



**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ".
FAULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES.**

Ingeniería Industrial.

Proyecto de Investigación para Trabajo de Diploma
en opción al grado de Ingeniero Industrial.

Título:

DISEÑO DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LUBRICANTES USADOS EN CEMENTOS CIENFUEGOS S.A.



AUTOR:

Javier FUENTES HERNÁNDEZ.

Tutor:

MSc.,Ing.: José Luis ROMERO CABRERA.
Cementos Cienfuegos S.A.

Realizado en Cienfuegos, República de Cuba.
Curso. 2015-2016.





Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Industrial; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdos de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma del Tutor.

Información Científico Técnica
Nombres y Apellidos.

Computación
Nombres y Apellidos.

Sistema de Documentación de Proyectos
Nombres y Apellidos.

Pensamiento.

“... El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencias, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia...”

*Enero, 1960
Fidel Castro Ruz*

Dedicatoria.

*A mi madre que aunque está lejos siempre me apoyará en
todo.*

*A mi esposa que ha sido e faro que me guía en la
tempestad.*

*A mis compañeros sin los cuales la colina hubiese sido
más empinada.*

Agradecimientos.

*A mi mamá por su compañía y su apoyo en todo momento,
A mi esposa Danay por darme fuerzas para seguir adelante,
A mis compañeros de aula, en especial a Jaime, Susana y Adrián por
brindarme ayuda y estar presentes en cada momento de mi carrera,
En fin a todos los que hicieron posible de una forma u otra que llegara al final.
...Gracias...*

Resumen:

RESUMEN.

Los lubricantes usados representan más del 60% de los lubricantes consumidos. Esto hace que sean uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente, pudiendo alcanzarse la cifra de 24 millones de tm/a. Los lubricantes se contaminan durante su utilización con productos orgánicos de oxidación y otras materias tales como carbón, producto del desgaste de los metales y otros sólidos, lo que reduce su calidad.

Cuando la cantidad de estos contaminantes es excesiva el lubricante ya no cumple lo que de él se demandaba y debe ser reemplazado por otro nuevo. Estos son los llamados Lubricantes Usados, de Desecho o Residuales y deben ser recogidos y gestionados para evitar la contaminación del medio ambiente y para preservar los recursos naturales.

En Cementos Cienfuegos S.A. se generan anualmente una cantidad importante de estos desechos peligrosos, cuya gestión es un requisito de las licencias de operación otorgadas por el CITMA. En este trabajo se diseña el proceso para la gestión de estos desechos por incineración (D9) sin afectación al medio ambiente.

SUMMARY

SUMMARY

The used lubricants represent more than 60% of the consumed lubricants. This makes them to be one of the most abundant polluting residuals that are generated at the moment, being able to reach the figure of 24 million tm/a. The lubricants are contaminated during their use with organic products of oxidation and other such matters as coal, product of the waste of the metals and other solids, what reduces their quality.

When the quantity of these pollutants is excessive, the lubricant no longer completes what was demanded of him and it should be replaced for other new. These are the calls Used Lubricant, of Waste or Residual and they should be picked up and negotiated to avoid the contamination of the environment and to preserve the natural resources.

In Cements Cienfuegos S.A. is generated a significant amount of these dangerous waste whose administration is a requirement of the negotiated operation licenses for the CITMA annually. In this work, the process is designed for the administration of these wastes by incineration (D9) without affectation to the environment.

INDICE.

RESUMEN.....	10
SUMMARY.....	12
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	21
1.1- Consumo de Lubricantes en el mundo y generación de Lubricantes usados.....	24
1.2- Destino de los Lubricantes usados.....	25
1.3 Composición y clasificación de los lubricantes usados.....	26
1.4- Efectos Medioambientales Negativos de los lubricantes usados abandonados.....	27
1.4.1 Contaminación del aire.....	28
1.4.2 Contaminación del agua.....	28
1.4.3 Contaminación del suelo.....	29
1.5 Peligros que encierran los lubricantes usados.....	29
1.6 Opciones de tratamiento utilizadas en el mundo para los lubricantes usados.....	32
1.6.1 Análisis de opciones.....	32
1.6.1.1 Incineración.....	32
1.6.1.2 Encapsulamiento en el Clinker.....	34
1.6.1.3 Vitriificación.....	35
1.6.1.4 Adición a mezclas asfálticas.....	36
1.6.2 Valoración Ambiental de Alternativas.....	37
1.6.2.1 Consideraciones básicas.....	37
1.7 Gestión integral de lubricantes usados en Cuba.....	40
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	45
2.1 Caracterización de la empresa Cementos Cienfuegos S.A.....	45
2.1.1 Misión, visión y política de la empresa.....	46
2.2 Descripción de los procesos productivos.....	46
2.2.1 Materias Primas.....	47
2.2.2 Producir clinker.....	47
2.2.2.1 Dosificación y molienda de crudo.....	47
2.2.2.2 Piroproceso.....	48

2.2.2.3 Preparación de combustibles.....	48
2.2.3 Producción de cemento.	49
2.3 Consumos de grasas y aceites.....	50
2.4. Actual manejo de lubricantes usados.....	53
2.5 Fundamentación de problema.....	54
2.5 Aplicación de Método de Experto.....	58
CAPÍTULO III. DISEÑO DEL PROCESO PARA LA DESTRUCCIÓN DE LUBRICANTES.....	63
3.2 Descripción del proceso.....	65
3.3 Determinación del área y la configuración de los almacenes.....	71
3.3.1 Almacén del generador.....	71
3.3.2 Almacén Intermedio:.....	73
3.3.3 Almacén de destrucción.....	74
3.4 Recogida y transporte del lubricante usado.....	74
3.5 Instalación de Incineración. Descripción y funcionamiento.....	75
3.5.1 Descripción de la instalación.....	75
3.5.1.1 Composición del sistema:.....	76
3.5.2 Funcionamiento.....	77
3.5.2.1 Condiciones de seguridad durante la operación:.....	80
3.6 Evaluación económica de la instalación de destrucción de lubricantes usados.....	81
3.9 Emergencias y planes de contingencia.....	83
3.9.1. Emergencias.....	83
3.9.1.1 Derrames.....	83
3.9.1.2 Fugas.....	84
3.9.1.3 Incendios.....	84
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFIA.....	91

Introducción

INTRODUCCIÓN.

Un lubricante es una sustancia que se interpone entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento), a fin de disminuir la fricción y el desgaste (Los lubricantes, 2012). El desgaste es un fenómeno inevitable que condiciona la vida útil de los equipos, aunque mediante un eficaz programa de mantenimiento predictivo es posible controlar su evolución y detectar a tiempo anomalías, que si no se corrigen a tiempo pueden ocasionar fallos graves, e incremento de las pérdidas por el costo de las reparaciones y las paradas de producción (Hidalgo, 2012).

Los análisis de lubricantes suministran a los grupos de mantenimiento de una valiosa información respecto al proceso de lubricación. Indican principalmente el estado del aceite y sirven para la toma de la decisión de continuar usando o no un lubricante determinado. Con un cuidadoso manejo de la información y un buen historial se pueden valorar la información con respecto al estado de los componentes mecánicos y apoyar estrategias de mantenimiento predictivo (Rueda, 2005).

El análisis de lubricante consiste en una serie de pruebas que se realizan a nivel de laboratorio para evaluar la condición de los lubricantes usados o los residuos presentes. Al estudiar los resultados del análisis de residuos, se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes. Lo anteriormente expuesto, permite a los encargados de proceso del mantenimiento planificar las paradas y reparaciones con tiempo anticipado, reduciendo los costos y tiempos de interrupción. (Ordoñez, 2013).

El manejo integral de los lubricantes usados es un reto de gran magnitud para un Estado responsable por la salud de su población y por la protección de su riqueza ambiental. Estos lubricantes son considerados un desecho peligroso de acuerdo con los postulados de la Convención de Basilea, a la cual se adscribió Cuba en 1996. Su condición de peligrosidad no se debe a las bases lubricantes utilizadas en su formulación sino a los compuestos que se adicionan para mejorar las propiedades lubricantes, detergentes y de viscosidad; además y principalmente, por los metales pesados que se liberan durante el uso en los motores, por algunos compuestos que se generan en de las cámaras de combustión como desechos de la misma, por desgaste de los motores y hasta por contaminantes que pueden entrar en contacto con el lubricante dentro del motor.

