

Aplicación de logística inversa en la recolección de máquinas para diálisis

Peralta-Abarca Jesús del Carmen

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)
Cuernavaca, México
carmen.peralta@uaem.mx

Cruz-Chávez Marco Antonio

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias
Aplicadas (CIICAp)
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)
Cuernavaca, México

Alonso-Pecina Federico

Facultad de Contaduría, Administración e Informática
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)
Cuernavaca, México

Resumen El proyecto de investigación se aplica en una empresa para el cuidado de la salud, la cual proporciona un equipo para realizar diálisis a enfermos que se encuentran inscritos en un programa que la misma empresa suministra; al realizar un estudio de la situación del uso de este tipo de equipo, se detectó una fuerte inversión económica, situación derivada principalmente de una mala recolección de los equipos que por diversas situaciones ya no eran requeridos por los pacientes. El problema que se presentó era la pérdida de estos equipos, causada principalmente por el excesivo tiempo de recolección de éstos, podía tomar hasta 90 días. Ante tal situación, se implementó la filosofía de Logística Inversa combinada con la metodología DMAIC (en inglés Define, Measure, Analyze, Improve and Control), para poder optimizar el proceso de recolección disminuyendo tiempos y costos de recuperación de equipos. El resultado obtenido de este proyecto fue recolección más eficiente, incrementándose del 75% al 96%, reduciendo de 90 a 27 días máximo el tiempo de recolección, lo anterior generó un ahorro de aproximadamente de \$1,000,000.00 USD.

Palabras clave: *gestión lean, logística, filosofía seis sigma, DMAIC.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, derivado de situaciones globales, la crisis económica es uno de los principales problemas que enfrenta el Sector Salud en México. El incremento en la demanda de servicios de salud requiere de un mayor presupuesto y de un uso más eficiente de los recursos [1]. Pero no todo es sólo compra y asignación de medicamentos, personal y equipo, en nuestro país, el sistema de seguridad social cuenta con otra serie de servicios

asistenciales que buscan mejorar la calidad de vida de las personas, los cuales son conocidos como servicios complementarios, entre éstos se tienen los que proporcionan algunas empresas farmacéuticas que apoyan al sector salud con Programas de Hospitalización Domiciliaria (PHD).

El servicio de (PHD) fue creado por la Organización Sanitas Internacional, con el objeto de acompañar a los pacientes en su recuperación en su domicilio. El programa, cuenta con el apoyo de profesionales entrenados para llevar al domicilio del paciente los servicios de asistencia que requiera. Para realizar lo anterior, se cuenta con un apoyo logístico que permite distribuir equipos y productos durante el período de atención y recuperación del paciente.

El tema de esta investigación se enfoca en los servicios realizados para diálisis peritoneal, la cual es una terapia que limpia la sangre y retira el exceso de líquido del cuerpo sustituyendo la función de los riñones que han dejado de funcionar en el paciente con insuficiencia renal crónica. Esta terapia se efectúa a través de una máquina de Diálisis Peritoneal Automatizada (APD) diseñada para todo tipo de pacientes, que purifica la sangre del enfermo durante la noche.

Este equipo es proporcionado por una empresa, mismo que debe ser devuelto al finalizar la terapia, ya sea porque se logró un trasplante de riñón, o el paciente ha fallecido y el equipo ya no se necesita más.

Es en esta parte, donde la distribución logística juega un papel importante porque representa costos de un 20% a un 35% del presupuesto de la empresas [2] que es un punto importante para poder reducir los gastos de operación.

Así, la logística es uno de los puntos clave de las empresas, de acuerdo a la filosofía Justo a Tiempo (JIT), ya que deben de garantizar el suministro de productos y equipos justo dónde se necesitan, cuándo se requieren y con la calidad y cantidad requerida por el cliente [3] reduciendo el desperdicio en tiempo y transporte. Es necesario antes de continuar, definir el término logística; en 1991 el Council of Logistics Management define logística como “el proceso de planeación, instrumentación y control eficiente, efectivo para el almacenamiento de bienes, servicio e información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo final de acuerdo con los requerimientos del consumidor” [4].

