

03-010

### **INCREASE OF INSTALLED PRODUCTIVE CAPACITY IN CYTOLOGY SERVICE THROUGH IMPROVEMENTS IN THE PROCESS BASED ON LEAN HEALTHCARE PRINCIPLES.**

Badilla Murillo, Félix <sup>(1)</sup>; Vargas Vargas, Bernal <sup>(1)</sup>; González-Domínguez, Jaime <sup>(2)</sup>; Sánchez-Barroso, Gonzalo <sup>(3)</sup>; García Sanz-Calcedo, Justo <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica, <sup>(2)</sup> Universidad de Extremadura, <sup>(3)</sup> Universidad de Extremadura

Generally, the public health services have a high demand from patients, particularly when it comes to support different services that provide support to other medical specialties and sometimes to other hospitals within the service network. For timely patient care, these services must have an adequate balance in supply and demand, otherwise there will be long waiting times. In this case, the process of a Cytology Service (SC) presents a lag in diagnoses is analyzed. This analysis considered the current process mapping, the cycle times of each activity, as well as a probabilistic study in which the historical data available to the SC will be considered. In addition, as part of the current diagnosis, were applied tools based on the principles of Lean Healthcare (Lean manufacturing applied to health services) identifying the waste defined by this philosophy, with the aim of adding value to the process and reducing time Cycle. Finally, the causes that limited the installed capacity of the process were identified and a design was formulated that reduced the lag in the production of this service.

Keywords: Continuous improvement; lean healthcare; process; logistics; cytology; process engineering.

### **AUMENTO DE CAPACIDAD INSTALADA EN EL SERVICIO DE CITOLOGÍAS MEDIANTE MEJORAS DEL PROCESO BASADAS EN LOS PRINCIPIOS DE LEAN HEALTHCARE**

Los servicios de salud públicos generalmente disponen de una alta demanda por parte de los pacientes, en particular cuando se trata de servicios de apoyo que brindan soporte a otras especialidades médicas y en ocasiones a otros centros hospitalarios dentro de la red de servicios. Para una oportuna atención al paciente estos servicios deben contar con un adecuado balance en la oferta y demanda, de lo contrario se tendrán tiempos de espera prolongados. En este caso se analiza el proceso de un Servicio de Citologías (SC) que presenta un rezago en los diagnósticos. Este análisis consideró el mapeo de procesos actual, los tiempos de ciclos de cada actividad, además de un estudio probabilístico en el que se consideraron datos históricos que disponía el SC. Adicionalmente, como parte del diagnóstico de la situación actual se aplicaron herramientas basadas en los principios de Lean Healthcare (Lean manufacturing aplicado a servicios de salud), identificando los desperdicios definidos por esta filosofía, con el objetivo de dar valor agregado al proceso y reducir el tiempo de ciclo. Finalmente, se identificaron las causas que limitaban la capacidad instalada del proceso y se formulo un diseño que redujo el rezago en la producción de este servicio.

Palabras claves: Mejora continua; lean healthcare; proceso; logística; citologías; ingeniería de proceso

Correspondencia: Jaime González Domínguez [jaimegd@unex.es](mailto:jaimegd@unex.es)

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer al Fondo Europeo de Desarrollo Regional y a la Consejería de Economía e Infraestructuras por el apoyo a este trabajo de investigación. Este estudio ha sido llevado a cabo a través del proyecto de investigación GR-18029 ligado al VI Plan Regional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Comunidad Autónoma de Extremadura 2017-2020.



©2021 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La filosofía Lean Manufacturing según (Moldner, Garza-Reyes, & Kumar, 2020) se basa en la eliminación de desperdicios de los procesos, entre los que se encuentran los defectos, la sobreproducción, las esperas, desaprovechamiento del recurso humano, los transportes, los inventarios, los movimientos y el sobre procesamiento, con esto se busca aumentar el valor agregado del proceso. Esta filosofía incorpora cinco principios en la gestión de los procesos los cuales corresponde a definir el valor, realizar el diagrama de flujo de valor, establecer el flujo, implementar un sistema pull y buscar la perfección.