Introducción.

La anterior situación se agrava, si a ello se suman prácticas deficientes de manejo del lubricante usado y que ponen en contacto al aceite con otros productos de desecho tales como disolventes, líquido de frenos, residuos sólidos como trapos, papeles y demás, lo que finalmente resulta en una mezcla heterogénea de compuestos, la mayoría de ellos altamente peligrosos. Y si además los lubricantes usados se vierten en forma irresponsable a través de los sistemas urbanos de drenaje, se logra una dispersión totalmente incontrolable de contaminantes altamente tóxicos, con graves impactos sobre el ambiente y la salud pública.

Los contaminantes presentes en los lubricantes usados son, en su mayoría, compuestos de alto impacto nocivo en la salud humana, especialmente de naturaleza carcinogénica. En el ambiente, se caracterizan por mantenerse en forma estable en plantas y suelo, hasta alojarse finalmente en el cuerpo humano (compuestos bio-acumulables) donde desarrollan su influencia letal.

Por estas razones, los desarrollos tecnológicos buscan siempre concentrar estos contaminantes en las formas más estables posibles y disponer de ellos en forma tal, que queden completamente aislados de aquellas circunstancias que puedan liberarlos nuevamente a un ambiente desde el cual puedan reiniciar su ciclo de vida. Estas son tecnologías que demandan mucho esfuerzo en recursos económicos y trabajo, por lo que siempre se busca minimizar la generación de los residuos finales provenientes de lubricantes usados y se considera que cualquier acción tendiente a ello debe acometerse sin demoras y con la mayor eficiencia.

Por otra parte es igualmente importante el hecho de que, por razón precisamente de las bases del petróleo que son los componentes mayoritarios, los lubricantes usados poseen muy atractivas posibilidades de aprovechamiento, sea como energéticos en procesos de combustión, como insumo para la regeneración de las bases lubricantes o como insumo para otras industrias en sectores tan variados como caucho, fundición, cerámicas y otras.

Pero ¿cuánto aceite lubricante usado se puede recuperar de aquel que se genera y bajo qué condiciones se debe manejar? La respuesta a este interrogante empieza por la determinación del consumo de lubricantes y pasa por aspectos tan diversos como la utilización de los mismos (en motores de consumo total como los motores de dos tiempos (2T) en motocicletas y motores fuera de borda y en lubricación de engranajes abiertos), el

Introducción.

tamaño, estado y edad del equipamiento implica mayores o menores pérdidas del aceite, las prácticas de conducción de la población en general, el estado de las vías, la formulación misma del lubricante y muchos otros factores. Todo ello conlleva a que este sea un interrogante de difícil solución en forma confiable. La búsqueda de una respuesta ha sido tema de muchos estudios en el mundo y en Cuba. Pero finalmente, puede sostenerse con base en análisis plenamente sustentables, que la generación de lubricantes usados en Cuba y el mundo tiene una marcada tendencia al descenso, lo que se explica principalmente por las siguientes razones: Mejor calidad de los lubricantes, lo que implica mayor tiempo entre cambios y un cambio cultural del consumidor en cuanto a periodicidad del cambio de lubricante.

En Cementos Cienfuegos S.A. se genera una cantidad importante de estos desechos anualmente debido a las condiciones de trabajo del equipamiento tecnológico y, los que en su gran mayoría están contaminados con algún tipo de material de proceso (caliza, harina, clinker o cemento), por lo que constituye un problema para su gestión según se establece en el plan de manejo de desechos peligrosos.

En este sentido se plantea como PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN ¿cómo gestionar de forma eficiente y ambientalmente responsable ese desecho peligroso?.

Como IDEA A DEFENDER se plantea que el diseño del proceso para la gestión de lubricantes usados garantiza un destino final ambientalmente responsable para ese desecho peligroso.

EL OBJETIVO GENERAL de la investigación es diseñar el proceso para la gestión de lubricantes usados que garantice un destino final ambientalmente responsable para ese desecho peligroso.

Como OBJETIVOS ESPECÍFICOS nos planteamos:

1. Revisión del estado del arte en el tema de los desechos de lubricantes usados.
2. Descripción de la empresa, principales procesos generadores y volúmenes de lubricantes usados generados por procesos.
3. Diseñar el proceso para la gestión de los lubricantes usados.
4. Diseñar la instalación para incineración de estos desechos.
5. Valorar económicamente la propuesta.

Introducción.

Como RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN se tendrá el diseño del proceso capaz de dar respuesta al problema que afronta Cementos Cienfuegos S.A. en la actualidad con los volúmenes de grasas y Lubricantes usados en el emplazamiento de la industria, así como de la instalación para la destrucción final del desecho.

UTILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN. Este diseño es susceptible de ser utilizado en otras cementeras para gestionar desechos similares de forma efectiva y ambientalmente responsable.

El trabajo está estructurado en tres capítulos, conclusiones, anexos y bibliografía. En el capítulo I se desarrolla el marco teórico de la investigación con los principales problemas a nivel mundial y en Cuba en relación a la gestión de los lubricantes usados. En el capítulo 2 se describe la empresa, los principales procesos generadores y volúmenes de lubricantes usados generados por procesos, y se aplica las técnicas de expertos para elaborar las bases conceptuales del proceso.

En el capítulo 3 se realiza el diseño del proceso y de la instalación para incineración de los lubricantes usados, finalmente se hace una valoración económica de la inversión de la instalación para incineración de lubricantes usados.

Capítulo I

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.

Los desechos peligrosos son aquellos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico que, por la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

El manejo, conocido también como gestión de los desechos peligrosos abarca todas las operaciones que se pueden realizar con los mismos, una vez que han sido generados. Estas son: recolección, tratamiento o eliminación, transporte, el cual contempla la importación y la exportación, almacenamiento o confinación y disposición final.

Es necesario destacar que la principal vía para la solución de los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos es reducir al mínimo o sea, minimizar su generación. Éste es uno de los principios que promueve la Producción Más Limpia, por lo que su introducción en las actividades productivas y de servicios garantizará que se reduzcan los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos en un futuro.

Otro de los principios de la Producción Más Limpia, el cual establece la reducción en el uso o la sustitución de aquellos productos fundamentalmente químicos de carácter tóxico por otros que no lo sean, en los procesos productivos y en los servicios, también favorece la minimización de la generación de desechos peligrosos, ya que este tipo de producto al concluir su vida útil generalmente se convierte en un desecho peligroso y además, por lo general, el tipo de desechos que se obtiene en un proceso donde se utilizan tales productos es de carácter peligroso.

Sin embargo, la situación actual de nuestros países es la acumulación de cantidades apreciables de desechos peligrosos, algunas de las cuales no cuentan ni con adecuadas condiciones de confinamiento, en espera de disponer de los recursos financieros necesarios para su solución definitiva.

En Cuba la generación de desechos peligrosos sobrepasa las 100.0 Mt/a (CUPET, 2014), siendo las mayores cantidades las correspondientes a residuos de mezclas de hidrocarburos y aguas, que incluye los Lubricantes usados y los residuos de ácidos y bases empleados en procesos productivos. Luego, el manejo adecuado de estos desechos constituye una prioridad de la gestión ambiental en el país.

Los lubricantes industriales usados en la industria son residuos peligrosos que pueden provocar graves daños medioambientales (en el aire, el agua y el suelo) si su gestión es inadecuada (vertido en el campo, eliminación por incineración incontrolada, etc.). El manejo integral de los lubricantes usados es un reto de gran magnitud para una empresa responsable por la salud de sus trabajadores, la población y por la protección ambiental. Estos lubricantes son considerados un desecho peligroso de acuerdo con los postulados de la Convención de Basilea, a la cual se han adscrito la inmensa mayoría de los países que integran la ONU incluyendo a Cuba. Su condición de peligrosidad no se debe a las bases lubricantes utilizadas en su formulación sino a los compuestos que se adicionan para mejorar las propiedades lubricantes, detergentes y de viscosidad; además y principalmente, por los metales pesados que se liberan durante el uso en los motores, por algunos compuestos que se generan en de las cámaras de combustión como desechos de la misma, por desgaste de los motores y hasta por contaminantes que pueden entrar en contacto con el lubricante dentro del motor.

