Post, n=4,134, 8 months	Six Sigma Lean	DMAIC Process map, Ishikawa Diagram, Pareto Chart, Control Chart	Percentage of discharge orders released by 10am Percentage of patients discharged by noon	Increased by 21.3% (p<0.001) Increased by 7.5 (p=0.001)	Hospital
Applying the lean principles of the TPS to reduce wait times in the ED	Ng, 2009, EU	ED, Pre-Post, 36 months	Lean	VSM, Just in Time, 5s, 7 wastes, Kanban	Mean registration time Mean patients who left without being seen Mean LOS for discharged patients	Reduced 33 min, from 111 min to 78 min. Decreased from 7.1% to 4.3% Reduced 0.8 h, from 3.6 to 2.8 h	Hospital
Quality in Trauma Care: improving the discharge procedure of patients by means of Lean Six Sigma	Niemeijer, 2010, Netherlands	TND, Pre-Post, n=332, 6 months	Six Sigma Lean	DMAIC, DAEP, Control Charts	Mean LOS of trauma patients at the TND Mean time of process of surgery	Reduced 4.2 days, from 13.5 to 9.3 days Reduced 56 min, from 154 to 98 min.	Clinical Laboratory
Improving Preanalytic Processes Using the Principles of Lean Production (Toyota Production System)	Persoon, 2006, USA	Laboratory, Pre-Post, 11 months	Lean	Process map, One-Piece Flow, Redesign Process	Median preanalytic processing time	Reduced 10 min, from 29 to 19 min	Laboratory
Application of Lean principles to improve early cardiac care in ED	Piggott, 2011, Canada	ED, Pre-post, n=1,43723 months	Lean	7 wastes, VSM, Meeting target times, QA metrics..	Median wait time to physician	Reduced from 82 min to 49 min	Hospital

Access improvement using LH for radiation treatment in a public hospital	Pinto, 2013, Brazil	Radiation department, pre-post, n=714	Lean	VSM, 7 wastes.	Median wait time for appointment	Reduced 75% process time	Clinical Laboratory
Improving papanicolaou test quality and reducing medical errors by using Toyota production system methods	Raab, 2005, USA	Pathology Department, Pre-Post, n=1103, 8 months	Lean	Workflow process	Papanicolaou tests lacking a transformation zone component Test with a diagnosis atypical squamous cells Frequency of error per correlating cytologic-histologic specimen	Reduced 5.2%, from 9.9% to 4.7% (P = 0.001) Reduced 3.9%, from 7.8% to 3.9% (P = 0.007) Reduced 1.68%, from 9.52% to 7.84%	Clinical Laboratory
Optimization of MRI Turnaround times through the use of dockable tables and innovative architectural design strategies	Recht, 2019, USA	MRI room, Pre-Post, n=14,686, 6 months	Lean	Layout Design, VSM, Process Workflow.	Mean time between each patient examination	Improved to 141 sec (95% CI, 129 - 135 sec)	Clinic
Lean healthcare implications in an occupational medicine clinic	Rocha, 2021, Brazil	Medicine Clinic, Pre-Post, n=100,	Lean	VSM	Total waiting time during patient's journeys Total waiting time to see a doctor	Reduced 37.92% in the total waiting time Reduced 29.86% waiting time to see a doctor	Clinical Laboratory
Improving ED specimen TAT using Lean Six Sigma	Sanders, 2015, USA	ED specimens, Pre-Post. n=12,600	Six Sigma Lean	SIPOC diagram, VSM, Project Charter. DMAIC	Turnaround times for ED specimens.	Decreased 50% in vials used for testing, Decreased 50% in extra specimens, Decreased 90% in ED specimens without orders, Decreased 50% in CBCA TAT variation and 2-5 min decreased in ED registered nurses.	Hospital
Improving ED door to doctor time and process reliability	Sayed, 2015, Libano	ED, Pre-Post, n=49,000, 20 months	Lean	VSM, Timeline, Control charts.	Mean door to doctor time Mean postintervention Mean LOS in ED.	Decrease from 40 min $\pm$ 53.44 min to 25.3 $\pm$ 15.93 Decrease upper control limit from 148.8 min to 72.9 min Decrease time from 2.6 to 2.0 hours	Hospital