En la práctica, la logística sólo se ha enfocado a la mejora dentro de la empresa con actividades de aprovisionamiento dejando fuera las actividades hacia los clientes. En la actualidad existe la posibilidad de recuperar y aprovechar los productos o equipos que ya no son requeridos por éstos. Además la acentuada preocupación por el medio ambiente, demanda un proceso de recuperación o reciclaje de aquellos productos que ya le sean útiles al cliente, es aquí donde nace la logística inversa y es en esta parte donde se detectó un área de oportunidad para mejorar la forma de recolectar equipo y reducir costos de operación de una empresa que proporciona PHD.

II. LOGÍSTICA INVERSA Y SIX SIGMA

Como se mencionó en el párrafo anterior, la logística inversa nace de la necesidad de recuperar productos o materiales que los clientes ya no necesitan, esto es para recuperar valor o como un servicio de postventa, la intención principal es reusar sus productos [5][6][7]. La fig. 1, tomada de [7] y modificada, esquematiza este proceso.

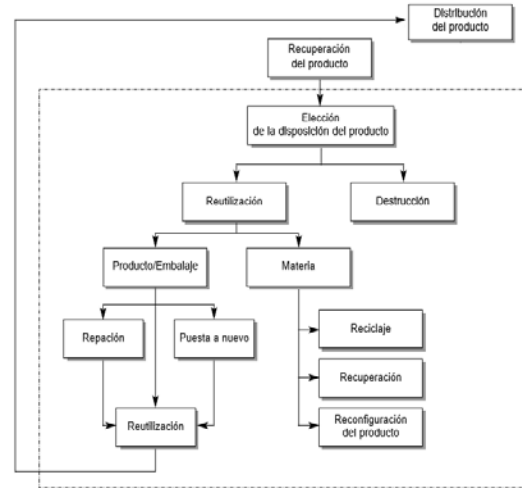


Fig. 1. Proceso de Logística Inversa de la recolección de un producto

Six Sigma (SS), que es una metodología sistemática para mejora de procesos, busca la maximización de la productividad. No sólo se orientan a reducir costos, también maximizan la eficiencia en los procesos así las empresas que implementen SS serán más competitivas en el mercado [8]. En los últimos 20 años, el SS fue eficaz en la eliminación de varias formas de desperdicios, incluyendo productos defectuosos, acciones innecesarias, actividades que no agregan valor al cliente, sobreproducción, tiempo de espera, conocidos como las 7 mudas entre otros desperdicios que en ocasiones no son fáciles de identificar [9] [10].

Además del impacto en el proceso de desperdicio, el método también busca contribuir a la reducción de su variabilidad, desde el uso de una estructura estándar para el desarrollo de proyectos divididos en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) Que tiene varias herramientas estadísticas en la realización de análisis de datos y toma de decisiones.

A. Metodología DMAIC

En SS los proyectos se despliegan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases conocida como DMAIC (en inglés Define, Measure, Analyze, Improve and Control): Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar su objetivo es reducir la variación de los procesos de fabricación y del negocio [11] [12] [13]. Este método surge en la industria automotriz y se

utiliza con éxito en la mejora de los procesos de acuerdo con el enfoque SS. DMAIC es el modelo compatible para nutrir los beneficios del concepto SS en sectores manufactureros, de servicios y no convencionales [14].

Las actividades en cada etapa se definen a continuación.

Definir, se seleccionan las variables de estudio para recolectar datos y crear indicadores que permitan hallar los errores.

Medir, permite un análisis estadístico de los datos para desplegar una hipótesis y luego ratificar la raíz del problema.

Analizar, en este paso se verifican los datos, las soluciones recomendadas y se resuelve el problema con una simulación que permita la implementación real.

Mejorar, comprueba que las soluciones han funcionado, comprobando los datos y patrones para evitar que el problema se repita.

Controlar, hace referencia a que cada líder del equipo determina el objetivo del proyecto y las posibles líneas a desarrollar.

