Modelo para reciclado de aceite lubricante usado, basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta

A model for recycling of used lubricating oil based on the NAV-ALU and lean manufacturing techniques

Manzanarez Jiménez Lucía Araceli*,*
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación-UPIICSA,
Instituto Politécnico Nacional, México
ingenieria_kaizen@hotmail.com

Recibido 01, abril, 2016 Aceptado 30, mayo, 2017

Resumen

El estudio contiene el diseño y validación de un modelo de reciclado de aceite lubricante usado. El diseño contiene lineamientos de la normatividad ambiental como estrategia de reducción en la fuente; técnicas de manufactura esbelta como estrategia operativa integradas por mapeo de la cadena de valor, 5Ss, estandarización y una técnica de manejo en el cambio de aceite. La validación se realizó en cinco generadores comerciales y cinco generadores domiciliarios. Los resultados obtenidos indican que es posible obtener un material en condiciones óptimas para su recuperación e integración a las cadenas productivas.

Palabras clave: Aceite lubricante usado, reciclado de residuos, normatividad, manufactura esbelta

Abstract

The study contains the design and validation of a model recycling of used lubricating oil. The design contains guidelines of environmental regulations as a strategy for source reduction and lean manufacturing techniques as an operational strategy; integrated by mapping the value chain, 5S, standardization and handling technique in changing oil. Model validation was performed in five commercial generators five residential generators. The results show that it is possible to obtain a material in optimal conditions for recovery and integration into productive chains.

Keywords: Used lubricating oil, waste recycling, standards, lean manufacturing

INTRODUCCIÓN

El propósito de reciclar Aceite Lubricante Usado (ALU) es integrarlo de nuevo a las cadenas productivas. El reciclado de este material ofrece beneficios ambientales tales como ahorro de energía, reducción del impacto en el ambiente y la salud de las personas, así como la conservación de un recurso no renovable, en gran parte debido a su ciclo de vida indefinido (Dalla, Giovana 2011; Baderna et al. 2011; Wiley et al. 2007). De acuerdo a los beneficios anteriores el ALU es una de las principales materias primas en la industria del reciclado (Selvi et al. 2013), constituye un recurso factible y viable de ser gestionado por dos razones principales, la primera obedece a su procedencia de residuo proveniente de la mayoría de los sectores industriales básicos, incluyendo transportes terrestres, marítimos y aéreos, y la segunda es en referencia a las tecnologías existentes para su regeneración.

La gestión de los residuos traducida en estrategias de protección ambiental inicia con el devenir de la era industrial. La década de 1950 y anteriores, se caracterizaron por la diseminación e integración de los

*Autor corresponsal

diferentes tipos de residuos a un ambiente que parecía capaz de transigir a cualquier tipo de agresión (Huisingh, 2000); pero a partir de 1960 y hasta nuestros días, las políticas gubernamentales han estado estableciendo medidas de control sobre residuos en respuesta al crecimiento de la industria y el agotamiento de los recursos naturales; tal es el caso de la estrategia end-of-the-pipe (tecnologías de etapa final); para reducir el contenido tóxico de emisiones al medio ambiente y los desechos (Florida, 1996), estrategia que ha resultado inoperante debido a que aplica la solución cuando el residuo ya está formado. En la década de 1970 surge la producción más limpia y con ello la estrategia de reducción en la fuente, centrándose en el análisis del problema directamente en la fuente (Huisingh, 2000), controlando los materiales utilizados, separando cuidadosamente los residuos resultantes y aplicando un sistema de reciclado de acuerdo con las características del residuo (UNEP, 2013).

Reducir en la fuente es una estrategia de la cual se obtienen mayores beneficios ambientales si se aplica en conjunto con la manufactura esbelta (Murugesan et al. 2012), debido a que su gestión implica el involucramiento de técnicas y métodos comprendidos por todos los miembros de la organización (Huisingh, 2000), de esta manera la aplicación de las técnicas de manufactura esbelta traen consigo menor consumo de recursos (Shingo, 1989), menor generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, y por lo tanto una reducción de emisiones al aire, agua y suelo, así como la disminución de riesgo en la salud de las personas y el ambiente (Roosen & Pons 2013).

La relación entre la manufactura esbelta y el desempeño ambiental de las empresas muestra una fuerte tendencia en la reducción de residuos (Helper et al. 1997), en parte a que cuanto más se comprometa la organización con la manufactura esbelta, más fácilmente llegará a adoptar un sistema de gerenciamiento ambiental formal; por lo tanto generará menos residuos en la fuente y buscará menos soluciones de tratamiento y disposición final; obteniendo un menor impacto ambiental (King & Lenox 2001). De acuerdo con lo anterior, la EPA sugiere que la manufactura esbelta origina una cultura operacional en la protección al ambiente que conduce altamente a la reducción de residuos y prevención de la contaminación e incluso guía a las organizaciones hacia el mejoramiento ambiental (EPA, 2007).

De las técnicas de manufactura esbelta más utilizadas en la gestión de residuos se encuentra el mapeo de la cadena de valor, (VSM), misma que identifica el estado actual y futuro del proceso (Rother et al. 2008). Tiene como meta determinar todas las acciones productivas y detectar donde se producen los mayores desperdicios y/o residuos del proceso con el objetivo de implementar acciones correctivas (Abdulmalek & Rajgopal 2007). Algunos de los principales puntos fuertes de VSM son; (a) identifica fácilmente los desperdicios y/o residuos de la corriente de valor; (b) permite a las organizaciones guiar y visualizar información de futuro y de flujo de materiales con mejoras iterativas en los procesos; (c) los mapas no solo permiten ubicar el desperdicio y/o residuo, sino conocer el origen y la causa fundamental que debe examinarse; (d) proporcionan análisis simple y objetivo de sistemas complejos (Gurumurthy & Kodali 2011). La EPA utiliza la VSM como un medio de exploración en la identificación de residuos ambientales, mediante un conjunto de herramientas que describen vínculos entre los “siete” desperdicios de la manufactura esbelta y los residuos ambientales de las organizaciones (EPA, 2007). En Brasil se empleó el conjunto de herramientas de la EPA para identificar los residuos, como una metodología modificada en VSM ambiental (E.VSM), en la industria de fabricación de alcohol y azúcar (Silveira & Gati 2009).