Aunque los inicios de Lean Manufacturing se dieron en la industria automotriz como lo citan (Rosin, Forget, Lamouri, & Pellerin, 2020), en la actualidad cada vez más industrias la incorporan en sus procesos sean estos para la producción de bienes o servicios, surgiendo aplicaciones específicas como es el caso de Lean Healthcare, la aplicación de la filosofía de Lean Manufacturing o Lean Thinking como también es conocida, en Servicios de Salud según (Kam, y otros, 2021).

El proyecto que se presenta a continuación se desarrolló en un Centro Médico Costarricense, que por aspectos de confidencialidad su nombre no será mencionado. Este Centro Médico (CM) se encarga de realizar diagnósticos de citologías y presentó el problema de largos tiempos de resolución, teniendo como principal causa la reducida capacidad instalada con que cuenta en comparación a la demanda del servicio.

El objetivo de este proyecto consistió en aumentar la capacidad instalada en un servicio de citologías mediante mejoras en el proceso basadas en los principios de Lean Healthcare.

## Metodología

Para entender el entorno en que se desarrolla el proceso en estudio se inicia desarrollando un SIPOC, que por sus siglas en inglés incorpora elementos como proveedores (suppliers), entradas (inputs), proceso (Process), clientes (customers) y salidas (outputs) como lo define (Barzola-Cisneros, Calderon-Tirado, Viacava-Campos, & Aderhold, 2021).

En segunda instancia se desarrolló un análisis cuantitativo de la oferta y la demanda para determinar cual es la brecha actual y determinar así el impacto que tienen los tiempos de espera en la producción del servicio. Este análisis se basa en estadística descriptiva para determinar la tendencia central y la dispersión de los datos en estudio.

Posteriormente, se incorpora un estudio de tiempos para aquellas actividades más representativas del proceso y determinar de esta manera la capacidad instalada del servicio conociendo sus tiempos de ciclo.

Finalmente, se realiza un mapa de valor agregado (value stream map o VSM por sus siglas en inglés) con el cual se representa las propuestas de solución para mejorar la capacidad instalada actual de este servicio según lo define (Caro-Teller, y otros, 2020).

## Resultados

### Proceso actual: análisis SIPOC

En la siguiente tabla se realiza un análisis SIPOC, para cada una de las actividades realizadas por el Centro Médico (CM), entre los aspectos que contempla se encuentran los proveedores (suppliers), entradas (inputs), clientes (customers) y salidas (outputs).

Es importante señalar, por un lado, la interacción de estos elementos en el proceso productivo analizado y por otro, los diferentes controles que posee el proceso que permite una trazabilidad de las citologías desde su ingreso hasta el diagnóstico y distribución de estas.

Estos controles se presentan en la columna llamada salidas y son identificadas de color azul; además, estos controles son utilizados como parte de la programación y control del servicio que realiza el coordinador del CM. Mediante estas herramientas es posible determinar cuál es la distribución de cargas de trabajo con que cuentan en cada una de las etapas del proceso y el cumplimiento de estas.

**Tabla 1. SIPOC para el proceso realizado en el CM**

<b>Suppliers</b>	<b>Inputs</b>	<b>Process</b>	<b>Outputs</b>	<b>Costumers</b>
Otros centros médicos de la red de servicios de salud Mensajeros.	Citología Solicitud de citología Lista de citologías entregadas y la respectiva copia	1. Recepción	Canastas con sobres con citologías. Lista de citologías entregadas. Citologías. Solicitudes de citologías. Formulario de devolución.	Cotejo. Otros centros médicos de la red de servicios de salud
Recepción	Paquetes de citologías y solicitudes de citologías. 500 citologías por técnico.	2. Cotejo	Bandejas de láminas en orden y codificadas. Solicitudes de citologías ordenadas. Listado (rango) de citologías procesadas. Control diario de cotejo. Número de solicitud. Identificación de cotejado. Formulario de devolución.	Tinción Digitación Recepción Coordinador
Cotejo Proveedores Tinción	Número de lámina (citología). Preparación (Set Up) de la máquina 750 láminas citológicas por cada funcionario y máquina. 2 máquinas de tinción Insumos: Alcoholes, xilol, colorantes, cubre láminas.	3. Tinción	Láminas teñidas. 40 láminas en orden numérico Control de láminas entregadas y recibidas.	Citotecnologo.
Cotejo. Coordinador.	300 solicitudes por funcionario. Hay 5 estaciones de trabajo.	4. Digitación	Datos de la solicitud ingresada en el Sistema de Información.	Citotecnologo. Patólogo.