B. Aplicaciones de la metodología DMAIC en otros ámbitos

Dentro de la industria han sido diversas las áreas en las cuales la metodología DMAIC ha sido aplicada con éxito, en este apartado exponemos 4 casos de su aplicación:

- Para el análisis y mejora del proceso de soldadura de clavijas en un enchufe que conecta un haz de cables a la placa de un controlador que es parte de la dirección de un automóvil de pasajeros. Durante un período de 30 semanas el número de defectos fluctuó en el rango de 4000 - 16000 PPM (Piezas Por Millón). El objetivo del proyecto era reducir el número de conexiones defectuosas al nivel de <3 000 PPM. Después de introducir los cambios en el proceso, el número de elementos defectuosos disminuyó y alcanzó el nivel objetivo <3 000 PPM. La variabilidad en el número de conexiones defectuosas a lo largo de una semana disminuyó; actualmente oscila entre 1 000 y 2 700 PPM. La industria donde se hizo este estudio fue una empresa de subensambles para el sector automotriz [15].

- Para reducir los defectos del producto dentro de una organización de fabricación de guantes de goma. El objetivo era confirmar si dos variables clave del proceso, la temperatura del horno y la velocidad del transportador, tuvieron un impacto en el número de defectos producidos, así como definir sus valores óptimos necesarios para reducir/eliminar los defectos. Al concluir el estudio, el análisis del empleo de SS y DMAIC indicó que la temperatura del horno y la velocidad del transportador influyeron en la cantidad de guantes defectuosos producidos. Después de optimizar estas dos variables de proceso, se logró una reducción del 50% en el defecto de los guantes "Fugaz", lo que ayudó a la organización a reducir sus defectos por millón de oportunidades de 195.095 a 83.750 y así mejorar su nivel sigma de 2.4 a 2.9 [16].

- En una empresa del ramo de la fundición aplica la metodología DMAIC para la fundición del hierro gris indio, el estudio se concentra en la planta de fundición de hierro gris, ya que ha estado operando con una muy alta tasa de rechazo (420%). La fundición de hierro gris produce casi todos los componentes de hierro fundido necesarios para un automóvil, que van desde la caja del embrague y la caja de cambios al bloque del cilindro del motor. Con el estudio se detectaron 4 factores críticos que afectaban el proceso [17].
- El autor de esta investigación, tiene como objetivo evaluar la propagación de la gripe aviaria, su impacto en las empresas que operan en los EE.UU. y en el extranjero, y las medidas necesarias para la preparación de las empresas. Aplicó las metodologías SS y DMAIC para analizar el impacto de la gripe aviaria y cómo una epidemia podría afectar a las grandes operaciones comerciales de los Estados Unidos en todo el mundo. Wal-Mart y Dell Computers fueron las empresas elegidas una se especializa en la venta al menudeo y la otra a la fabricación de equipo de cómputo. En su estudio concluyó que las empresas con operaciones globales deben adoptar y crear con urgencia planes de continuidad de negocios para combatir la

pérdida de mano de obra y la interrupción de la cadena de suministro [18]

III. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El proyecto surge derivado de un estudio que se realizó en la empresa del giro farmacéutico, esta empresa da servicio a toda la república mexicana, en el estudio se observó una fuerte inversión en equipo para diálisis derivada de un mal procedimiento de recolección. El equipo es propiedad de la empresa y no se vende, el paciente debe cumplir una serie de requisitos para poder ingresar al programa PHD. En el estudio se detectó que se habían “perdido” equipos causando un costo muy alto de varios miles de dólares. Esta pérdida fue causada principalmente por el tiempo excesivo en el proceso de recolección de los equipos, proceso que se realiza una vez que el paciente sale del programa PHD. Si la máquina no es recolectada en 3 visitas realizadas al domicilio del paciente durante un periodo de 90 días se declara como irrecuperable por el área de finanzas y se debe recurrir a la compra de equipos nuevos.