La anterior situación se agrava, si a ello se suman prácticas deficientes de manejo del lubricante usado una vez fuera del equipo y que ponen en contacto al aceite con otros productos de desecho tales como disolventes, líquido de frenos, residuos sólidos como trapos, papeles y demás, lo que finalmente resulta en una mezcla heterogénea de compuestos, la mayoría de ellos altamente peligrosos. Y si además los lubricantes usados se vierten en forma irresponsable a través de los sistemas de drenaje, se logra una dispersión totalmente incontrolable de contaminantes altamente tóxicos, con graves impactos sobre el ambiente y la salud pública.

Los contaminantes presentes en los lubricantes usados son, en su mayoría, compuestos de alto impacto nocivo en la salud humana, especialmente de naturaleza carcinogénica. En el ambiente, se caracterizan por mantenerse en forma estable en plantas y suelo, hasta alojarse finalmente en el cuerpo humano (compuestos bio-acumulables) donde desarrollan su influencia letal.

Por estas razones, los desarrollos tecnológicos buscan siempre concentrar estos contaminantes en las formas más estables posibles y disponer de ellos en forma tal, que queden completamente aislados de aquellas circunstancias que puedan liberarlos nuevamente a un ambiente desde el cual puedan reiniciar su ciclo de vida. Estas son

tecnologías que demandan mucho esfuerzo en recursos económicos y trabajo, por lo que siempre se busca minimizar la generación de los residuos finales provenientes de lubricantes usados y se considera que cualquier acción tendiente a ello debe acometerse sin demoras y con la mayor eficiencia.

Por otra parte es igualmente importante el hecho de que, por razón precisamente de las bases del petróleo que son los componentes mayoritarios, los lubricantes usados poseen muy atractivas posibilidades de aprovechamiento, sea como energéticos en procesos de combustión, como insumo para la regeneración de las bases lubricantes o como insumo para otras industrias en sectores tan variados como caucho, fundición, cerámicas y otras.

El presente capítulo recoge los principales aspectos de la gestión de estos desechos en el mundo y nuestro país los cuales se ven generalizados en el hilo conductor de la siguiente figura

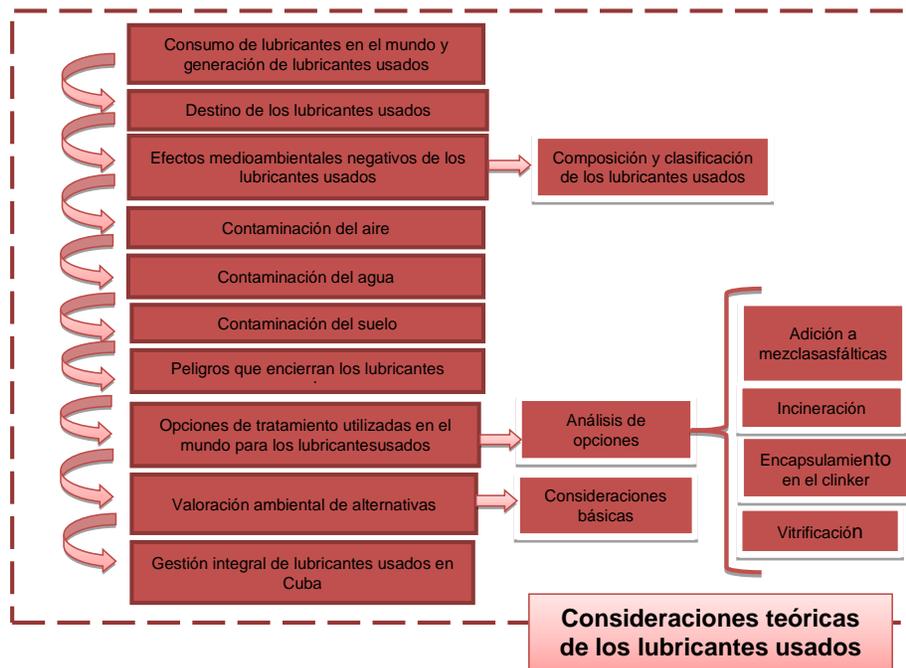


Fig. 1.1 Hilo conductor de la investigación.

1.1- Consumo de Lubricantes en el mundo y generación de Lubricantes usados.

Los lubricantes usados son uno de los residuos contaminantes de mayor abundancia producidos en la actualidad, contiene hidrocarburos de lenta biodegradación que se acumulan en el entorno, tanto por vertimientos en aguas y suelos como por emisión de compuestos procedentes de su combustión (CUPET, 2014; EPA, 2011). Clasifica como desecho químico peligroso y los gobiernos son responsables de la adopción de medidas para su reducción en el sitio origen, y del establecimiento de políticas y estrategias para que su eliminación se ejecute mediante técnicas apropiadas que reduzcan sus características nocivas (Miliarium, 2010a y 2010b).

La demanda de lubricantes en el mundo es de aproximadamente 40 millones de toneladas al año, los cuales, durante el tiempo en servicio, se contaminan con diversas sustancias que deterioran su calidad, como carbón, agua, partículas metálicas del desgaste de las piezas en movimiento y la fricción, productos ácidos de la oxidación del aceite o del azufre de los combustibles, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP) y remanentes de aditivos (Depuroil, 2011). Cuando los lubricantes no cumplen sus prestaciones deben ser reemplazados por nuevos y se convierten en Lubricantes usados que deben ser recogidos y reciclados de forma segura para la protección del medio ambiente y la salud humana (CUPET, 2014; Ciudad..., 2010).

En el mundo se utilizan anualmente unos 3000.0 Mt de crudo de petróleo, De ellas SE ESTIMA que entre 38 y 40 Mt se dedican a la producción de LUBRICANTES de Automoción y otros usos industriales. Un 50% de este consumo está, probablemente, ligado a los vehículos de automoción, por lo tanto unos 20 Mt y SE ESTIMA que el 60% se convierte en aceite usado (Otros autores USA estiman el 50%).

En la Unión Europea en el año 2000 se comercializaron 4,9 Mt de lubricantes base de los que el 42% corresponde a lubricantes de automoción y un 23% para lubricantes de transmisiones y engranajes, siendo el resto lubricantes industriales y grasas, es decir que de los 2,4 Mt, se pudieron convertir en Lubricantes usados entre el 65 o el 70%. El resto de los Lubricantes usados los componen el 5% que aportan los lubricantes industriales pesados y el 2% de los lubricantes industriales ligeros.

En general, se admite como aproximación adecuada, que el porcentaje de Lubricantes usados que se generan, a partir de los lubricantes nuevos puestos en el mercado, es del 50% de ahí que podemos pensar que la cantidad de Lubricantes usados generados en el

mundo durante el año 2004 ha sido de 23.2 MMt de los que aproximadamente un 44% proviene del sector de la automoción (Automóviles, Camiones, Autocares, Tractores, Motos y otros vehículos).

1.2- Destino de los Lubricantes usados.

Como es fácil imaginar no todas los 23.2 MMt son recogidas y gestionadas de acuerdo con los criterios de la Unión Europea cuyas Directivas prevén desde el caso de tratamiento o destrucción o su depósito en vertederos o almacenes. Sin embargo, se da prioridad al TRATAMIENTO DE REGENERACIÓN, o refino, considerando los demás tratamientos subsidiarios.

Por último la forma más utilizada y MENOS DESEABLE MEDIOAMBIENTALMENTE es la utilización directa como combustible en hornos. Esta valorización energética que ha tenido su utilidad en el pasado sigue teniendo hoy en día utilidad como complemento las otras tecnologías de gestión de los Lubricantes usados. En el año 2000 un 66% de los Lubricantes usados recogidos se sometieron a combustión y solo el 24% a regeneración. La cantidad de lubricantes que se recupera mediante la regeneración, a pesar de estar establecido como destino prioritario, es decepcionante. Por el contrario, la cantidad de lubricantes que se utiliza como combustible en hornos, muchas veces en instalaciones que no han sido adaptadas para la combustión de estos residuos, es muy elevada.