25<sup>th</sup> International Congress on Project Management and Engineering  
Alcoi, 6th – 9th July 2021

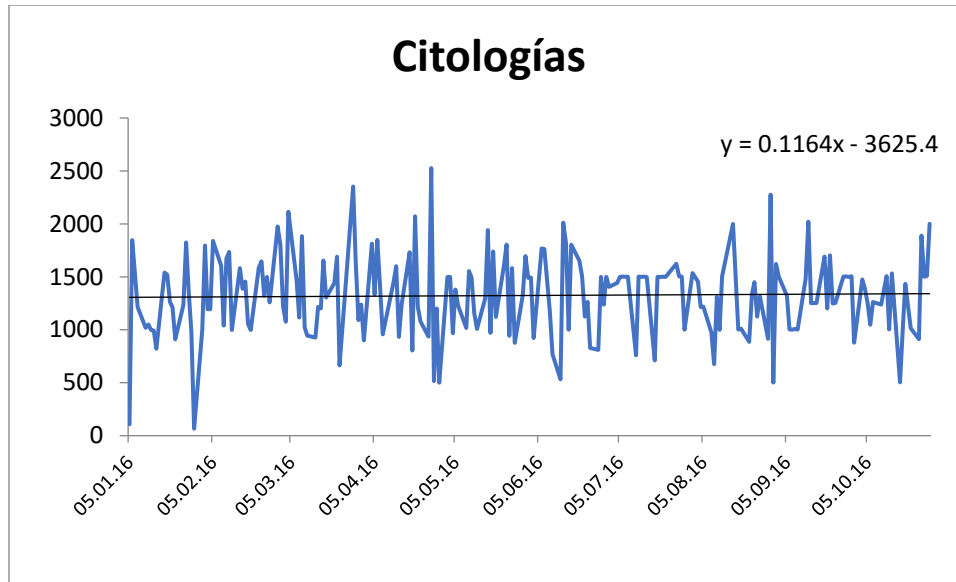
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Costumers
			Control de láminas entregadas y recibidas.	Coordinador.
Coordinador Tinción Digitación	40 láminas por citotecnologo. 40 solicitudes por citotecnologo.	5. Diagnóstico Citotecnólogo	Solicitud con diagnóstico. Diagnóstico en el Sistema de Información. Formulario de devolución de láminas Bitácora personal	Citotecnologo
Citotecnologo	Láminas con diagnóstico de lesión o posible lesión. Bitácora Criticidad de las lesiones. Clasificación de "Revisión".	6. Diagnóstico patólogo	Citologías de Revisión con diagnóstico Solicitud de citología con diagnóstico. Control de revisión mensual de citologías vaginales y no vaginales.	Citotecnologo Archivo
Citotecnologo Patólogo	Lámina con el diagnostico	7. Distribución	Lista de citologías entregadas y la respectiva copia.	Otros centros médicos de la red de servicios de salud Mensajeros.

### Demanda de citologías

La recepción de citologías presenta estabilidad en su demanda diaria de citologías, lo cual se puede apreciar en el siguiente gráfico cuya línea de ajuste presenta una ecuación con una pendiente cercana a 0 (0.116).

En cuanto la variabilidad, se puede apreciar como los datos varían en un rango comprendido por el intervalo de 500 y 2500 citologías.

Figura 1. Demanda diaria de citologías



Para complementar la información respecto a la demanda diaria de citologías, el siguiente cuadro muestra un análisis estadístico descriptivo de la precisión y exactitud de los datos analizados para este rubro.

Se analizaron 208 datos correspondientes a la misma cantidad de días registrados en el sistema de información transaccional de enero a noviembre de 2016. En promedio el CM recibe 1319.76 citologías diarias, cifra muy cercana a 1323.5 correspondiente a la mediana de los datos analizados. Sin embargo, la moda de los datos corresponde a 1501 citologías, correspondiente con el parámetro de producción utilizado en la programación del servicio.