El análisis detectó las principales causas de las pérdidas de los equipos: el paciente cambia de domicilio y no notifica a la empresa, entregan el equipo a la institución de salud de la cual son derechohabientes, no se notifica la fecha de alta del paciente, el paciente fallece y los familiares donan o venden el equipo, cambio de números telefónicos del paciente y familiares. Este estudio mostró la necesidad por mejorar la rastreabilidad de los mismos y tomar las medidas necesarias para prevenir que el número de equipos perdidos siga creciendo, evitando un incremento potencial en el gasto financiero para abastecer el inventario de equipos médicos y que esto genere más clientes insatisfechos ya que día con día ingresan alrededor de 12 pacientes nuevos al sistema a nivel nacional, los cuales necesitan de estos equipos.

A. Costos del proceso

Hacer más eficiente el proceso de recolección de equipos era ya un objetivo de alta prioridad, debido a un fuerte impacto económico en la inversión de estos equipos médicos.

Cada equipo perdido (que no se recolectaba) se debía de reponer por uno nuevo, el costo del equipo está valorado en \$3,500.00 USD, (con un tipo de cambio de \$17.00 pesos por dólar equivale a \$59,500.00), el costo de transporte de cada equipo por visita era de \$270.00 pesos, en la mayoría de los casos se hacían hasta 6 visitas, tres más de las establecidas en los 90 días para tratar de recuperar un equipo, el costo de estas visitas era de \$1,620.00. Si el equipo no se recuperaba el costo por pérdida total ascendía a \$61,120.00 por equipo. Al final del año 1, no se recuperaron 806 equipos, lo que produjo una pérdida de \$2,897,811.80 USD.

IV. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Apoyándose en el marco teórico, se procedió al diseño e implementación de estrategias que ayuden a mitigar la pérdida de equipos y fortalezca el control de equipos médicos identificando y eliminando aquellos puntos críticos de la operación. Por tal motivo se consideró utilizar la metodología DMAIC en la cual se pueda tener una clara visión del problema, dándole un seguimiento correspondiente a cada actividad desbalanceada.

Etapas 1 Definir; para poder precisar la causa raíz del problema, se realizó un diagrama de Ishikawa [19] basado en las 6M (Maquinaria, Medio Ambiente, Material, Mano de Obra, Medición y Método) para tener una idea más clara del problema.

Etapas 2 Medir; se procede a identificar aquellas zonas en las que se tiene mayor concentración de pacientes, con este estudio se pretende detectar aquellos puntos en donde se debe de tener una eficiencia en el proceso de Logística Inversa, optimizando la planeación de las rutas y lograr tener una flotilla especializada para realizar la recolección de equipos.

Etapas 3 Analizar; con el fin de reducir los problemas detectados en el diagrama de Ishikawa, se hizo un mapeo de la operación describiendo las actividades correspondientes a cada área y haciendo una conexión más visible entre las mismas para así evitar que las áreas trabajen de

manera aislada. Dicho diagrama ayudará a que se concientice a los departamentos correspondientes de hacer su trabajo lo mejor posible puesto de eso dependen otras actividades subsecuentes.

Etapa 4 Implementar; para mejorar el proceso de recolección se contrató una línea transportista dedicada para el proceso en donde se programaran las fechas en las que se tienen que recolectar los equipos. A su vez para poder asegurar la correcta ejecución del proceso de recolecciones se hizo un plan de capacitaciones tales como buenas prácticas de documentación, 6's, instaurar requisitos de recolección de producto entregado al paciente, recepción de equipos en los centros de distribución, buenas prácticas de almacenaje entre otras. Se realizó un mapeo del proceso de logística Inversa, delimitando las actividades correspondientes a cada área, creando un nuevo plan de recolección del equipo, en donde se involucran las áreas pertinentes delimitando el tiempo en el cual se deben de realizar las actividades correspondientes

Etapa 5 Controlar; se implementó un control visual (Andon), el cual agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación utilizadas con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla, el estado de algún sistema o proceso. Esta ayuda visual permite saber el estatus de las máquinas, es decir saber si ya han sido recolectadas, cuantas visitas se le han hecho a cada paciente, la zona a la que pertenece, la fecha en la cual está retornando el equipo y además la fecha en la cual se le está entregando a la línea transportista. Para poder hacer más efectivo este indicador se contrató un recurso a nivel nacional, el cual da seguimiento a las recolecciones efectuadas, de manera diaria emite un reporte del sistema para saber qué pacientes se inactivaron por día, determinar las direcciones de los mismos y así poder programar una ruta de recolección semanal y que este no sea un motivo para atrasar el proceso de recuperación de equipos