Lean processes for optimizing OR capacity utilization: prospective analysis before and after implementation of VSM	Schwarz, 2011, Luxembourg	OR, Pre-Post, n=117	Lean	VSM, Process workflow	Mean change time VSM-A vs VSM-O Mean throughput time VSM-A vs VSM-O	Reduced 574, from 1507 $\pm$ 100 to 933 $\pm$ 66 Reduced 31 min, from 151 $\pm$ 8 to 120 $\pm$ 10 (p < 0.05)	Hospital
Quality improvement through lean A3 method for foot traffic in operating room	Shahroudi, 2021, Iran	OR, Pre-Post, n=97, 17 months	Lean	A3, Ishikawa diagram, Fabrica Visual	Mean number of door openings per surgery	Reduced 46% times of foot traffic in OR, from 54.90 to 31.97 times of door opening per surgery.	Hospital
The use of Lean Methodology to reduce PPE wastage in children undergoing congenital cardiac surgery, during the COVID-19 pandemic	Sheehan, 2020, Ireland	Department of Anaesthesia, pre-post, n=24, 3 weeks	Six Sigma Lean	VSM DMAIC	Demand on supply of Personal Protective Equipment Staff exposure to patients with unknown COVID-19 status Cost and environmental saving	Reduction in PPE set use from 13 to 1 for each patient. Reduction in staff in close contact from 13 staff to 1 for each patient Saving €69.24 per patient.	Clinical Laboratory
Electronic Tracking of Patients in an Outpatient Ophthalmology Clinic to Improve Efficient Flow: A Feasibility Analysis and Benchmarking Study	Singman, 2015, USA	Ophthalmology Clinic, Pre-Post,	Lean	VOC, Process map.	Mean time patients spent in clinic Mean time patients spent with the optometrist Mean time on testing	Reduced 13.5 min from 112.8 to 99.3 min. Decreased 3.3 min, from 15.4 to 12.1 min. Decreased 1.7 min from 24.7 to 23.0 min.	Clinical Laboratory
Lean methodology improves efficiency in outpatient academic uro-oncology clinics	Skeldon, 2014, Canada	ED, Pre-post, 7 months	Lean	VSM, Kaizen, QA metrics, control charts.	Median LOS for discharged Mean wait times for registered nurse	Reduced from 46 min to 41 min Reduced from 23 min to 5 min	Hospital
Leap Motion Controller-based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents	Tarakci, 2019, Turkey	Physiotherapy and Rehabilitation Department, pre-post, n=92, 3 months	Industry 4.0	VR	Improve in DHI, JTH, 9HPT, CHA all questionnaires on mobility. Grip and pinch strength	Comparisons between groups showed similar results in all parameters (p>0.05)	Clinic
Reducing the turnaround time in the hispathology service	Thureson, 2015, Sweden	Clinical Hispathology, Pre-Post, n=m 46675, 21 months	Six Sigma Lean	DMAIC, Histograms, Control charts	Proportion of hispathology samples Median TAT for samples of patients with clear breast cancer	Increased 23% from 54% to 77%. Decreased 9.5 days, from 25 days to 15 days (p<0.001)	Clinical Laboratory