Como se ha planteado anteriormente, solo el 50% del aceite comercializado se convierte en aceite usado y de este se gestionan del orden del 60 al 70%. Aunque esta cantidad va en aumento y no cabe duda que con el tiempo se llegará a gestionar todo el aceite usado que genera el mercado. En España se admite que solo se recoge como aceite usado el 43,6% del comercializado (Es decir que la pérdida del circuito es superior a la media oficial Europea, aunque similar a la de Francia). Hoy el 50% del aceite vendido para lubricación de vehículos de automoción es "gestionado" por el propio comprador y muchas veces (la mayoría) el aceite acaba en el medio ambiente.

En los últimos años han surgido nuevos procesos y tecnologías que permiten la reutilización o reciclaje de los Lubricantes usados, transformándolos en productos susceptibles de ser utilizados para aprovechamiento energético por su elevada capacidad calorífica, convirtiéndolos en uno de los residuos con mayor potencial como combustible o para su re-refinación, con la obtención de nuevos lubricantes bases para la formulación de lubricantes [Facultad..., 2006; Flores, 2001].

Se estima que en Cuba se generan alrededor de 18-20 Mt/año de lubricantes usados (Lubricantes usados), provenientes de diversos sectores de la economía nacional, y no se dispone de tecnologías para su pre-tratamiento y reutilización eficiente del potencial energético que poseen, lo que significa una inadecuada gestión tecnológica y ambiental.

Los resultados destacan que poseen elevada capacidad calorífica, superior a 9600 kcal/kg, la temperatura de inflamación entre 80°C y 198 °C y su contenido de contaminantes: cromo, 3,11 ppm, cadmio 0,21 ppm y plomo 23,00 ppm, en niveles permisibles para el aprovechamiento energético del lubricante usado en cualquier sistema térmico, establecidos en la regulación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y relacionada con el manejo que se encuentra en el código federal 40 CFR 279. El contenido de cenizas entre 0,89 y 3,08% m/m resulta limitante que incide en la disminución de la transferencia de calor y eficiencia del sistema térmico, y se requiere algún pre-tratamiento que lo reduzca hasta 0,8% m/m, como máximo. Los resultados demuestran que los lubricantes usados del país son aptos para su uso como combustible.

1.3 Composición y clasificación de los lubricantes usados.

Los lubricantes usados son una mezcla muy compleja de los productos más diversos. Un lubricante está compuesto por una mezcla de una base mineral o sintética con aditivos (1-20%). Durante su uso se contamina con distintas sustancias, tales como: agua, partículas metálicas, ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción, compuestos órgano-metálicos conteniendo plomo procedente de las gasolinas, ácidos orgánicos o inorgánicos originados por oxidación o del azufre de los combustibles, compuestos de azufre, restos de aditivos: fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo, compuestos clorados: disolventes, PCBs y PCTs, hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA).

Pero, además, pueden estar contaminados por otras sustancias cuya presencia es imprevisible, tales como: pesticidas, residuos tóxicos de cualquier tipo, Los PCBs y PCTs provienen de fluidos dieléctricos y fluidos térmicos de seguridad que han venido siendo utilizados en la industria durante muchos años.

Los hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA, también llamados HAPS), parecen tener su origen en la oxidación de las gasolinas, Son unos compuestos muy peligrosos puesto que entre ellos se puede encontrar el cancerígeno benzo(a) pireno (C₂₀H₁₂) Y alguno de sus derivados alquílicos.

En la práctica, el lubricante usado es un líquido más o menos viscoso de color negro que puede servir de vehículo o medio idóneo para enmascarar, disueltos en él, muchos de estos residuos tóxicos y peligrosos. La experiencia contrastada por la Comisión Europea de Regeneración permite afirmar que los generadores de lubricantes usados, unas veces por ignorancia, otras por negligencia y muchas para desembarazarse de otros residuos, utilizan los lubricantes usados como medio de evacuación de aquellos y con ello ahorran cantidades importantes de dinero que les costaría eliminarlos legalmente. Por esta razón, en el Convenio de Basilea se clasificó los lubricantes usados en la Ley como residuos tóxicos y peligrosos.

1.4- Efectos Medioambientales Negativos de los lubricantes usados abandonados.

Los lubricantes residuales generados representan más del 60% de los lubricantes consumidos. Esto hace que los lubricantes usados sean uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente.

Los lubricantes se contaminan durante su utilización con productos orgánicos de oxidación y otras materias tales como carbón, producto del desgaste de los metales y otros sólidos, lo que reduce su calidad. Cuando la cantidad de estos contaminantes es excesiva el lubricante ya no cumple lo que de él se demandaba y debe ser reemplazado por otro nuevo. Estos son los llamados lubricantes usados, de Desecho o Residuales y deben ser recogidos y reciclados para evitar la contaminación del medio ambiente y para preservar los recursos naturales.

Los lubricantes usados se están eliminando por procedimientos tales como el vertido en terrenos y cauces de agua o la combustión indiscriminada que no aprovechan su auténtico valor potencial, produciendo, por el contrario, peligrosas contaminaciones. El término reciclado se aplica a los procesos capaces de devolver a un residuo ciertas características que permitan una nueva utilización del mismo. Este es el camino que debe utilizarse siempre que sea posible para la eliminación de los lubricantes usados o residuales.

Un lubricante usado, por su naturaleza y composición, se presta a ser utilizado como medio portador de cualquier producto orgánico tóxico o peligroso que de forma fraudulenta haya sido mezclado con el aceite para eliminarlo a un coste bajo. Esta es una práctica que se da con excesiva frecuencia, ocasionando contaminaciones en los Lubricantes usados a todas luces imprevisibles

1.4.1 Contaminación del aire.

La eliminación del lubricante usado por combustión solo o mezclado con fuel-oil, también origina graves problemas de contaminación, a menos que se adopten severas medidas para depurar los gases resultantes. Los compuestos de cloro, fósforo, azufre, presentes en el aceite usado dan gases de combustión tóxicos que deben ser depurados por vía húmeda.

Otro gran problema asociado al anterior lo crea el plomo que emitido al aire en partículas de tamaño sub-micrónico perjudica la salud de los seres humanos, sobre todo de los niños. El plomo es el más volátil de los componentes metálicos que forman las cenizas de los lubricantes usados, por lo que puede afirmarse que, prácticamente, cuando se quema lubricante todo el plomo es emitido por las chimeneas.

La cantidad de plomo presente en el lubricante usado oscila del 1 - 1,5 %- en, peso y proviene de las gasolinas y de los aditivos. Estudios realizados en los Países Bajos han estimado que si llegaran a quemarse las 70.0 Mt/a de lubricante usado que pueden recogerse, se recargaría la atmósfera con 350 t adicionales de plomo, lo que representaría una tercera parte más de lo que actualmente emiten los escapes de los vehículos.

Por tanto, las instalaciones donde haya de quemarse lubricante usado deberán estar dotadas de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases. De lo contrario, antes de su combustión deberá someterse al lubricante usado a un tratamiento químico de refinado para eliminar previamente sus contaminantes, pero entonces el lubricante que se obtiene es preferible, desde el punto de vista económico, utilizarlo para ser regenerado.

Si optamos por quemar una lata de 5 LITROS DE LUBRICANTE USADO, sola o con fuel, emitiríamos una contaminación atmosférica a través de la combustión incontrolada de los mismos, debido a que los componentes de metales, cloro, que contienen producen gases tóxicos que deben ser depurados que CONTAMINARÍAN UN VOLUMEN DE AIRE EQUIVALENTE AL QUE RESPIRA UN ADULTO A LO LARGO DE 3 AÑOS DE SU VIDA.

1.4.2 Contaminación del agua.

Los lubricantes no se disuelven en el agua, no son bio-degradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en

tierra, esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta. Los hidrocarburos saturados que contienen, no son biodegradables (en el mar el tiempo de eliminación de un hidrocarburo puede ser de 10 a 15 años).

Por tal motivo, uno de los puntos ambientales donde puede producirse una contaminación muy importante es en el agua. El lubricante que se pierde de los mecanismos, el lubricante usado que se elimina a través de desagües y que alcanza las capas freáticas y el vertido de lubricantes usados en los cursos de aguas, deteriora notablemente la calidad de las mismas, al ocasionar una capa superficial que impide la oxigenación de las aguas y produce la muerte de los organismos que las pueblan.