Como base en todo proyecto de eliminación de residuos, la técnica 5Ss es una de las herramientas más utilizadas de la manufactura esbelta, debido a que simplifica los procedimientos del sistema de trabajo, facilita el mantenimiento de estándares, disminuye las actividades que no agregan valor y la generación de residuos, se mejora la calidad, eficiencia y seguridad (Ghodrati & Zulkifli 2012). Es una de las técnicas más eficaces de control, la cual al menos reduce o evita totalmente diferentes tipos de contaminaciones (Sharma & Singh 2015). A menudo las 5Ss se entienden como una estrategia simple para limpiar el lugar de trabajo, pero puede ser una potente aplicación para el desarrollo de un negocio de éxito o para la

implementación de un nuevo estándar de prácticas laborales (Van Patten, 2006). Empresas como Samsonite en Asia del Sur, aplicaron 5Ss en el piso de trabajo con un resultado en el incremento de productividad, ahorro de tiempo en las operaciones, reducción de inventario, eliminación de desperdicio, disponibilidad de espacio y un notable incremento en la moral de los trabajadores así como mejor comunicación entre los niveles operativo y administrativo (Deshpande et al. 2015). En el Reino Unido, existen 205 empresas de fabricación, 106 de servicios y 16 principales empresas de Japón que tienen como técnica base de operaciones las 5Ss (Ab Rahman et al. 2010).

Una técnica básica en la mejora de las operaciones es la definición de un estándar, el cual se traduce en la manera correcta, adecuada y eficaz de realizar el trabajo (Miller et al. 2010). Los estándares representan la mejor, más fácil y más segura forma de realizar las operaciones, preservan el conocimiento y la experiencia, suministran una manera de medir el desempeño, muestran la relación causa y efecto, son la base del mejoramiento y mantenimiento, suministran objetivos e indican metas de entrenamiento, proporcionan una base para entrenamiento, crean una base de auditorías y diagnóstico, proveen un medio para evitar la recurrencia de errores y minimizar la variabilidad (Imai, 1997). En la implementación de un método de trabajo, los estándares son aplicados para la realización eficiente de las operaciones y son la base documentada en la forma de realizar el trabajo (Niebel, 2007). Los estándares operacionales aseguran que el proceso sea más seguro y fácil para los trabajadores y la manera más productiva y efectiva para la empresa en cuanto a costos con el fin de asegurar un bien para el cliente (Nahmias, 2014). La utilidad de documentar los estándares operacionales es vista como una transferencia del trabajo del hombre a las máquinas, (Shingo, 1989). Una vez que los estándares actuales se aplican y que los trabajadores hacen su trabajo de acuerdo a los estándares documentados y sin anormalidades, el sistema está bajo control y la acción a seguir es mejorar los estándares establecidos (Imai, 1997), con base en los resultados obtenidos. De acuerdo con lo anterior la manufactura esbelta con estrategias de reducción en la fuente, persiguen el objetivo de reducir de manera eficiente el consumo en materia prima y por ende reducir considerablemente la generación de residuos al ambiente.

OBJETIVOS

Diseñar y validar un modelo de reciclado de ALU, que contribuya a la recolección del material directamente en la fuente, evitando su mezcla con otros residuos o su diseminación de manera incontrolada al ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

1 Esquema del modelo de reciclado de aceite lubricante usado. El diseño del modelo se planeó en base con la NAV-ALU aplicada en la Unión Europea por la Directiva 75/439/CEE, relativa a la gestión de aceites usados (EUR-Lex, 1975). En los Estados Unidos por el Código de Regulaciones Federales parte 279 (CFR, 2012) y en México por la Ley General para la Gestión y Prevención Integral de los Residuos (Semarnat, 2003). La figura1 presenta el modelo propuesto.

2 Validación. El modelo se validó en cinco generadores de establecimientos comerciales (GC) y cinco generadores domiciliarios (GD). La elección se realizó con base en los siguientes criterios (los generadores fueron organizados de acuerdo a la Tabla 1.):

i. Generar aceite lubricante usado de motores de combustión Interna.

ii. Viabilidad de aplicar la NAV-ALU en el orden del interés público.

3 Implementación, ésta se realizó en tres fases, organizadas de acuerdo con las técnicas aplicadas:

- **Fase I.** Mapeo de la cadena de valor; recolección y análisis de la información.
- **Fase II.** Técnica 5Ss y de manejo de cambio de aceite lubricante; implementación de mejoras.
- **Fase III.** Técnica de estandarización; resultados y aplicación de acciones correctivas.

Figura 1 Modelo de reciclado de ALU.

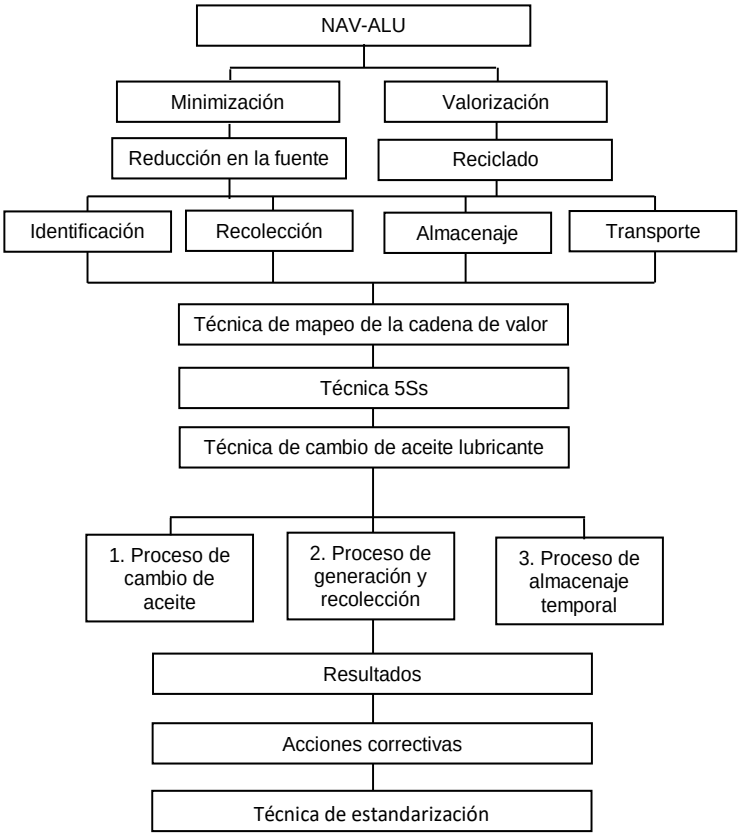

Tabla 1. Clasificación de generadores.