Tabla 2. Estadística descriptiva para los datos de demanda diaria de citologías en el CM

<i>Citologías</i>	
Media	1,319.76
Mediana	1,323.50
Moda	1,501.00
Desviación estándar	381.29
Varianza de la muestra	145,383.63

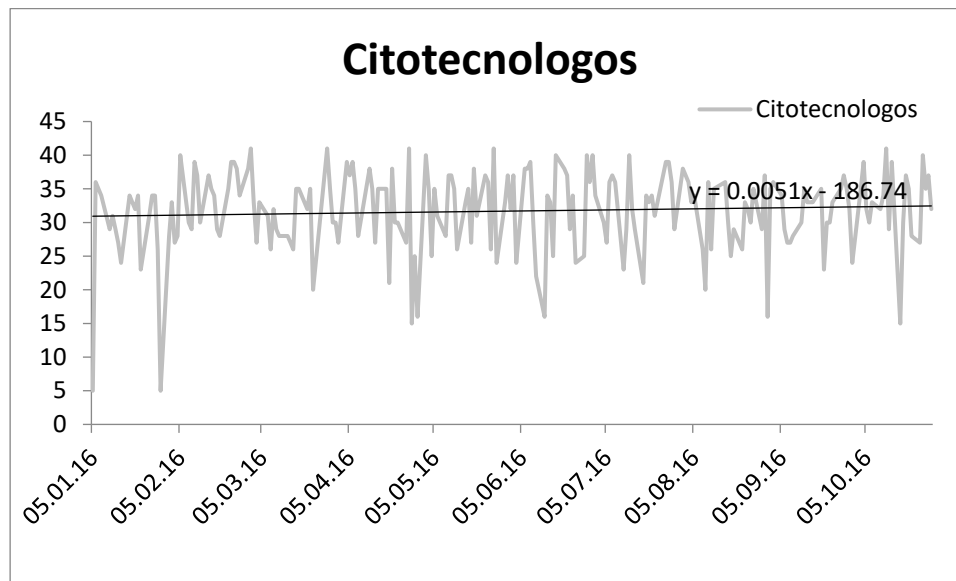
Curtosis	0.69
Coefficiente de asimetría	-0.08
Rango	2,461.00
Mínimo	66.00
Máximo	2,527.00
Suma	274,510.00
Cuenta	208.00

### Oferta del CM

El CM dispone de 46 citotecnólogos durante el turno de trabajo en que labora; sin embargo, no siempre tiene disponible esta cantidad de funcionarios por cuanto se deben considerar permisos, vacaciones regulares y profilácticas, licencias entre otras situaciones.

El siguiente gráfico muestra la disponibilidad de recursos (civotecnólogos) diarios con que conto el CM durante el año 2016, en el cual se puede apreciar que no cuenta con una tendencia de crecer o decrecer, debido a que la pendiente de su línea de tendencia es cercana a 0.

**Figura 2. Cantidad de cito tecnólogos disponibles diariamente**



Mediante el siguiente cuadro de estadística descriptiva, se puede apreciar como en promedio diariamente se dispone de 31.7 citotecnólogos en el CM, cifra levemente más alta que la media de 33 y la moda de 35.

La desviación estándar identificada es de 6.09 citotecnólogos, con un mínimo registrado de 5 y un máximo de 41. La situación que llama la atención es que no se identifica en la muestra de datos analizados que el CM contará los 46 técnicos cuando menos un solo día.

**Tabla 3. Estadística descriptiva para la disponibilidad diaria de citotecnólogos en el CM**

<i>Citotecnólogos</i>	
Media	31.70
Error típico	0.42
Mediana	33.00
Moda	35.00
Desviación estándar	6.09
Varianza de la muestra	37.10
Curtosis	2.86
Coefficiente de asimetría	-1.24
Rango	36.00
Mínimo	5.00
Máximo	41.00
Suma	6,530.00
Cuenta	206.00

### **Estudio de tiempos**

El CM cuenta con un parámetro de programación de la producción de los técnicos en 40 citologías al día, correspondiente a 5 citologías por hora. En esta actividad participan 46 técnicos distribuidos en 5 cubículos diferentes, para el análisis que se describe a continuación, se realizó un muestreo durante diferentes días en tres de estos cubículos para analizar la precisión y exactitud que posee el tiempo real con el parámetro establecido.