Además, los lubricantes usados vertidos en el agua originan una fina película que produce separación entre las fases aire- agua. Con ello se impide que el oxígeno contenido en el aire se disuelva en el agua, perturbando seriamente el desarrollo de la vida acuática.

A estas dificultades debemos añadir los riesgos que implican las sustancias tóxicas contenidas en los lubricantes usados, vertidos en el agua que pueden ser ingeridas por el hombre o los animales. Dichas sustancias tóxicas provienen de los aditivos añadidos al aceite y engloban diversos grupos de compuestos tales como: fenoles, aminas aromáticas, terpenos fosfatados y sulfurados di-alkil-ditiofosfato de cinc, detergentes, poli-isobutilenos, poliésteres., que durante el uso del aceite a temperaturas elevadas forman peróxidos intermedios que son muy tóxicos.

1.4.3 Contaminación del suelo.

Los Lubricantes usados vertidos en suelos producen la destrucción del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La eliminación por vertido de los lubricantes usados, origina graves problemas de contaminación de tierras, ríos y mares. En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el lubricante usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo.

1.5 Peligros que encierran los lubricantes usados.

Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos: bio-degradabilidad, bio-acumulación, toxicidad, eco-toxicidad, emisión de gases, degradación química, tiempo requerido para ser eliminado del agua. Los

lubricantes vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de PHA's (compuestos aromáticos policíclicos) que durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes así como reacciones catalizadas por metales, incrementan su presencia en el lubricante usado. Muchos de estos PHA's tienen un efecto marcadamente cancerígeno y plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos.

Se han efectuado estudio para conocer la capacidad mutagénica del lubricante de motor usado. Se ha detectado que el 70 % de estos efectos son causados por PHA's con más de tres anillos, esta fracción representa sólo el 1 % del volumen de un lubricante usado. De esta fracción mutagénica el 18 % del efecto lo produce el benzo(a)-pireno según IARC (International Agency on Research for Cancer). Se considera que el benzo(e)-pireno, benzo(a)-pireno , benzo(a)-antraceno y el criseno tienen un elevado potencial carcinogénico . En los crudos de aceite mineral se han encontrado cantidades de benzo(a)-pireno que oscilan entre 400 y 1.600 mg/kg.

Los lubricantes tienen tendencia en acumularse en el entorno todo aquel aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve, se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos. También se produce una acumulación importante en la atmósfera que respiramos, pensemos por ejemplo que un motor de dos tiempos (motos, fuerabordas, motosierras) expulsan aproximadamente con los gases, el 25 % del aceite lubricante que utilizan.

El 40 - 70 % de los PHA's que se emiten en los gases, proceden del aceite de motor, otro 30 - 60 % se origina en el proceso de combustión del combustible, la utilización de ésteres sintéticos ayuda a reducir considerablemente estas emisiones. La tendencia lógicamente por los estudios que se realizan se encamina a la utilización de lubricantes sintéticos y lubricantes vegetales, que debido a su superior rendimiento frente a los minerales, precisan menor aditivación, pero lógicamente son más caros

Algunos de los efectos de los componentes de los lubricantes usados:

- ✓ GASES que contienen aldehídos, cetona, compuestos aromáticos, CO₂ son irritantes y actúan sobre el tejido respiratorio superior, ahogos, asma, bronquitis, efectos mutantes, Cáncer.

- ✓ ELEMENTOS como Cloro NO₂, SH₂, Sb (antimonio), Cr (cromo), Ni (níquel), Cd (cadmio), Mn (manganeso), Cu (cobre), actúan sobre el tejido respiratorio superior y tejido pulmonar.
- ✓ OTROS ELEMENTOS como - CO, disolventes halogenados (tri., per.) SH₂ producen: efectos asfixiantes, impiden el transporte de oxígeno y por tanto la respiración de la célula, los disolventes halogenados tienen efectos anestésicos y narcóticos se acumulan en el hígado con posibles efectos cancerígenos.
- ✓ METALES como Pb (plomo), Cd (cadmio), Mn (manganeso), tienen efectos tóxicos sobre el riñón, el cadmio además efectos cancerígenos sobre la próstata y el cromo sobre el pulmón.
- ✓ COMPUESTOS AROMÁTICOS como tolueno, benceno, pueden llegar a provocar leucemias, otros hidrocarburos más ligeros se acumulan en la sangre y podrían llegar a producir parálisis.

En este sentido se establecen Niveles de Contaminantes Permisibles en lubricantes usados los que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 1.1. Niveles de Contaminantes Permisibles en Lubricantes usados.

SUSTANCIA	CONCENTRACION MÁXIMA PERMISIBLE (mg/kg.-ppm)
Bifenilos policlorinados (PCB's)	50
Halógenos orgánicos totales (como Cloro)	1.000
Arsénico	5
Cadmio	2
Cromo	10
Plomo	100
Azufre	1.7% en peso

Fuente: U.S. EPA -United States Environmental Protection Agency.

En general los efectos negativos que sobre el medio ambiente pueden tener los lubricantes usados pueden ser resumidos:

- ✓ Un litro de Aceite Lubricante Usado puede contaminar 2.000.000 l de agua. Efectivamente el agua es uno de los vectores de contaminación más vulnerables a los efectos de los lubricantes usados. Según el Doctor K. Reiman, del Instituto Biológico Experimental de Bávoro de Múnich, concentraciones de aceite usados en agua de 1 mg/l. convierten aquella en No potable. El Doctor J. Holluta establecen un valor límite de 0,44 mg./l. para alterar considerablemente el sabor de agua

potable, mientras que el Doctor Knorr ha sostenido siempre valores inferiores del orden de 0,01 mg./l. como valores límites.

A esos efectos debemos añadir de forma rotunda los riesgos que implican las sustancias tóxicas contenidas en los Lubricantes usados. Dichas sustancias tóxicas proceden, como hemos visto, tanto del mismo aceite mineral, como de los procesos posteriores, principalmente, en cantidad, por la ADITIVACION añadida al aceite.

1.6 Opciones de tratamiento utilizadas en el mundo para los lubricantes usados.

La disposición de lubricantes usados, constituye un problema ambiental de mucha importancia, toda vez que el residuo debe disponerse de modo tal que se asegure que los metales pesados no volverán a estar, de cualquier manera, en posibilidad de ser absorbidos por los seres vivos. La búsqueda de información al respecto muestra cuatro opciones posibles para este tipo de tratamientos:

- ✓ Incineración.
- ✓ Encapsulamiento en el Clinker durante el proceso de fabricación de cemento.
- ✓ Vitrificación o ceramizado de los residuos.
- ✓ Utilización como llenante en el proceso de elaboración de capas asfálticas de rodadura.

1.6.1 Análisis de opciones.

1.6.1.1 Incineración.

La incineración consiste en someter los lodos a un proceso de combustión completa en instalaciones adecuadas, para convertir los distintos componentes contenidos en el lodo en gases y residuos inertes (cenizas y escorias). Para realizar la incineración de residuos con metales pesados es indispensable tomar una serie de precauciones en cuanto a la temperatura de combustión y el tiempo de permanencia de los gases en el horno.

La figura 1.2 se presenta un esquema de los procesos que ocurren durante la combustión y se centra en los productos de la combustión propiamente dicha, aquellos que proceden de la oxidación de los materiales que contienen C, H y S, en función de la temperatura. La primera etapa de temperatura corresponde a la eliminación del agua y al comienzo de la fase de volatilización. Es a partir de este momento donde inician las reacciones de combustión.

Las flechas indican el rango de temperaturas mínima y máxima en las que suele iniciarse y concluirse el proceso. La zona fundamental, que abarca de los 300 a los 1.000°C corresponde a la oxidación de la materia orgánica con la consiguiente formación de SO_x , CO y CO_2 . A medida que se incrementa la temperatura se inicia la formación de NO_x de origen térmico, esto es a partir del nitrógeno del aire. Cuanto mayor sea la temperatura tanto mayor será la fase vítrea de la escoria formada y más peligro existirá de volatilización de metales.