Generador	Clasificación	Lugar de generación
Comercial	GC1	Taller mecánico automotriz
	GC2	Taller mecánico automotriz
	GC3	Taller mecánico automotriz industrial agrícola
	GC4	Empresa de servicio de cambio de aceite
	GC5	Empresa constructora con estación de recambio de aceite lubricante
Domiciliario	GD1	Domicilio
	GD2	Domicilio
	GD3	Domicilio
	GD4	Domicilio
	GD5	Domicilio

Fase I. Mapeo de la cadena de valor

La aplicación del modelo inició con el diagnóstico del manejo actual del residuo en el lugar de generación. Se empleó; a) hoja de verificación, para construir el inventario de datos de la situación presente; donde el generador anotó datos referentes al número de cambios de aceite, aplicación de procedimientos, uso de equipo de protección, entre otros, y b) mapeo de la cadena de valor; para reunir información del estado actual del sistema de los procesos principales de 1) cambio de aceite lubricante, 2) generación y recolección de ALU y 3) almacenamiento temporal.

En el análisis de la información se integró la información reunida en el cuestionario y el mapeo de la cadena de valor, utilizando una gráfica de porcentajes, registrando las fallas detectadas de la siguiente manera; (a) goteos en el manejo de los ALU, (b) derrames en contenedor primario y contenedor secundario (c) fugas en contenedor primario y contenedor secundario, (d) mezcla del residuo de ALU con

otras sustancias, (e) vertidos inadecuados del residuo, (f) envases y embalajes que hallan contenido aceite lubricante fuera de su contendor (g) contenedores en mal estado (fisuras, falta de tapadera, entre otros), (h) contenedores fuera del lugar especificado para su manejo, (i) manchas persistes de ALU, (j) estopas, (k) herramientas, materiales y equipo en estado desordenado. Los resultados se muestran en la figura 2.

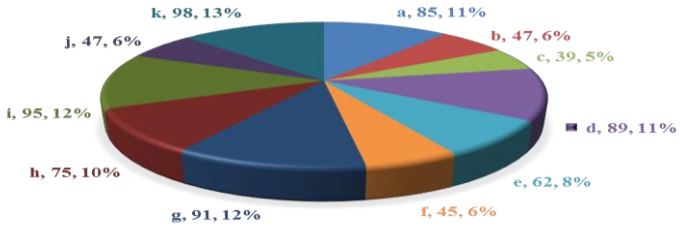

Figura 2. Clasificación y caracterización del tipo de fallas detectadas en el manejo de ALU.

Del análisis de la información se encontró que las fallas presentaban un índice de incidencia en los procesos 1, 2 y 3 por igual, ya que en el mapeo de la cadena de valor se observó que los tres procesos funcionan de manera integral en el manejo del residuo; de estas fallas encontradas, el análisis detecto un manejo inadecuado en cuanto a (a) goteos, (d) mezcla del residuo de ALU con otras sustancias, (f) manejo inadecuado de envases, embalajes y contenedores, (i) manchas persistentes de ALU y otras sustancias no identificadas en el piso y suelo, así como (k) en estado desordenado.

Fase II. Técnica 5Ss y técnica de manejo de cambio de aceite lubricante

Con los resultados del análisis, se propuso la aplicación de la técnica 5Ss con el objetivo organizar herramientas, materiales y equipo, lograr arreglo óptimo de las condiciones en el lugar de generación y mejorar los procesos (1, 2, 3), de esta manera reducir las fallas detectadas. La aplicación de la técnica 5Ss se planteó en tres pasos:

1. El primer paso fue la limpieza completa de los lugares con manchas persistentes de ALU, con atención especial en el lugar donde se practica directamente el drenado de ALU y su área circundante, consistente en un área que tiende a reunir polvo, sustancias de los diferentes sistemas de los automóviles y el residuo de ALU. Posteriormente se reunieron los contenedores, se evaluó su permanencia en los procesos y se determinó cuales se tendrían que cambiar por otros en mejores condiciones de operación. Los contenedores que no se descartaron para su uso permanente en las instalaciones, fueron adaptados a un uso eficiente mediante lavado completo y rotulado legible.
2. El segundo paso consistió en reunir el equipo de protección personal y las herramientas existentes en el lugar. De nueva cuenta se inició una evolución de las condiciones físicas y mecánicas de este tipo de material. Descartando las herramientas que ya no cumplían con las necesidades de operación eficiente, así como el equipo de protección personal. Una vez hecha la clasificación de material necesario, se colocaron en bandejas clasificadas por tipo de llave a utilizar en los modelos de automóvil, así como charolas para materiales impregnados de ALU. Teniendo ya los recipientes con las herramientas clasificadas, se adaptó una mesa de 50 cm de altura por 60 x 50 de base, a la que se agregaron entrepaños en la parte posterior para colocar materiales diversos y herramientas necesarias en los procesos a desempeñar. Al mismo tiempo se adaptó ruedas y embragues en la parte fija al piso. De las adaptaciones que se realizaron a la mesa, resulto un “gabinete de servicio de cambio de aceite” que forma parte integral en el servicio de cambio de aceite.
3. En el último paso se inició la delimitación de las áreas del lugar de acuerdo a la infraestructura del lugar, ya contando con la limpieza completa del lugar y la organización de herramientas, equipo y materiales. Se empleó cinta para delinear la raya de 2 cm de ancho que marcó los lugares de

operación, es decir se delimito un lugar para cada estación de trabajo, y además se marcaron las áreas de tráfico libre.