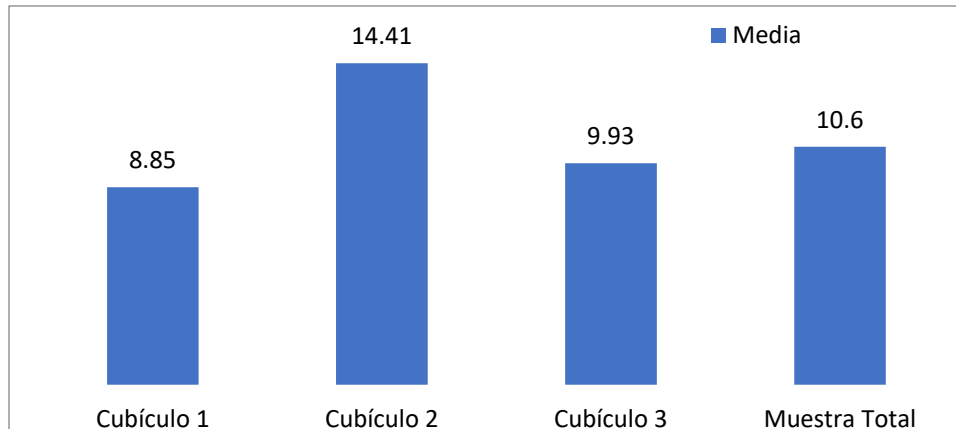
Para cumplir con la producción de 40 citologías en 8 horas, se requiere de una media por citología de 12 minutos. En total se realizaron 45 mediciones de las cuales se obtuvo una media de 10.67 minutos por citología

En el cubículo 2 se identificó la media de tiempo más alta con 14.41 minutos, en tanto los cubículos 1 y 3 no alcanzaron los 10 minutos por citología. Estos valores son muy cercanos al parámetro de producción utilizado por el CM, dado que una media de 10.67 minutos ofrece una holgura de tiempo razonable para atender otras funciones propias del puesto de trabajo como:

- Revisión de la identificación de las láminas recibidas respecto a la solicitud de la citología.
- Registro en la bitácora personal de citologías recibidas.
- Registro de citologías con lesiones o que deben enviarse a revisión.
- Identificación y registro de citologías que son ilegibles.
- Digitación de las citologías en el sistema de información.