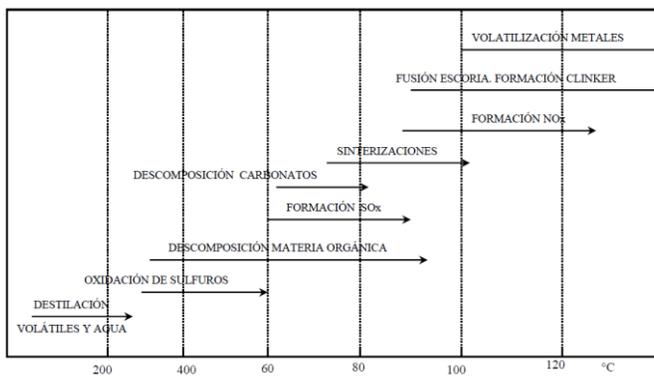


Fig. 1.2 Procesos que ocurren durante la combustión.

Fuente: 1 CASTELLS, Xavier Elías. "Tecnologías avanzadas para la valorización de residuos y subproductos industriales", UPB -Medellín, Mayo de 2000.

El control del incinerador se basa en la temperatura, aporte de oxígeno y combustible, tiempo de residencia y turbulencia necesaria para completar la reacción. La temperatura de combustión generalmente se mantiene entre 900-1.000°C y la temperatura de salida de los gases en 300°C aproximadamente, con tiempo de residencia de 2 segundos en promedio. Estas condiciones de operación permiten la salida de compuestos de metales pesados en las escorias, lo cual a su vez exige un esquema final de disposición para estas.

Como ventajas de este método se destacan: máxima reducción del volumen, reducción de compuestos orgánicos tóxicos, posible recuperación de energía.

Como desventajas de este método se destacan: tecnología costosa, requiere dispositivos especiales para control de gases para cumplir regulaciones sobre emisiones y se requiere un procedimiento para la disposición final de las escorias.

1.6.1.2 Encapsulamiento en el Clinker.

Los hornos de cemento operan a temperaturas muy altas. Típicamente, el material sólido puede salir a temperaturas del orden de 1.350°C a 1.550°C, mientras que la temperatura de los gases puede ser superior en cientos de grados.

Por otra parte, la cantidad de metales presentes tanto en las materias primas para fabricación de cementos como en los combustibles utilizados puede exceder, y frecuentemente lo hace, los límites considerados para emisión en residuos y para los combustibles convencionales. El cemento es una mezcla de compuestos que forma complejos con los metales, disminuyendo la volatilidad de algunos de ellos en condiciones de combustión. En consecuencia, muchos metales son mucho menos volátiles cuando se asocian al cemento que en condiciones normales.

Otra característica importante de los hornos de cemento es su diseño que contempla la recirculación del material volátil. La recirculación de metales volátiles entonces ocurre cuando estos se vaporizan, condensan y retornan al sistema. Los hornos de cemento utilizan un proceso en contraflujo en el cual aire y combustible se introducen en un extremo del horno, mientras las materias primas se introducen por el extremo opuesto. Así mientras la mezcla de aire y combustible viaja a través del horno, transfiere calor a las materias primas para producir el Clinker. En esta zona de alta temperatura, los metales tienden a volatilizarse pero al continuar con los gases de combustión a través del proceso se enfrían nuevamente, condensándose sobre la superficie de las partículas de materia prima. Esta "recirculación interna" ocurre también cuando los metales condensados son recirculados junto con la materia prima.

Algunos metales que escapan en la corriente gaseosa y van hacia la chimenea, deben pasar a través de un colector de partículas, que separa la mayoría de ellas junto con los metales condensados. Típicamente, la inmensa mayoría de los hornos de cemento recirculan estos materiales. Estos hornos rotatorios suelen tener un diámetro entre 3 - 5 m y hasta 150 m de longitud, en donde esta sustancia es sometida a temperaturas por encima de los 1.400°C con una atmósfera oxidante y un tiempo de residencia de los gases en el interior del horno que supera los 4 segundos, condiciones suficientes para destruir la mayoría de los compuestos (Duda 2010) .

Como ventajas podemos mencionar: existen antecedentes de utilización de esta tecnología en la quema de residuos peligrosos similares y permite el aprovechamiento del residuo.

Como principal desventaja es que los metales pesados no se destruyen, sino se incorporan a la matriz del cemento (encapsulamiento).

1.6.1.3 Vitrificación.

Las tecnologías actuales para la disposición final de lubricantes usados consideran la vitrificación o ceramización como el método más seguro para el logro de este objetivo. En ambos casos el residuo entra a formar parte íntima (química) del nuevo compuesto por lo que su futuro comportamiento será bueno, pero si el residuo es solo retenido físicamente, sin cambio de estructura morfológica y/o química quedará encapsulado y su futura evolución depende más del medio donde se halle que de su propia estabilidad y resistencia. En el primer caso se habla de ceramización o vitrificación (y verdadera inertización) mientras que en el segundo escenario se debe hablar de encapsulación. El material entra por gravedad o empujado por un pistón hidráulico, a la balsa del horno. Inmediatamente por encima de éste nivel se hallan instalados uno o varios quemadores, que mantienen la bóveda a alta temperatura (bóveda radiante). Los gases de combustión salen al exterior por la chimenea superior. Por lo general la chimenea dispone de un sistema de intercambio de calor que se utiliza para precalentar el aire de combustión. Desde el punto de vista ambiental los gases de un horno de fundir deben ser tratados ya que, independientemente de la naturaleza del material procesado, siempre hay material particulado que debe retirarse antes de emitir los gases a la atmósfera.

El material va adquiriendo temperatura a medida que se acerca al rebosadero de salida. No obstante se precisa contar con un quemador auxiliar, para reducir la viscosidad y permitir que el fundido caiga en chorro continuo, sobre un recipiente con agua fría.

El sistema esquematizado en la figura corresponde al horno de fusión continuo o de balsa. También los hay intermitentes, que consisten en un horno cilíndrico semejante a los de Clinker, pero el consumo energético es mucho más elevado.

Dentro de las ventajas se encuentran: es la tecnología universalmente más segura para la inertización de residuos peligrosos, la posibilidad de lixiviados es relativamente nula.

Como desventajas se tiene que hasta la fecha no se conocen antecedentes de implementación de esta tecnología en el país y es sumamente costosa.

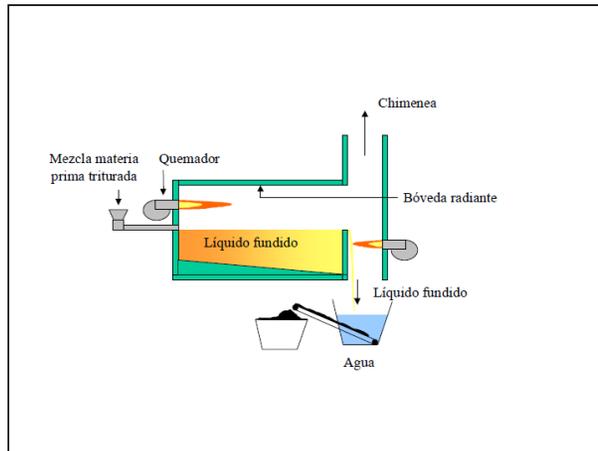


Fig.1.3 Principio de Funcionamiento de un Horno de Vitrificación.

1.6.1.4 Adición a mezclas asfálticas.

La incorporación de los lubricantes usados a las mezclas asfálticas consiste en su adición como material llenante o "filler" en la formulación de capas de rodadura. El material fino que conforma la mayor parte de estos desechos aporta partículas de muy pequeño tamaño que contribuye al logro de una capa de rodadura de condiciones de rodaje más terso. Los metales pesados se incorporan a los poros de los agregados finos de la mezcla, recubriéndose durante el proceso con una capa de asfalto. De esta forma se logra un encapsulamiento de los contaminantes.

La cantidad de desecho que puede usarse depende en primer lugar de la clase de suelo presente en la sub-rasante y en segundo lugar del tipo de obra que se va a realizar. Dependiendo del tipo de ligante que se utilice, la mezcla asfáltica puede ser aplicada in situ, bien en frío o en caliente, para finalmente ser compactada con el vehículo compactador.

En el caso de las mezclas asfálticas, al estar estas expuestas a factores ambientales externos que aportan agua, tales como lluvias, condensación, etc., puede producirse un "lixiviado" que eventualmente, si hay fisuras en el recubrimiento asfáltico de los agregados como producto de oxidación por envejecimiento o por mala aplicación de la mezcla, puede

liberar compuestos de metales pesados al ambiente. Actualmente no hay una posición clara al respecto y se desarrollan investigaciones sobre posible lixiviación de estos compuestos metálicos, especialmente en mezclas asfálticas ya envejecidas.