V. RESULTADOS

Como resultado de la etapa 1 (Definir) realizado a través del diagrama de Ishikawa, el cual se

muestra en la fig. 2, se observaron las situaciones siguientes:



Fig. 2. Diagrama de Ishikawa realizado para el análisis de la recolección de equipos

Lo cual permite resumir que

- No se tiene un transporte dedicado para realizar la recolección de equipos, se realiza de manera eventual y con distintas líneas transportistas.
- De acuerdo a datos históricos, no está definido el tiempo en el cual se debe dar un reporte del sistema de manera periódica que indique la cantidad de equipos a recolectar para establecer un programa y enviarlo a la línea transportista que realiza la recolección de equipos.
- No hay una delimitación de actividades a realizar en las áreas que afectan la recolección: atención a pacientes, distribución, centro de servicio, clínica, jurídico y comercialización, lo que impide definir los tiempos que requieren para concluir el proceso.
- Los Recolectores del equipo no se encuentran capacitados de una manera óptima para realizar su proceso, no siguen el procedimiento.

De la etapa 2 (Medir), se logró determinar mediante un diagrama de Pareto aquellas sucursales que abastecen a un mayor número de pacientes. Una vez detectadas las sucursales, se observó un porcentaje de efectividad del 75 % en la recolección, lo cual demuestra que no se está teniendo un proceso óptimo puesto que el porcentaje de eficiencia debería de ser del 100%.

Al aplicar la metodología de Logística Inversa se pretende mejorar dicho proceso y a su vez tener

un mayor control de las transacciones que se están generando y los que se están recolectando en cada zona, sabiendo el estatus en el que se encuentran todas y cada una de ellas, teniendo una rastreabilidad del proceso más precisa.

El mapeo de las operaciones obtenido de la etapa 3 (Analizar) se presenta en la fig. 3.

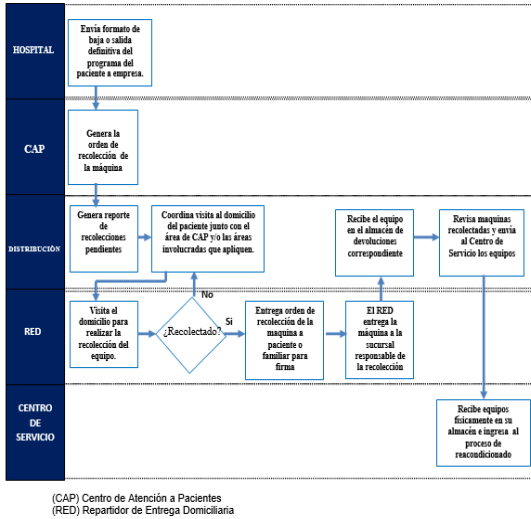


Fig. 3. Mapeo de Operaciones de la recolección de equipos

Al implementar la mejora, etapa 4, derivado del mapeo del proceso de logística inversa se delimitaron las actividades correspondientes a cada área creando un nuevo plan de recolección de máquinas, en donde se involucran las áreas pertinentes delimitando el tiempo en el cual se deben de realizar las actividades correspondientes. Lo anterior permitió optimizar el tiempo, el cual se redujo en un 70%. Anteriormente este proceso se llevaba a cabo en alrededor de 90 días y con este nuevo plan solamente se hace en un máximo de 15 días para pacientes locales y en 27 días para pacientes foráneos.

La ayuda visual (etapa 5, Controlar), permitió controlar el proceso logrando cumplir en el tiempo programado las recolecciones que se tenían identificadas en el proceso de logística inversa.