**Figura 3. Comparación de tiempo medio de diagnóstico por parte de los cito tecnológicos según cubículo**



Fuente: Elaboración propia. Datos suministrados por CM, noviembre 2016

### Propuestas de mejoras

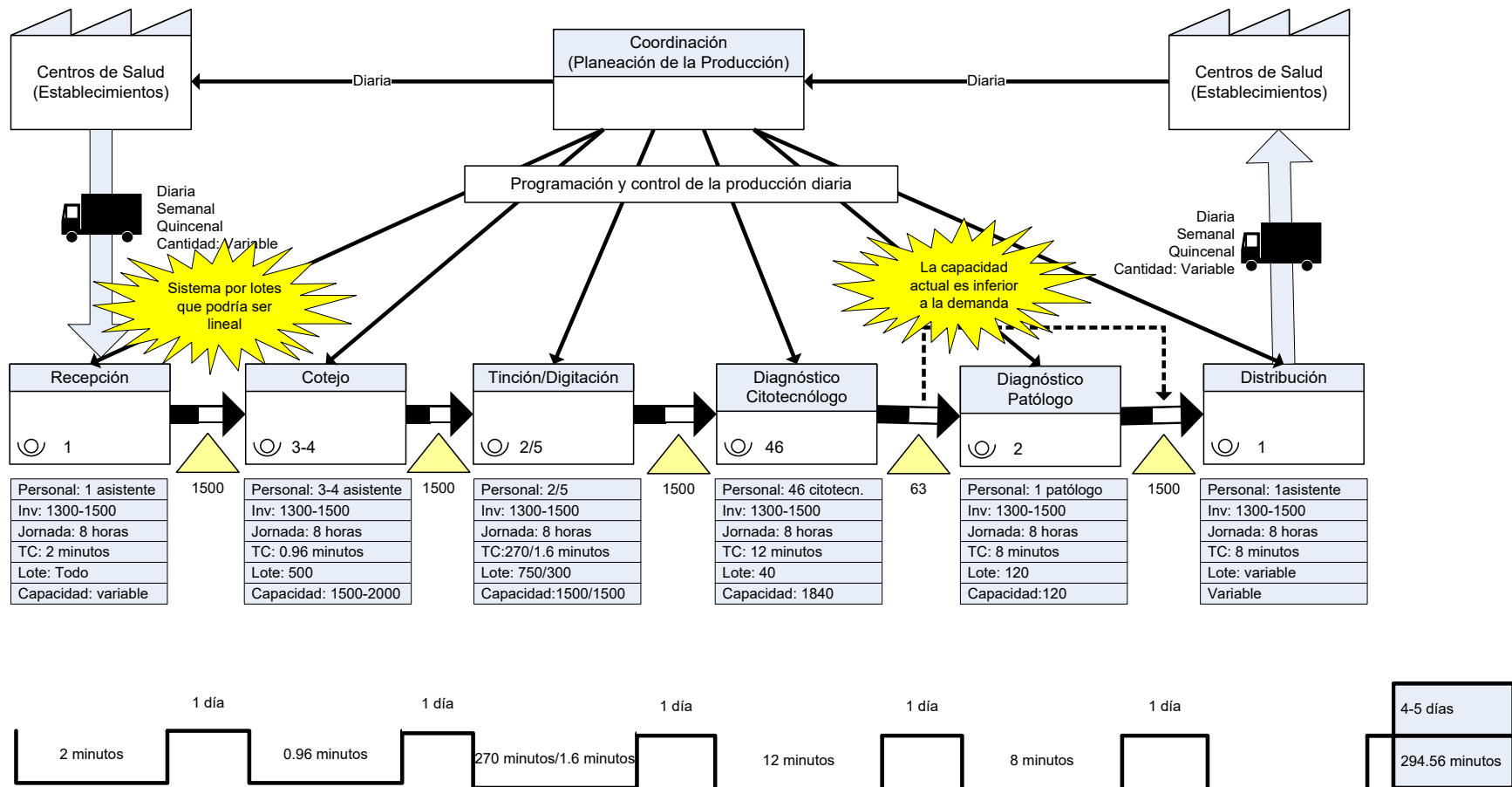
En cuanto el proceso productivo llama la atención la forma estructurada y ordenada en que el CM dispone de un sistema de programación y control de la producción, en el que balancea sus cargas de trabajo en 1500 citologías en las diferentes secciones situación que le ha valido para no tener retrasos sustanciales en su proceso, no obstante, se plantean algunas recomendaciones que pueden ser de utilidad para mejorar la productividad actual:

- La ubicación de la recepción y cotejo deberían estar cercanas entre sí, dada la relación que guardan estas secciones.
- Al disponer de la integración de las actividades mencionadas en el punto anterior se puede considerar pasar del sistema de producción actual por lotes (1500 citologías diarias) por otro modelo de tipo continuo donde las citologías conforme se reciben sean cotejadas para enviarlas a tinción y digitación.

El servicio debe mantener la disponibilidad de dos patólogos para tener capacidad suficiente para resolver la demanda diaria de citologías que requieren de revisión y así reducir la acumulación que se encuentra actualmente de 1049 citologías.

La Figura 4 presenta el mapa de valor agregado del proceso del CM que incorpora estas mejoras.

Figura 4. Mapa de valor agregado con propuestas de mejora



## Conclusiones.

El proceso productivo del CM cuenta con siete macro actividades bien definidas que contemplan las áreas preanalítica, analítica y post analítica de un laboratorio:

- Preanalítica: considera las actividades de Recepción, cotejo, tinción y digitación. Estas actividades se realizan de manera manual y están poco automatizadas, representan una importante oportunidad de mejora dado que de acuerdo al VSM tienen una duración aproximada de 3 días de valor no agregado.
- Analítica: considera las actividades de Diagnóstico citotecnológico y diagnóstico patológico.
- Post Analítica: considera la actividad de distribución de citologías.