Los pasos descritos recientemente aseguraron el comienzo de un manejo adecuado del residuo en los procesos principales (1, 2, 3); redujeron el tiempo de exposición al residuo y los goteos, debido a que las herramientas, el equipo de protección personal y los materiales se ubicaron en localizaciones fijas en referencia con los procesos correspondientes. De igual manera el hecho de evaluar los contenedores evito que se produjeran derrames del residuo al piso, así como la adaptación de tapaderas y rotulado, de los mismos, evito la mezcla del residuo con otro tipo de sustancias en el lugar. Por otra parte, la delimitación de las áreas de operación asegura que los tres procesos principales se efectúen en el lugar indicado para ello, lo que hace más eficiente el uso de las instalaciones al evitar colocar en lugares no indicados las diferentes herramientas, equipos y materiales que intervienen en las operaciones de dichos procesos.

Después de aplicar la técnica 5Ss, se adaptó la técnica propuesta en el manejo de cambio de aceite lubricante. En su elaboración se implementó el estudio de los movimientos y los procedimientos necesarios en los tres procesos que intervienen en la generación del ALU. Se adoptó el método propuesto por la EPA “How To Setup A Local Program To Recycle Used Oil” (EPA, 1989), adecuándolo a las condiciones de operación de los procesos principales. La validación de la técnica obtenida se logró repitiendo los pasos propuestos mediante veinte servicios de cambio de aceite en el lugar de generación, las herramientas, equipo, materiales e instalaciones adecuadas.

La técnica propuesta se integró de la siguiente manera:

I. Proceso de cambio de aceite; integrado por los movimientos referentes al drenado de ALU del cárter y el vertido del aceite lubricante al motor. Básicamente inicia con la entrada del vehículo a las instalaciones, las maniobras de bloqueo de la dirección, para posteriormente desatornillar la mariposa del cárter y recolectar el ALU. Cerrar la mariposa nuevamente y trasladarse a la parte frontal del automóvil donde se ubica el depósito para aceite lubricante, retirar el tapón y verte el nuevo líquido.

II. Proceso de generación y recolección; inicia con la colocación del contenedor primario para la captación de ALU y retiro del mismo hacia la parte frontal del vehículo. Después de completadas las operaciones se traslada al contenedor secundario, para retornar ya vacío a su lugar asignado.

III. Proceso de almacenamiento temporal; lo integra el depósito del residuo de ALU procedente del contenedor primario al contenedor secundario. Se asegura de que llegue en condiciones óptimas a la espera del tratamiento y disposición adecuados.

De acuerdo con los procesos, la clave para lograr un manejo adecuado del residuo es la integración simultánea de los mismos, porque:

1. Reduce el tiempo de exposición al residuo;
2. Evita que se mezcle con otras sustancias;
3. Al aplicar los movimientos adecuados se reduce o elimina el goteo y derrames accidentales;
4. Se asegura una recolección eficiente;
5. Proporciona seguridad y salud al generador en el lugar de generación.

Considerando los beneficios mencionados anteriormente, la aplicación de la técnica propuesta colaboró directamente en la reducción o eliminación de las fallas a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, detectadas en el mapeo de la cadena de valor. La figura 3 muestra el esquema de la técnica propuesta.