Analizando los datos obtenidos en el año 1 de la recolección de los equipos, se refleja una mala rastreabilidad del proceso, como se muestra en la fig. 4 los datos arrojados en un periodo de Junio Octubre del mismo año 1 muestran una

efectividad del 72.3% y del periodo de Febrero a Mayo del año 2, cuando se aplicó la mejora, se logró una efectividad del 96.6%.

El tiempo de recolección da un plazo de 5 días para pacientes locales y 9 días para pacientes foráneos después de la inactivación del paciente, logrando así disminuir la variabilidad que se tenía al momento de recolección.

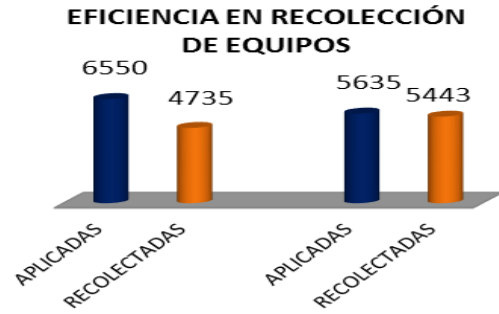
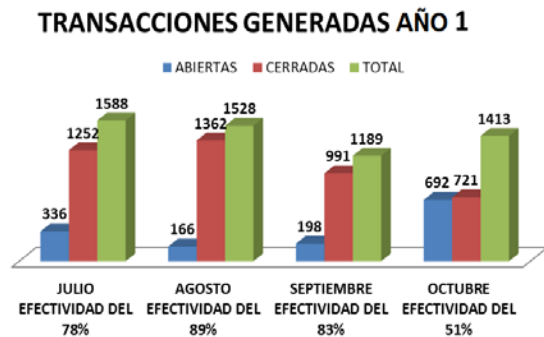


Fig. 4. Diagrama comparativo de eficiencia año 1 y 2

Después de haber optimizado el proceso de recolección de los equipos se realizó, como se observa en la fig. 5, una muestra poblacional de un periodo de Julio-Octubre del año1 para poder compararlos con el mismo periodo del año 2 y así ver los resultados por mes de las actividades generadas.

Observando ambas gráficas se puede identificar el avance obtenido, en el año 2 se generó casi la misma cantidad de transacciones pero se cumplió en promedio con un 96% de recolecciones, mientras que en el año 1 se tuvo en promedio 75% de recolecciones, dando un aumento en la optimización del proceso del 21%.



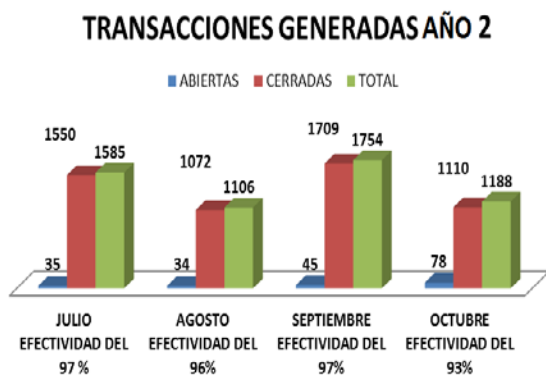


Fig. 5. Gráficas comparativas de eficiencia en año 1 y año 2 de la recolección de equipos

VI. CONCLUSIONES

La Logística Inversa apoyada con la metodología DMAIC de Seis Sigma, es una herramienta que ayudó a mejorar los procesos de recuperación de productos. Después de hacer una evaluación entre los periodos de Julio-Octubre de los años 1 y 2, se demostró que después de haber aplicado dicha metodología se tuvo un nivel de efectividad del 96% aumentando un 21% en comparación con los datos obtenidos del año 1.

La optimización del proceso de recolección, se debió a un arduo trabajo en la revisión del proceso con la ayuda del personal administrativo, lográndose llegar a los objetivos planteados desde el inicio del proyecto:

- Identificar y delimitar el proceso de recolección de equipos.
- El tener unidades dedicadas para el proceso de recuperación de equipos.
- Asignar un recurso a nivel nacional que le dé seguimiento a las transacciones generadas, y administrar el estatus de las mismas.
- Trabajar en conjunto con las áreas interrelacionadas tales como Servicio a Clientes, Clínica, Finanzas, Jurídico, logrando que las actividades se realicen

de manera coordinada y tener una comunicación efectiva entre las mismas.