Dentro de *sus ventajas* está ser una alternativa muy sencilla, y su utilización no implica costos adicionales, no requiere de mano de obra calificada para su implementación y los metales pesados quedan encapsulados dentro de la mezcla asfáltica, reduciendo sustancialmente su peligrosidad.

Como desventajas se encuentran: es una técnica poco conocida debido a que su utilización no ha sido muy difundida, existe posible riesgo de lixiviación.

1.6.2 Valoración Ambiental de Alternativas.

1.6.2.1 Consideraciones básicas.

Para la valoración de las alternativas de tratamiento de los lubricantes usados, se consideran siete factores básicos a los cuales se les ha asignado una importancia y un puntaje específicos dentro del proceso, el cual finalmente se resume en una matriz evaluativa. La definición de cada uno de los factores considerados se presenta a continuación:

✓ Disminución de la peligrosidad del residuo:

El principal inconveniente de los lubricantes usados radica en que estos contienen metales pesados y otros compuestos de carácter peligroso. Entre los metales más peligrosos para el hombre y el ambiente están el plomo y el zinc, los cuales representan los mayores porcentajes dentro de la caracterización del desecho. La alternativa de tratamiento y/o disposición final para estos, supone la eliminación de la toxicidad de los compuestos o bien la destrucción o confinación de éstos en una estructura desde la que no represente peligro alguno para el medio, es decir el residuo debe ser convertido en su forma más insoluble posible, para evitar que sea reincorporado de nuevo al ambiente externo. Por estas razones este es el factor más importante a considerar dentro de un proceso de análisis de alternativas.

✓ Disponibilidad de la tecnología.

Significa que la alternativa sea asequible técnicamente dentro del contexto local para que pueda ser implementada.

✓ Flexibilidad del esquema del tratamiento.

Significa que el procedimiento se adapte a condiciones de calidad muy variables de los lubricantes usados y por tanto de los lodos provenientes de su tratamiento.

✓ Efectividad y confiabilidad.

La tecnología a implementar en el tratamiento del residuo cumpla ciertamente con la función para la que fue diseñada, garantizando los resultados esperados al ser implementada.

✓ Costos.

Debe considerarse aquellos aspectos que inciden directamente en los costos totales del proceso. Estos deben ser lo más bajos posible para que justifiquen económicamente el tratamiento. Sin embargo, el hecho de que una tecnología sea costosa no implica su descarte si los resultados obtenidos son los esperados. Este es un importante factor en el proceso de selección.

✓ Subproductos y posible lixiviación.

Hace referencia a los desechos que en dado caso haya lugar por efectos del proceso mismo de tratamiento del lodo. Puede ser una emisión, un vertimiento o escorias. Una vez definidos los factores cualitativos de importancia, se establece la matriz de valoración ambiental en donde cada una de las alternativas explicadas se califica según la importancia asignada a cada factor establecido.

En la tabla siguiente se muestra la matriz de valoración establecida en la regulación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Agencia Europea de medio Ambiente para las distintas opciones de tratamiento de lubricantes usados.

Tabla 1.2 Matriz de valoración.

FACTOR	PESO	Cemento	Incinerador	Vitrificación	Asfaltos
Disminución de riesgo	30	25	15	30	20
Disponibilidad	20	20	10	10	20
Flexibilidad	15	15	15	15	15
Efectividad	10	10	0	10	5
Costos	15	10	10	5	15
Subproductos	10	10	5	10	5
TOTAL	100	90	55	80	80

Análisis de resultados.

Desde el punto de vista de disminución de la peligrosidad, la vitrificación se constituye en la alternativa que mejor cumple con este propósito, lo que significa la eliminación de los riesgos para la salud y el ambiente por la peligrosidad del residuo. De acuerdo con la disponibilidad de las tecnologías, los cementos y los asfaltos son dos sectores que tienen mayor representación en el contexto nacional. Debe hacerse notar que no hay investigaciones conocidas sobre vitrificación dentro de la industria cerámica nacional.

Con relación a la flexibilidad del esquema del tratamiento, la adición de lubricantes usados a las mezclas asfálticas no presenta limitaciones para su implementación con respecto a la concentración de las sustancias peligrosas del desecho. Las otras alternativas previstas, igualmente presentan mucha flexibilidad frente a cambios en la composición de los desechos a tratar.

La efectividad y confiabilidad de la vitrificación radica en que es la alternativa que mejores resultados proporciona en el tratamiento de residuos peligrosos inorgánicos como lo son los lubricantes usados.

Sin lugar a dudas la alternativa más económica es la adición a mezclas asfálticas, pues no se requiere de infraestructura adicional. La cantidad de posibles residuos derivados de los diferentes tratamientos es mayor en el proceso de incineración, debido a las cenizas que deberán ser dispuestas y las emisiones que deben ser tratadas posteriormente.

La lixiviación de compuestos de metales pesados es una posibilidad en el caso de la utilización de lodos en la composición de mezclas asfálticas. La ciencia y las tecnologías actuales no han dicho aún su última palabra en cuanto a las alternativas para la disposición final de estos desechos. En el caso de Cuba, deberá incluirse la posición de las empresas que eventualmente pudieran intervenir en el proceso, como plantas de asfalto, empresas de cerámicas (pisos, vitrificados, etc.) y la industria del cemento. Esta última ha mantenido un constante interés en participar en este tipo de investigaciones, de hecho actualmente está quemando lubricantes usados en algunas instalaciones y a nivel mundial es notable su aporte a la destrucción de residuos peligrosos. Por estas razones, para los efectos de este trabajo se le considera la opción más apropiada para la disposición inicial de este residuo.

1.7 Gestión integral de lubricantes usados en Cuba.

Como se mencionó anteriormente, los lubricantes usados constituyen uno de los principales desechos generados en Cuba, no contando actualmente con tecnologías para regenerarlos y refinarlos para su utilización nuevamente. Esta alternativa no se descarta en un futuro.

No obstante existen indicaciones Ministeriales que establecen su uso como combustible, autorizando la incineración de los lubricantes usados en los hornos de clinker de las fábricas de cemento, los de las fábricas de vidrio u otros, en los que se alcancen temperaturas superiores a los 1000 °C. Igualmente, se establecen los requerimientos incluidos en las licencias para estas prácticas dentro de las cuales las más relevantes son las siguientes:

- ✓ Las instalaciones que incineraran los lubricantes usados solo podrán recibir los mismos de entidades que cuenten con la Licencia Ambiental correspondiente.
- ✓ Los medios utilizados para el transporte de los lubricantes usados garantizarán una adecuada hermeticidad para evitar posibles derrames durante el traslado. De igual forma se garantizará que no se produzcan vertimientos de aceite al medio durante la carga y descarga de los mismos.
- ✓ Las facilidades de almacenamiento en las Empresas Comercializadoras de Combustible, en las Unidades Generadores y en las Entidades de Incineración autorizadas, cuentan con cubetos de contención, con la capacidad requerida, adoptándose medidas de control durante la carga y descarga para evitar el derrame de aceite fuera de los cubetos y la recogida inmediata de cualquier vertimiento que se pueda producir.
- ✓ No se autoriza la incineración de lubricantes que contengan bifenilos policlorados (PCBs).
- ✓ Las Unidades Generadores de los Lubricantes usados, durante el manejo y almacenamiento dentro de su entidad, tienen que garantizar que los mismos no se contaminen con otros desechos o productos. Especial atención se deberá prestar a los envases utilizados para el almacenamiento de los lubricantes usados, los que no deberán haber contenido productos químico-tóxicos, desechos peligrosos y sustancias halogenadas.

- ✓ Las entidades generadoras son las encargadas de solicitar a las Empresas Comercializadoras de Combustible la recogida de los lubricantes usados acumulados.
- ✓ El Monitoreo óptimo que deben realizar las entidades que incinerarán los Lubricantes usados, debe incluir:
 - Los parámetros de combustión de forma continua: opacidad, CO, HC totales, temperatura y O₂
 - Con frecuencia al menos mensual: HCL, CO₂, NO_x y SO₂
 - Periódicamente: dioxinas y furanos y metales pesados.