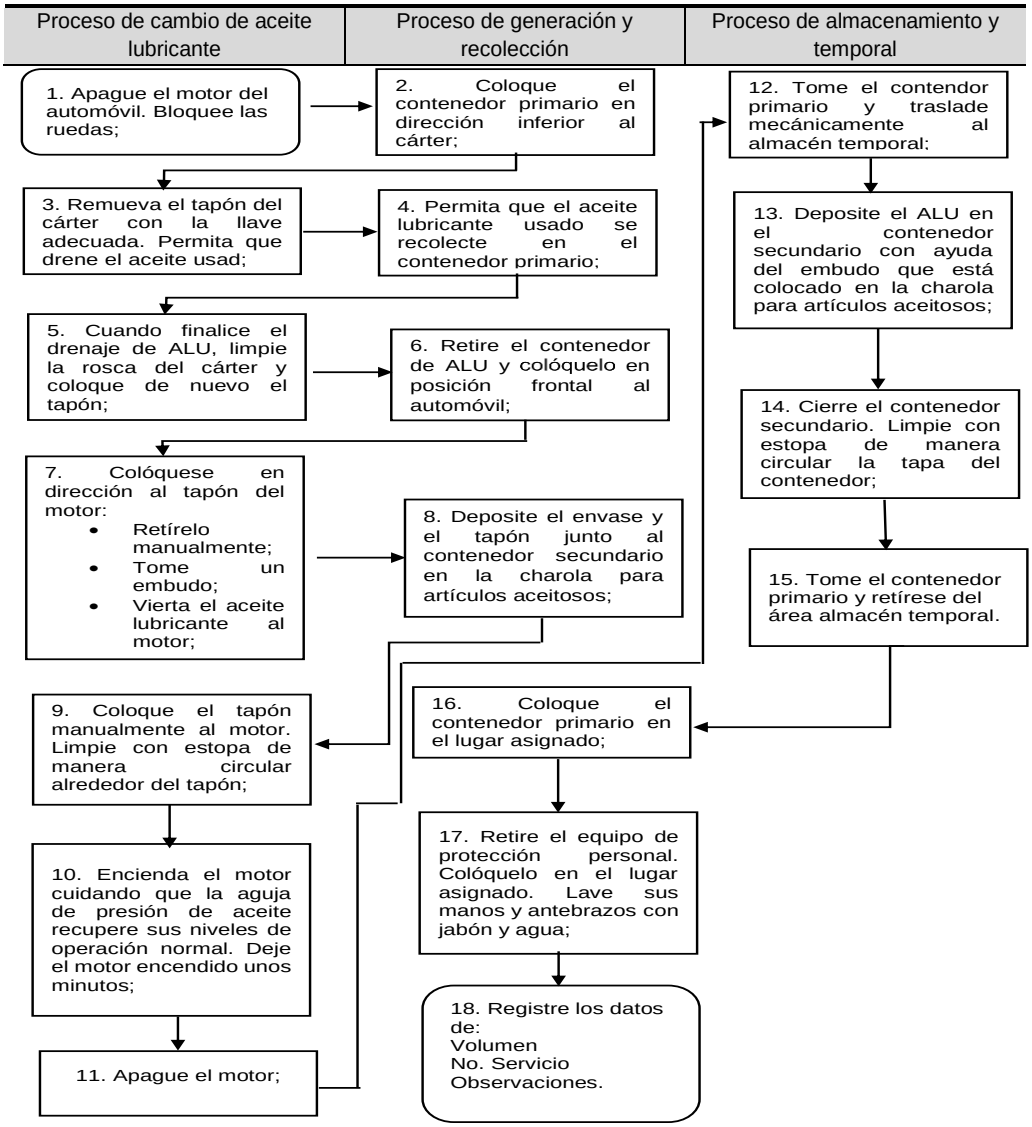

Figura 3. Técnica de manejo de cambio de aceite lubricante.

Fase III. Técnica de estandarización

Retomando las estrategias de “reducción en la fuente” y “recolección”, así como las fallas detectadas en el mapeo de la cadena de valor, se establecieron los siguientes estándares de desempeño en el lugar de generación, mismos que se lograron reducir o eliminar con base en la aplicación del programa 5Ss y la técnica de manejo en el cambio de aceite lubricante:

a. Minimización de goteos en el manejo del ALU;

b. Minimización de derrames en el contenedor primario y secundario;

c. Minimización de fugas en el contenedor primario y secundario;

d. Minimización de mezcla del residuo de ALU con otras sustancias;

e. Minimización de vertidos inadecuados del residuo;

f. Minimización de envases, embalajes y tapones que hallan contenido aceite lubricante fuera del contenedor asignado;

g. Minimización de contenedores en mal estado (fisuras, falta de tapadera, entre otros);

h. Minimización de contenedores fuera del lugar especificado para su manipulación;

i. Minimización de manchas persistes de ALU en piso o suelo;

j. Minimización de material olefilico impregnado de ALU;

k. Minimización de herramientas, materiales y equipo en estado desordenado.

Los estándares detectados por medio de la aplicación de la cadena de valor, y establecidos de acuerdo con la aplicación del plan de manejo fueron tratados cuidadosamente mediante la distinción de dos etapas críticas en la gestión del residuo:

1. Etapa de mantenimiento: donde se mantuvo la operación de los estándares (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) con base en la aplicación de las técnicas de manufactura esbelta propuestas.
2. Etapa de mejoramiento: en esta etapa se apoyó la primera con el fin de mantener los procesos (1, 2, 3) en condiciones de operación satisfactoria, sumando aportaciones operacionales de mejora de manera gradual conforme a la práctica.

De acuerdo con las etapas descritas, los generadores hicieron el trabajo conforme con las técnicas establecidas, reduciendo los fallos detectados en el mapeo de la cadena de valor. Se procedió a estandarizar los métodos y técnicas propuestas, de manera integral mediante los ciclos estandarizar-hacer-verificar-actuar (SDCA) y planear-hacer-verificar-actuar (PDCA), en ambos ciclos la etapa final "actuar" se refiere a estandarizar y estabilizar las actividades desempeñadas en los procesos principales (1, 2, 3).

El desarrollo de la implementación tuvo una duración de cuatro semanas. A continuación, se muestran los resultados.

RESULTADOS Y HALLAZGOS

En la obtención del diagnóstico de la situación actual los Generadores Comerciales (GC) y Generadores Domiciliarios GD proporcionaron información en el manejo del residuo de ALU, de acuerdo al cuestionario base, sin presentar dificultad durante el proceso. En relación con la aplicación del mapeo de la cadena de valor, ambas categorías lograron un resultado positivo al realizar el recorrido en el lugar de generación, detectando los lugares donde se concentra la mayor parte de goteos, fugas, derrames y vertidos inadecuados entre los procesos 1) cambio de aceite, 2) generación y recolección y 3) almacenamiento temporal.

En relación con la técnica propuesta para el manejo de cambio de aceite, los GC1, GC2, GC3, GD1, GD2, GD3, GD4 y GD5 mostraron un grado de dificultad más alto en la aplicación de las implementaciones. Existieron problemas al momento de aplicar los procedimientos referentes a los métodos propuestos mediante 1) técnica de manejo de cambio de aceite, debido al patrón habitual de realizar el cambio de aceite de manera empírica, mostrando rechazo hacía los pasos documentados. Se necesitó un promedio de ocho cambios de aceite lubricante tomando en cuenta todos los procesos que lo integran, así como la instrucción y guía permanente del coordinador para lograr que técnicos y generadores domiciliarios aplicarán de manera efectiva los pasos documentados en los esquemas.

Por lo contrario, los generadores GC4 y GC5 lograron integrarse de manera rápida a la técnica propuesta, sin complicaciones. De principio los técnicos encontraron similitud entre los procedimientos aplicados de manera normal en sus procesos. En el transcurso de la aplicación mostraron la efectividad de los pasos documentados en los esquemas, sobre las operaciones habituales en 1) reducción del tiempo de servicio, 2) eliminación de goteo y derrames al momento de recolectar el ALU en los

contenedores, 3) disminución de vertidos inadecuados mediante el chequeo de etiquetas en los contenedores, 4) simplificación del proceso en general y 5) aumento en la moral debido a la capacitación recibida.

En el proceso de generación y recolección, ambas categorías mostraron resultados positivos, con una ligera variante en los GC1, GC2 y GC3, quienes presentaron dificultad al momento de recolectar el residuo, debido a la resistencia presentada hacia la aplicación de esquemas, como consecuencia de la forma de realizar los procesos implicados en el manejo de ALU.