- Se cumplió con la estructuración de un plan de capacitaciones para el personal operativo y administrativo el cual se llevara de manera anual. Se reafirma la importancia que el personal operativo tiene al momento de recolectar los equipos, lo cual debe realizarse de la forma más efectiva.

Se tuvo un ahorro de más de \$1,000,000 USD ya que se recuperaron 311 equipos más (a \$3595.30 USD cada uno) que en el año “1”, dejando solo para el año “2” pendientes por recolectar 295, de los cuales durante la realización de este proyecto no se consideraron como irrecuperables debido a que aún no se terminaba el ciclo para esta recuperación. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo fue alcanzado satisfactoriamente.

REFERENCIAS

- [1] Dantés, Octavio Gómez, Sesma, Sergio, Becerril, Victor M., Knaul, Felicia M., Arreola, Héctor, & Frenk, Julio. (2011). Sistema de salud de México. Salud Pública de México, 53(Supl. 2), s220-s232. Recuperado en 19 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800017&lng=es&tlng=es
- [2] Vigo, D., & Toth, P. Vehicle Routing Problems, Methods and Applications. Philadelphia, USA: MOS-SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics) Series on Optimization, 2014.
- [3] Villaseñor Contreras, A., Galindo, E., & Alberto Villaseñor, E. G. C. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing (No. Sirsi) i9789681869663), 2007.
- [4] Jiménez Sánchez, J. E., & Hernández García, S. Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico. Publicación técnica, (215), 2002.

- [5] Badenes, R. F. O. La Logística Inversa: Concepto y Definición, 2015.
- [6] Brito, M.P, & Dekker, R. (2002). Reverse logistics - a framework (No. EI 2002-38). Econometric Institute Research Papers. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1765/543>
- [7] Vázquez, J. F. Logística inversa. Boletín de Información, (307), 142-155, 2008.
- [8] Mani, G. M., & de Pádua, F. S. M. LEAN SEIS SIGMA. Revista Interface Tecnológica, 5(1), 12, 2008.
- [9] Galdino de F. J., and Gomes C. H, Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A systematic literature review on Scopus base, International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 8 Issue: 1, pp.89-108, 2017. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0039>
- [10] Menéndez, G. Los 7 mudas: ¿Sabes cuáles son los 7 desperdicios de las empresas. Recuperado el 13 (2014).
- [11] Pulido, G., & Salazar, H. Control estadístico de calidad y seis sigma. McGraw-Hill, 2004.
- [12] Krzemień E., Wolniak R. Analysis of process of constant improvement of six sigma. In: Current trends in commodity science. Zieliński R. (ed.). The Poznań University of Economics Publishing House, pp. 227-232, 2007.
- [13] Wojtaszak M., Biały W. Measurement system analysis of attribute or continuous data, as a one of the first steps in Lean Six Sigma projects. In: Systems supporting production engineering. Kaźmierczak J. (ed.). PA NOVA, pp. 144-162, 2013.
- [14] Srinivasan, K., et al. "Six Sigma through DMAIC phases: a literature review." International Journal of Productivity and Quality Management 17.2 pp. 236-257, (2016).
- [15] Zasadzień, Michał. "Optimization of the soldering process by the DMAIC methodology." *Production Engineering Archives* 11 (2016).
- [16] Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V. and Lim, M.K. 'A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process', International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5, No. 1, pp.2-21, 2014.
- [17] Ghosh, S. and Maiti, J. Data mining driven DMAIC framework for improving foundry quality – a case study, Production Planning and Control, Vol. 25, No. 6, pp.478-493, 2014.
- [18] Kumar, S. Planning for avian flu disruptions on global operations: a DMAIC case study, International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 25, No. 3, pp.197-215, 2012.
- [19] Midor, K. An analysis of the causes of product defects using quality management tools. Management Systems in Production Engineering. No 4(16), pp. 162-167, 2014.