Redesigning care at the Flinders Medical Centre: clinical process redesign using lean thinking	Tovim, 2007, Australia	ED, pre-post	Lean	VSM, Push-Pull system	Mean LOS in ED.	Reduced 24 hrs of stay	Hospital
Resident-Driven holistic lean daily management system to enhance care experience at a safety net hospital	Tresh, 2020, USA	Urology, Pre-Post, 24 months	Lean	Personal training, Visual Management System, A3 Thinking, PDSA, Ishikawa diagram	Time to our available appointment BCG treatment time	Reduced 98 days, from 119 to 21 days. Reduced 75 min, from 180 min to 105 min.	Clinic
Applying lean tools in the clinical laboratory to reduce turnaround time for blood test results	Umut, 2016, USA	Laboratory, Pre-Post, 6 months	Lean	7 wastes, VSM, Spaguetti diagram, Heijunka, pull sistem, JIT, layout change.	Number of blood test delays	Reduced 68, from 97 to 29 delays.	Laboratory
Effects of a Game-Based VR Videocapture Training program plus occupational therapy.	Waliño-Paniagua, 2019, Spain	Physiotherapy Department, pre-post, n=16, 2 weeks	Industry 4.0	VR	Fine manual dexterity, gross dexterity and coordination Hand's functional capacity. Manipulative dexterity.	Clinical improvements were found in the precision of movements, the execution times, and the efficiency of certain functional tasks in the PPT and JTH tests in the OT + VR group.	Hospital
Using Lean-Based systems engineering to increase capacity in the ED	White, 2014, USA	ED, Pre-post, n=59,687, 17 months	Six Sigma	VSM, Kaizen	Median LOS for discharged patients	Reduced 15 min in process	Hospital
Applying Lean methodologies reduces ED laboratory turnaround times	White, 2015, USA	ED, Pre-Post, n=78887, 17 months	Lean	Process Workflow, Box plot, Data Analysis	Median laboratory TAT in troponin T test Median laboratory TAT in urine sedimentation test Median laboratory TAT in troponin I test Median laboratory TAT in urialysis test Median laboratory TAT in urine human chorionic gonadotropin	Reduced by 33 min from 86 to 53 min (99% CI 30-35 min) Reduced by 88 min from 117 to 29 min (99% CI 87-90 min) Reduced by 12 min from 41 min to 29 min (99% CI 10-13 min) Reduced 9 min from 29 min to 20 min (99% CI 8-9 min) Reduced 10 min from 28 to 18 min (99% CI, 9-11 min)	Hospital

Applying systems engineering reduces radiology transport cycle times in the ED	White, 2016, USA	ED, Pre-Post, n=102, 12 months	Lean	VSM	Mean transport time between study order and complete time	Reduced 7.4 min from 28.7 $\pm$ 4.2 min to 21.3 $\pm$ 3.1 (p = 0.0001)	Hospital
Rapid Process Optimization: a novel process improvement methodology to innovate healthcare delivery	Wiler, 2017, USA	ED A and ED B, Pre-Post. 28 months	Six Sigma	5 es of Rapid Process Optimization	Mean wait time to see a doctor LOS in all patients LOS for discharged	Reduced from 54 min to 12 min ED (A) Reduced from 228 min to 184 min. ED (B) reduced from 202 min to 192 min. ED (A) reduced from 216 min to 140 min. ED(B) reduced from 179 min to 167 min.	Hospital
Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients	Wuh, 2019, Taiwan	Physical Medicine and Rehabilitation Dept., Pre-Post, n = 16, 4 months	Industry 4.0	VR	Instrumental activities of daily living. Improvement in Grip and pinch Scar thickness	Improvements in BSH-B, QuickDASH, and iADL in the LMC group (p<0.05) compared to control group. Decrease in scar thickness in LMC group. Increase the range of motion of IP joint and pinch strength.	Hospital
Performance Measurement and Improvement of Healthcare Service Using Discrete Event Simulation in Bahir Dar Clinic	Yemane, 2020, Ethiopia	Ethiopia health center, Pre-Post, n=384, 1 week	Industry 4.0	Simulation	Service efficiency of the healthcare WIP of patients Service capacity per day.	Increased by 9.86% from 50.75% to 60.61% WIP are reduced by 3 patients Increased 6 patients, from 34 to 40 patients per day.	Hospital
Application of Lean Six Sigma in conservative dentistry: an action research at an Indian dental college	Noronha, 2021, India	Dental Department, Pre-Post	Six Sigma Lean	DMAIC	Turnaround time Process Estándar Deviation	Improvement of 42.9% from 63.9 min to 36.5 min Reduced 0.63 min, from 2.63 to 2.00 min	Clinic
Designing optimizing procedures for task switching to ensure efficiency in the hospital laboratory	Kim, 2021	Laboratory, Pre-Post	Lean	VSM, Process workflow	Turnaround time	Decreased 2.31%, from 4.97% to 2.66%	Clinic