En el almacenamiento temporal los GD presentaron dificultad en relación con el traslado al almacén temporal. De acuerdo con el seguimiento del modelo, una vez que se genera el residuo en sus domicilios debe ser trasladado al contenedor secundario que se localiza en las instalaciones del servicio de limpia, lo que representa para este tipo de generador una actividad que ocupa tiempo extra que no están dispuestos a emplear en el logro del cometido. Por lo contrario, los GC lograron efectuar un almacenamiento temporal de manera satisfactoria con lo programado.

En el tratamiento y disposición final, la integración de los GC fue satisfactoria, así como en los GD. En cuanto a la aplicación efectiva se encontró que presentan dificultad para gestionar de manera interna de forma viable los ALU. Una vez que el proceso de almacenamiento temporal se cumple, el generador se encontró ante la dificultad de tener un residuo peligroso almacenado, que no debe exceder los seis meses en el lugar, pero que debido a: 1) falta de sistemas organizados de recuperación de residuos reciclados en la localidad, 2) dificultades en el volumen de generación para justificar los costos de recuperación, 3) ausencia de “planes de reciclaje” por parte de la autoridad ambiental y 4) la falta de tecnologías específicas de reciclaje, se convierte en un problema adyacente, tratado con la opción más viable hasta el momento, entregarlo a la planta recicladora del Estado, dejando un campo de acción tecnológico sin aplicar y terminando con la oportunidad de aprovechamiento por parte del generador, aunado a un aumento de riesgo en el traslado hacia la planta.

En el desempeño del diagnóstico los diez generadores se integraron de manera eficiente aplicando la técnica de mapeo de la cadena de valor al inicio de la implementación del modelo y al final del mismo. En un principio se obtuvo de manera gráfica la ubicación de los tres procesos principales, se verificó los lugares donde se generan la mayor parte de goteos, derrames, fugas, vestidos y mezclas de ALU, así como los lugares donde se forman vertederos inadecuados de envases, embalajes, tapones, estopas y empaques provenientes del uso de materiales empleados en los distintos procesos que intervienen en el cambio de aceite lubricante. Al concluir la aplicación del modelo, se aplicó de nuevo el mapeo de la cadena de valor, verificando que los lugares donde se generaban disposiciones inadecuadas del residuo, ya no estaban presentes, debido a la aplicación de las mejoras en el proceso.

Sobre la base de los resultados positivos del diagnóstico, la evaluación y control se desarrolló de manera eficiente por parte de los participantes. Los GC1, GC2, GC3, así como la categoría GD, presentaron un menor grado de integración y aplicación, debido a que son generadores que desconocen la práctica de evaluación y control. Caso distinto presentaron los GC4 y GC5, correspondientes al tipo de generador que está habituado las revisiones periódicas por medio de auditorías en el lugar de generación.

De acuerdo con los resultados descritos anteriormente, el grado de integración y aplicación efectiva del modelo obtuvo resultados positivos. La Tabla 2 muestra el grado en porcentajes de integración e implementación del modelo en GC y GD.

Tabla 2. Resultados de integración e implementación del modelo de los GC y GD.

Proceso	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GD1	GD2	GD3	GD4	GD5
Diagnóstico inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cambio de aceite lubricante	95%	95%	100%	100%	100%	80%	90%	90%	85%	85%
Almacenamiento temporal	89%	70%	75%	100%	100%	50%	40%	50%	45%	50%

Proceso	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GD1	GD2	GD3	GD4	GD5
Tratamiento y disposición	60%	60%	50%	90%	85%	55%	40%	50%	50%	50%
Diagnóstico	90%	95%	90%	100%	100%	95%	90%	90%	95%	90%
Evaluación y control	85%	80%	75%	100%	100%	90%	90%	90%	90%	90%

Datos recolectados durante la implementación de la validación del modelo.

La aplicación de la técnica 5Ss, se realizó enfocada en la organización, clasificación y limpieza completa de las áreas de cambio de aceite, área de almacenamiento temporal y área de tráfico libre, así como herramientas, equipo y materiales necesarios en los procesos que conforman el sistema de operación integral del lugar. La atención se centró en el lugar donde se generaba el residuo y su área circundante. La superficie tendía a acumular una mancha persistente de ALU producto de goteos y derrames durante los procesos de drenado, recolección y traslado de ALU. Posterior a la limpieza inicial, se estableció que el técnico limpiaría esta área diariamente con ayuda de una charola equipada con material olefilico. Se estableció la medida estricta de no emplear paños para esta acción que no estuvieran clasificados en la charola de limpieza del área de generación.

En la aplicación de la técnica de manejo de cambio de aceite lubricante, se empleó un término de diez cambios de aceite lubricante por parte de cada integrante de la categoría de los GC y GD, obteniendo:

1.Ss Reducción en tiempo de ubicación de herramientas, equipo y material;
Uso eficiente del lugar de trabajo y;
Prevención en la pérdida de herramientas, equipo y material.

2.Ss Reducción en el tiempo empleado en el servicio;
Incremento en la eficiencia y;
Eliminación del tiempo empleado en la búsqueda de herramientas, equipo y material.

3.Ss Reducción en goteos y derrames en el manejo del residuo en las áreas de cambio de aceite lubricante, área de tráfico libre y área de almacenamiento temporal;
Eliminación de la mancha de ALU en el piso de concreto y;
Contenedores primario y secundario en condiciones adecuadas.

4.Ss Establecimiento de reglas y estándares en los procedimientos;
Incremento en la aplicación de los estándares establecidos y;
Mejoramiento en las operaciones de los procesos.

5.Ss Generadores integrados en equipo;
Procedimientos de acuerdo a decisiones tomadas en equipo y;
Métodos de trabajo apegados a disciplina.

En referencia a los estándares de desempeño del modelo, se lograron resultados de acuerdo con la aplicación de 1) mapeo de la cadena de valor y hoja de verificación, 2) técnica de manejo de cambio de aceite lubricante y 3) programa 5Ss. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la aplicación del modelo en GC y GD.