El CM cuenta con un sistema<sup>1</sup> de programación y control de la producción adecuadamente balanceado en sus diferentes etapas para producir en promedio 1500 citologías.

El sistema de programación y control de la producción utilizado por el CM es eficiente y adecuado, en cuanto actualmente tiene un tiempo de respuesta medio de 5.3 días e incluso inferior que le ha permitido no contar una lista de espera significativa.

En promedio el CM recibe 1320 citologías diarias sin que exista una tendencia marcada en los últimos meses, siendo los días martes y miércoles cuando más citologías son recibidas. Entre ambos días se recibe el 44% de la demanda semanal.

A partir del análisis de la disponibilidad de técnicos citotecnólogos, se identificó que el CM cuenta 46 técnicos de los cuales la disponibilidad promedio diaria es de 32 citotecnólogos, debido a permisos y a vacaciones con que cuentan. También fue posible identificar que el 62.65% de los días el CM dispone de 34 o menos citotecnólogos, para los cuales la mayoría de las ocasiones (70%) se les entregan 40 citologías a cada uno, con estos resultados y considerando una mediana en la disponibilidad de 33 técnicos, se estima la capacidad diaria de la oferta en 1320 citologías, similar a la demanda actual del servicio.

El promedio general de duración en el diagnóstico de una cirugía desde que se recibe es de 5.3 días, hasta que se encuentra lista para ser entregada al establecimiento solicitado.

En el momento que se realizó el estudio se encontraban 1049 citologías pendientes de revisión por parte del patólogo, esta situación se debió a que se encontraba únicamente un especialista en esta actividad y según el estudio realizado se requieren de dos para atender la demanda.

Llama la atención que en el análisis de demanda no se identificó incremento en la demanda de este tipo de prueba. Esto hace suponer que la cobertura se ha mantenido igual y no hay crecimiento.

El parámetro de producción de los técnicos es de 5 citologías por hora, correspondiente a una citología cada 12 minutos. De acuerdo con el estudio de tiempos realizado se identificó una media de 10.67 minutos para un rendimiento del 89%, el cual es un porcentaje adecuado para esta actividad.

Un 68% de las ocasiones el CM recibe 1500 o menos citologías al día, cantidad que corresponde al parámetro de producción utilizado para balancear las cargas de trabajo. De

---

<sup>1</sup> El término sistema hace referencia a la interacción de elementos como métodos, estandarización, recurso humano, secuencia de actividades, materiales, equipo y software.

esta manera se garantiza que la mayor parte del tiempo se cuenta con capacidad para solventar esta demanda, cuando este parámetro se supera el CM tiene capacidad para distribuir el exceso en otros días.

El 70% de las ocasiones el coordinador entrega 40 citologías a cada técnico, por cuanto en algunas ocasiones debe entregar menos si el funcionario cuenta con un permiso específico o debe entregar más ante algún pendiente.

## Referencias

- Barzola-Cisneros, V., Calderon-Tirado, J., Viacava-Campos, G., & Aderhold, D. (2021). Production model to increase productivity and delivery compliance in the peruvian textile sector by applying value stream mapping, 5s and flexible production systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 599-605.
- Caro-Teller, J., Pablos Bravo, S., Serrano Garrote, O., Ojeda García, C., Carro Ruiz, A., Guede Gonzalez, A., & Ferrari Piquero, J. (2020). Implementation of the Lean Six Sigma in the improvement of the medication dispensing circuit. *Journal of Healthcare Quality Research*, 364-371.
- Kam, A., Collins, S., Park, T., Mihail, M., Stanaway, F., Lewis, N., . . . James E.H.Smith, J. (2021). Using Lean Six Sigma techniques to improve efficiency in outpatient ophthalmology clinics. *BMC Health Service Research*, 1-9.
- Moldner, A., Garza-Reyes, J., & Kumar, V. (2020). Exploring lean manufacturing practices influence on process innovation performance. *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*, 233-249.
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644-1661.

## Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