Improvement of Urgent Tests Laboratory Turnaround Time Through Laboratory Lean Management	Isa, 2020, Malaysia	Laboratory, Pre-Post, 5 months	Lean	VSM, Visual Control, Standardized work, Kanban, 5S	Laboratory Turn Around Time	Reduced 04 min. From 35 min to 31 min (P value = 0.001)	Laboratory
Turn around time for clinical biomchemistry laboratory: a vital and effective parameter for patient care	Chhatriwala, 2021, India	Biochemistry Laboratory, Pre-Post, n=1,85,658, 17 months	Lean	VSM, Statistics, Standardized work, 5S	Mean Laboratory TAT	Reduced 1.32%	Laboratory
Timely delivery of laboratory efficiency information, Part II: Assessing the impact of a turn-around time dashboard at a high-volume laboratory	Cassim, 2018, Africa	Laboratory, Pre-Post, 30 months	Lean	Ishikawa diagram, Pareto analysis, Root cause analysis	Mean efficiency achieved by interactive TAT	Increased 80% from 10% to 90% in 77 weeks	Laboratory
Reducing laboratory total turn around time (TAT) using system dynamics simulation: chemistry analyzer application	Ahmed, 2014, Egypt	Laboratory, Pre-Post, n=151	Lean	Diagram, Dynamic model, Process work flow	Mean turn around time	Decreased 175 min, from 299 min to 124 min.	Laboratory
Reduced isolation room turnover time using Lean methodology	Ankrum, 2019, USA	Department of Infection Prevention, Pre-Post, 60 days	Lean	VSM, Flow process chart	Median room turnover Median time between room breakdown to cleaning start time Room cleaning complete to UV disinfection start Duration of room cleaning and curtain charging	Decreased 65 min, from 130 min (range, 93-294 min) to 65 min (range, 48-95 min, P<0.0001) Reduced 7 min, from 10 min to 3 min (P=0.004) Reduced 28 min, from 36 min to 8 min (P<0.0001) Reduced 20 min, from 57 min to 37 min (P<0.0001)	Hospital
Productivity and performance improvement in the medical records department of a hospital	Bhat, 2014, India	Medical record department, Pre-Post, n=1,125	Six Sigma Lean	Control Chart, X-bar chart, Capability analysis of CTQ, DMAIC, VSM, GEMBA, Spaguetti diagram, F test, DOE	Mean turn around time Inventory of medical record	Reduced 11 min, from 19 min to 8 min	Hospital

Technology integration performance assessment using Lean Principles in Healthcare	Rico, 2015, USA	Tomography department, Pre-Post	Lean	VSM, 8 Wastes, Whisker and box plot	FDG infusion time Distance traveled between IV room and the Hot lab T2M activities	Infusion time reduced 50% of time Distance traveled was reduced 14% by eliminating the travel Using VSM reducing the duration of these activities by 81%	Hospital
---	-----------------	---------------------------------	------	-------------------------------------	--	--	----------