Minimización en la generación del residuo de ALU		
Estándar	**Inicio**	**Final**
Goteos en el manejo de los ALU	95%	10%
Derrames en el contenedor primario y contenedor secundario	100%	0%
Fugas en el contenedor primario y contenedor secundario	60%	0%
Mezcla del residuo de ALU con otras sustancias	45%	0%
Vertidos inadecuados del residuo	80%	0%
Envases y embalajes que hallan contenido aceite lubricante fuera de su contendor	100%	0%
Contenedores en mal estado (fisuras, falta de tapadera, entre otros)	50%	0%
Contenedores fuera del lugar especificado para su manejo	50%	0%
manchas persistes de ALU en piso o suelo	50%	10%
material olefilico impregnado de ALU	100%	80%
Herramientas, materiales y equipo en estado desordenado	100%	90%

Maximización de la valorización del residuo de ALU		
Aplicación de la NAV-ALU	30%	100%
Recolección	40%	90%
Almacenamiento temporal	80%	100%

Datos recolectados durante la implementación de la validación del modelo.

Con base en los objetivos estratégicos del modelo 1) minimización de la generación del residuo por medio de la reducción en la fuente y 2) maximización de la valorización del residuo por medio del reciclado en el lugar de generación, se realizó una estimación de la generación del residuo y valorización en los GC. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Estimación del volumen de generación y valorización antes y después de la implementación del modelo en GC.

Sin modelo de reciclado				
Generador	Litros generados por semana	Porcentaje de perdida por manejo inadecuado	Litros en almacenamiento temporal	Valorización
GC1	32	0.05%	30.4	30.4
GC2	28	0.05%	26.6	26.6
GC3	80	0.05%	76	76
GC4	200	0.02%	196	196
GC5	200	0.02%	196	196
Modelo de reciclado				
GC1	32	0%	32	32
GC2	28	0%	28	28
GC3	80	0%	80	80
GC4	200	0%	200	200
GC5	200	0%	200	200

Datos recolectados durante la implementación de la validación del modelo.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4, la estrategia de minimización de la generación del residuo por medio de reducción en la fuente, en los generadores comerciales, no puede disminuir la cantidad de ALU generado, pero evita que se produzcan goteos, derrames, fugas y vertidos inadecuados en el área de generación, así como mezclas con otro tipo de residuos.

En relación con los generadores domiciliarios y de acuerdo con los objetivos del modelo, se realizó la estimación de generación del residuo de ALU, con base en los datos de inicio y final de la validación. La Tabla 5 muestra los resultados.

Tabla 5. Estimación del volumen de generación antes y después de la implementación del modelo en GD.

Sin modelo de reciclado				
Generador	**Litros durante la validación del modelo**	**Porcentaje de perdida por manejo inadecuado**	**Litros en almacenamiento temporal**	**Valorización**
GD1	4	100%	0	0
GD2	4	100%	0	0
GD3	4	100%	0	0
GD4	4	100%	0	0
GD5	4	100%	0	0
Modelo de reciclado				
GD1	4	0%	4	4
GD2	4	0%	4	4
GD3	4	0%	4	4
GD4	4	0%	4	4
GD5	4	0%	4	4

Datos recolectados durante la implementación de la validación del modelo.

Sobre la base de los resultados mostrados en la Tabla 5, perteneciente a generadores domiciliarios, se observa una generación de residuo de ALU que inicia en 4 litros, de los cuales sin la aplicación del

modelo se recupera el 0% al no tener estrategia alguna en el lugar de generación. Sin embargo, con la instrumentación de modelo se logra recolectar el 100% del residuo, mismo que tiene una alta probabilidad de ser aprovechado mediante la reincorporación a los procesos productivos. Desde este punto de vista, la aplicación del modelo en los generadores domiciliarios, evita que el residuo permanezca a la espera de algún uso específico en los domicilios.

De acuerdo con los resultados, la implementación del modelo basado en técnicas de manufactura esbelta logra disminuir el costo de su regeneración por medio de tratamientos tecnológicos, o su reintegración directa como combustible alterno a los procesos productivos al aplicarle un método de manejo adecuado en el lugar de generación.

El resultado es un residuo de valor apreciable, considerando que se genera en un volumen susceptible de ser gestionado de acuerdo a la NAV-ALU en referencia a sus características de toxicidad e inflamabilidad, así como su potencial para integrarse a los procesos productivos.

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que el aceite lubricante usado de motores de combustión interna generado por establecimientos comerciales y usuarios domiciliarios puede ser recolectado mediante el modelo de reciclado propuesto. Este modelo produce una recolección de aceite lubricante usado en condiciones óptimas para ser utilizado directamente como combustible alterno o como aceite base regenerado. Las condiciones óptimas de reciclado que ofrece el modelo son aportadas mediante la aplicación de las técnicas de manufactura esbelta; la técnica de mapeo de la cadena de valor facilita la ubicación de los lugares donde se concentran la mayor parte de fallas en la operación de los procesos, permite un análisis sistémico del residuo de manera puntual; logrando con la información obtenida implementar mejoras mediante la aplicación de la técnica 5Ss y la técnica de manejo de cambio de aceite lubricante; organizando las herramientas, el equipo, material e instalaciones en general, con lo cual se reduce o elimina goteos, fugas, derrames accidentales, manejo inadecuado, almacenamiento prolongado, así como riesgo en el ambiente y la salud de las personas por exposición innecesaria a la generación del residuo, de esta manera se logra establecer el mejor método de reciclado y reducción en la fuente, incorporando materiales, equipo, herramientas, métodos y procedimientos, así como el conocimiento y la habilidad del generador mediante la estandarización, haciendo el proceso de reciclado sencillo de manejar por cualquier tipo de generadores, ya que solo se necesita de un análisis de las condiciones actuales, implementar las mejoras adecuadas, obtener resultados para corregir las fallas entre los procesos principales y estandarizar el modo correcto de hacer el trabajo.

REFERENCIAS

Ab Rahman, M.N. et al., (2010). Implementation of 5S Practices in the Manufacturing Companies: A Case Study. American Journal of Applied Sciences, 7(8), pp.1182–1189. Available at: http://thescipub.com/PDF/ajassp.2010.1182.1189.pdf

Abdulmalek, F.A. & Rajgopal, J., (2007). Analyzing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study. International Journal of Production Economics, 107(8), pp.223–236.