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Mayr, M. W. (2018). Lean 4.0 - A Conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Science Direct*, 623-629.
2. Alpaydin, E. (2016). *Machine Learning : The New AI*. London, England: MLA.
3. Andrea Ankrum, S. N. (2019). Reducen isolation room turnover time using Lean methodology. *The society for healthcare epidemiology of America*.
4. Aneta Konczak, J. P. (2015). Decision support in production planning of precast concrete slabs based on simulation and learning from examples. *Elsevier*.
5. Ashish K. Khanna, S. O. (2022). International variation in length of stay in intensive care units and the impact of patient-to-nurse ratios. *Intensive and Critical Care Nursing*.
6. Avery, D. M. (2014). The Efficiency of a Dedicated Staff on Operating Room Turnover Time in Hand Surgery. *The Journal of Hand Surgery. The Journal of Hand Surgery*.
7. B, W. N. (1995). Reproducibility (precision) in alternate site testing. A clinician's perspective. *Arch Pathol Lab Med*, 914-917.
8. Bergman B, K. B. (1994). *Quality: from customer need to customer satisfaction*. Maidenhead: McGraw-Hill.
9. Bernandini, C. L. (2016). Timeliness "at a glance": assesing the turnaround time through the six sigma metrics. *Biochemia Medica*.
10. Bernardini, C. I. (2017). Validation of the six sigma z-score for the quality assessment of clinical laboratory timeliness. *Clin Chem Lab Med*.
11. Boggs, S. D. (2018). The Association of Anesthesia Clinical Directors (AACD) Glossary of Times Used for Scheduling and Monitoring of Diagnostic and Therapeutic Procedures. *Journal of Medical Systems*.
12. Cerfolio, R. J.-L. (2019). Improving operating room turnover time in a New York City Academic Hospital via Lean. *The Society of Thoracic Surgeons*.

13. Florentino Rico, A. Y. (2015). Technology integration performance assessment using Lean Principles in Health Care. *American Journal of Medical Quality*, 374-381.
14. Hara P. Pati, G. S. (2012). Turnaround time (TAT): Difference in concept for laboratory and Clinician. *Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion*.
15. Jnanesh, S. B. (2016). Productivity and performance improvement in the medical record department of a Hospital - An application of Lean Six Sigma. *Internation Journal of Productivity and Performance Management*.
16. Lokesh, A. K. (2020). Reducing the turnaround time of laboratory samples by using Lean Six Sigma methodology in tertiary-care hospital in India. *National Institute of Thecnology Calicut*.
17. Lundberg, G. D. (1981). Acting on Significant Laboratory Results. *The Journal of the American Medical Association*, 1762.
18. Mahdi Niazi, M. R. (2021). Seismic resilience index evaluation for healthcare facilities: A case stufy of hospital in Tenhran. *Elsevier*.
19. Matías, J. C. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Creative commons.
20. Mehran Mannani, M. M. (2022). Length of stay in patients undergoing total knee arthroplasty . *Professor P K Surendran Memorial Education Foundation*.
21. Michael Recht, K. T. (2019). Optimization of MRI Turnaround times through the use of dockable tables and innovative architectural design strategies. *Health Care Policy and Quality*.
22. Naveed Rabbani, G. K. (2022). Applications of machine learning in routine laboratory medicine: current state and future directions. *El Sevier*.
23. Preecjaua Wongkrajang, K. R. (2019). Increased effectiveness of urinalysis testing via the integration of automated instrumentation, the lean management approach, and autoverification. *Journal of clinical laboratory analysis*.

24. Sanders, J. H. (2015). Improving ED specimen TAT using Lean Six Sigma. *International Journal of Health Care Quality Assurance*.
25. Sarvari, B. U. (2016). Applying lean tools in the clinical laboratory to reduce turnaround time for blood test results. *International Journal of advances in science engineering and technology*.
26. Shilpasree, P. C. (2019). Effectiveness of implementing process improvement strategies on turnaround time of emergency investigations in clinical biochemistry laboratory. *Indian journal of medical biochemistry*.
27. Shradha Gupta, S. K. (2018). Improvement of laboratory turnaround time using Lean methodology. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 295-308.
28. Susan Cromwell, D. C. (2018). Improving Autopsy report turnaround times by implementing Lean Management Principles. *Pediatric and developmental pathology*, 1-7.
29. Tamer Inal, O. G. (2018). Lean six sigma methodologies improve clinical laboratory efficiency and reduce turnaround times. *J. Clin Lab Inal*.
30. Thureson, J. (2015). Reducing the turnaround time in the hispathology services - Experiences of an improvement process. *The jonkoping academy*.
31. Vermeulen, A. F. (2019). *Industrial Machine Learning: using artificial intelligence as a transformational disruptor*. UK: Apress.