Baderna, D. (2011). Lubricants and Additives: A Point of View. Springer. The Handbook of Enviroment Chemistry, 18, pp.109–132.

CFR, (2012). CFR-Part 279. Standards for the management of used oil. Available at: https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2012-title40-vol28/xml/CFR-2012-title40-vol28-part279.xml [Accessed January 2, 2016].

Dalla, Giovana, F., (2011). Lubricants Recycling – A Case Study: How Italy Managed to Become an Excellence and an Example for the Other EU's Member States. In Global Risk-Based Management of Chemical Additives I. ID1. Institute of Waste Management, Technical University of Dresden ID2. , CERTEC, UPC - Technical University of Catalonia ID3, p. pp 225–251. Available at: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F698_2011_100

Deshpande, S.P. et al., (2015). Implementation of "5s" technique in a manufacturing organization: a case study. International Journal of Research in Engineering and Technology, 4(136-148).

EPA, (1989). How to Setup a Local Program to Recycle Used Oil. Emergency Response (OS-305). , p.38. Available at: www.epa.org [Accessed July 15, 2015].

EPA, (2007). The Lean and Environment Toolkit. The Lean & Environment Toolkit, p.96. Available at: www.epa.gov/lean

EUR-Lex, (1975). Directiva 75/439/CEE. Directiva 75/439/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la gestión de aceites usados. Available at: http://eur-lex.europa.eu/ [Accessed January 2, 2016].

Florida, R., (1996). Lean and Green: The move to environmentally conscious manufacturing. California Management Review, 39(1), pp.80–105. Available at: http://infohouse.p2ric.org/ref/28/27730.pdf

Ghodrati, A. & Zulkifli, N., (2012). A Review on 5S Implementation in Industrial and Business Organizations. Journal of Business and Management, 5(3), pp.11–13. Available at: www.ijera.com/papers/Vol4.../EB4301774779.pd

Gurumurthy, A. & Kodali, R., (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: A case study. Journal of Manufacturing Technology Management, 22(4), pp.444–473.

Helper, S., Gorman, Clifford, P. & Rozwadowski, H., (1997). Can Green Be Lean?, Available at: https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/1450/157a.pdf?sequence=1

Huisingh, D., (2000). Cleaner Production: preventing pollution at source. Erasmus Center for Environmental Studies, pp.1–6. Available at: http://biopolitics.gr/biowp/wp-content/uploads/2013/04/huisingh.pdf

Imai, M., (1997). Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo. (GEMBA) Primera Ed., México, D.F. McGraw-Hill.

King, A. & Lenox, M., (2001). Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. Production and Operations Management Production and Operations Management, 10(3), pp.244–256. Available at: http://onlinelibrary.wiley.com/

Miller, G., Pawloski, J. & Standridge, C., (2010). A case study of lean, sustainable manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, 3(1), pp.11–32.

Murugesan, T.K., Kumar, B.S. & Kumar, M.., (2012). Competitive advantage of world class manufacturing system (WCMS) – A study of manufacturing companies in south India. European Journal of Social Sciences, 29(2), pp.295–311.

Nahmias, S., (2014). Análisis de la producción y las operaciones Sexta Edic., México, D.F.: McGraw-Hill.

Niebel, F., (2007). Métodos, estándares y diseño del trabajo. Onceava Ed., México, D.F.: Alfaomega.

Van Patten, J., (2006). A Second Look At 5S. Quality Progress, 39(10), pp.55–59.

Roosen, T.J. & Pons, D.J., (2013). Environmentally Lean Production: The Development and Incorporation of an Environmental Impact Index into Value Stream Mapping. Journal of Industrial Engineering, 4, p.17. Available at: http://dx.doi.org/10.1155/2013/298103

Rother, M. et al., (2008). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA, United Stated of America: Lean Enterprise Institute.

Selvi, P.K., Sharma, M. & Kamyotra, J.S., (2013). Spent oil management and its recycling potential in India inventory and issues, Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029613002338.

Semarnat, (2003). Ley General para la Prevención y Gestón Integral de los Residuos, Mexico, México: Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. Consultada en Julio de 2015. Available at: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/gobiernos.htm.

Sharma, R. & Singh, J., (2015). Impact of Implementing Japanese 5S Practices on Total Productive Maintenance. International Journal of Current Engineering and Technology, 5(2), pp.818–825.

Shingo, S., (1989). A Study of the Toyota Production System from a Industrial Engineering Viewpoint, United Stated of America: Productivity Press.

Silveira, T.A. & Gati, A.M., (2009). Environmental value stream mapping (EVSM) as a sustainability management tool. In Management of Engineering & Technology, 2009. PICMET 2009. Portland, OR: IEEE, pp. 1689 – 1698.

UNEP, (2013). Compendium of Recycling and Destruction Technologies for Waste Oils, Osaka, Japon. Available at: http://www.unep.org/.

Wiley, V., GmbH, V. & Manfred, Harperscheid Jürgen, O., (2007). Lubricants and Lubrication Segunda. T. Mang & D. Wilfried, eds., Libreria Wylei.

Este artículo puede citarse de la siguiente forma:

Citación estilo APA sexta edición
Manzanarez-Jiménez, L.A. (mayo-agosto de 2017). Modelo para reciclado de aceite lubricante usado, basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 3(2), 11-24.

Citación estilo Chicago decimoquinta edición
Manzanarez-Jiménez, Lucía Araceli. Modelo para reciclado de aceite lubricante usado, basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 3 No. 2 (mayo-agosto 2017): 11-24.

Citación estilo Harvard Anglia
Manzanarez-Jiménez, L.A, 2017. Modelo para reciclado de aceite lubricante usado, basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, mayo-agosto, 3(2), pp. 11-24.

Citación estilo IEEE
[1] L.A. Manzanarez-Jiménez. Modelo para reciclado de aceite lubricante usado, basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta, *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, vol. 3, No. 2, pp. 11-24, mayo-agosto 2017.