Estos monitoreos se deben iniciar al menos 6 meses antes de comenzar la incineración de los lubricantes para tener establecido la línea base y deben mantenerse durante un año después de iniciada la incineración de los mismos. Sus resultados serán presentados al CITMA para su análisis y evaluación con vistas a adoptar las posibles medidas correctoras de impactos negativos que se detecten y para el rediseño de los parámetros y frecuencia de muestreo, en función de los resultados obtenidos, con vista a optimizar los recursos. Lo antes referido, no excluye la posibilidad de que se haga un análisis de cada caso y se apruebe un monitoreo más flexible, por parte de la Autoridad Ambiental.

En todo el país se impulsa la recogida de esos lubricantes, para mezclarlos con el crudo cubano en la fábrica de cemento Siguaney, medida que puede tener un gran impacto económico y medioambiental. Cada vez que se cambia un lubricante, el producto ya usado no se utiliza más porque perdió sus propiedades. No obstante muchos desconocen es que este producto ya usado, tanto en medios de transporte automotor como en grupos electrógenos o industrias, es un desecho peligroso.

Los lubricantes usados que se recolectan en nuestro país son los de motor (todos), los de transmisión (todos) y los industriales (circulación, hidráulicos, reductores, turbo y refrigeración). La Resolución 136 del 2009, del CITMA, que regula el manejo integral de desechos peligrosos, establece que las entidades tienen que recoger sus lubricantes usados y preservarlos adecuadamente.

Las empresas grandes generadoras solicitan la recogida a la entidad comercializadora de combustible, la Unión Cubapetróleo (CUPET), y aquellas que tengan pocas cantidades hacen el traslado por medios propios hasta la Refinería Sergio Soto, de Cabaiguán, que es la industria encargada de almacenar los lubricantes usados antes de su envío a la Fábrica de Cemento Siguaney.

Durante el 2010 en Sancti Spiritus se han recogido 23.0 MI de lubricantes usados, pero se calcula que al año es posible acumular quince veces más. Todo parece indicar que los organismos no le han dado a la actividad la prioridad que merece. Hoy sólo 20 empresas le han solicitado a la Unidad del CITMA la licencia ambiental requerida.

Periódicamente se realizan inspecciones integrales, fundamentalmente a los organismos grandes generadores de esos desechos, aplicando el instrumento coercitivo que es el Decreto Ley 200 Contravenciones en materia de Medio Ambiente, con el objetivo de sancionar a las entidades incumplidoras. No obstante lo que se persigue es que todo el aceite usado se co-procese, o lo que es lo mismo, se mezcle con el crudo cubano en los hornos de clinker de la Fábrica de Cemento Siguaney. Allí a 1 600 °C, el desecho se elimina de forma segura, y no es esa la única ventaja.

“Cuando se mezclan estos desechos peligrosos con el crudo cubano, que es el combustible empleado en los hornos de clinker, se reduce el porcentaje de azufre que tiene ese crudo por debajo del 6 por ciento, lo que indudablemente tiene un beneficio para el medio ambiente, al emitir menos gases contaminantes a la atmósfera..

Esa industria, ubicada en el municipio de Taguasco, ahorra alrededor de 200 pesos (moneda nacional) cada vez que sustituye una tonelada de crudo cubano por lubricantes usados y lodos de grupos electrógenos. Recoger esos desechos es, entonces, una actividad de gran alcance económico y medio ambiental, por lo que todas las empresas asuman con seriedad.

En el año 2006 la generación residuos peligrosos en Cuba sobrepasaba las 1.5 MM t/año, siendo las mayores cantidades las correspondientes a residuos de mezclas de hidrocarburos y aguas, donde se incluyen los lubricantes y residuos de ácidos y bases empleados en procesos. Dentro de estos, se destacan los generados de las actividades de mantenimiento y reparación de industrias y el transporte. Aparejado a esto Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente en la Resolución 136/09 establece la confección de un Plan de Manejo Integral (PMI) por parte de todas las entidades generadoras que las obliga a diseñar y aplicar procedimientos para la gestión integral de estos residuos que permitan disminuir los costos asociados a incidentes, mal manejo y contaminación de residuos comercializables. Considerados entre los desechos peligrosos, en el país progresa la utilización de lubricantes usados como combustibles.

Esa opción, que se emplea en diversos países, resulta una alternativa especialmente favorable cuando la incineración se efectúa en los hornos de clínker de las fábricas de cemento, u otros similares, donde se alcancen temperaturas superiores a mil grados centígrados. De esta forma se contribuye a minimizar los riesgos de contaminación, además de representar una vía nada desdeñable para el ahorro de combustible.

Las empresas que utilizan lubricantes usados, están obligadas a cumplir con las disposiciones y presentar al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente su plan en lo referente a su uso, las características de su almacenamiento, transportación y las cantidades disponibles, entre otros aspectos.

Lubricantes usados procedentes de Villa Clara son utilizados como combustible en la Fábrica de Cemento Siguaney, en la provincia de Sancti Spíritus, en la Calera Palenque, del Ministerio de la Construcción, y en los complejos agroindustriales villaclareños Heriberto Duquesne, Quintín Bandera y George Washington. No obstante el empleo de los lubricantes usados todavía es bajo, a pesar de los avances, por diversas causas. Entre estas se encuentran la mala calidad de los lubricantes usados, que se contaminan donde los almacenan o carecen de condiciones para guardarlos; tampoco hay la cultura necesaria sobre la trascendencia de llevar a cabo esta operación, muy beneficiosa para la economía y el medio.

Capítulo II

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.

En este capítulo se describe la empresa, a partir de su filosofía empresarial, así como se relacionan los principales procesos generadores, volúmenes de lubricantes usados generados y estado actual del proceso de gestión de lubricantes usados.

2.1 Caracterización de la empresa Cementos Cienfuegos S.A..

La producción de cemento en la provincia Cienfuegos comienza con el triunfo de la Revolución Cubana. En el mes de Junio de 1975, se confeccionó el expediente de Tarea de Inversión para la Fábrica de Cemento de Cienfuegos, donde se planteó la localización del lugar destinado para la construcción de las instalaciones, la red de comunicación vial necesaria, las fuentes de abasto de agua y las soluciones a gestionar para la fábrica. También fueron analizados los indicadores tales como los requerimientos de abastecimiento de materias primas y factores socio - económicos para la ejecución y puesta en marcha de la industria.

El 8 de marzo de 1980 comienza la explotación del primero de los tres hornos de la Fábrica de Cemento de Cienfuegos, lo cual permitió un aumento considerable en la producción nacional de este renglón. La Fábrica de Cementos "Karl Marx", fue inaugurada por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y el presidente de la antigua República Democrática Alemana (RDA) "Eric Honecker". La fábrica la conformaban tres líneas paralelas de producción con una capacidad instalada de 1.5 Mt/a de clinker (tres hornos rotatorios de 500 000 t/año de clinker), con tecnología de producción de vía seca que se mantiene hasta hoy.

Después de 21 años de explotación, en el año 2001 se decide la constitución de las Empresa Mixta Cementos Cienfuegos S.A. que comienza con un proceso de mantenimiento general a la línea I, continuando con la rehabilitación y modernización de la línea III, para restablecer su capacidad productiva y alcanzar su capacidad de diseño. En noviembre del 2004 se realiza la puesta en servicio de la línea III.

El comportamiento productivo de la fábrica ha ido en ascenso. El año 2007 cerró con una producción superior al millón de toneladas de clinker y se implantaron nuevos record históricos de producción para un mes. En el año 2013 se alcanzó la mayor producción registrada desde su reestructuración llegando al 1.106 MMt de clinker.

2.1.1 Misión, visión y política de la empresa.

Cementos Cienfuegos S.A. es una empresa mixta, perteneciente al Ministerio de la Construcción, destinada a la producción y comercialización de clinker y cemento consignados a clientes nacionales y extranjeros, ubicada en el Municipio Cienfuegos.

La empresa tiene como misión y visión:

Misión: Nuestro propósito es ser una empresa productora de clinker y cemento para el desarrollo de las personas, la empresa y la sociedad.

Visión: Somos líderes en la fabricación de cemento y una de las mejores empresas industriales de Cuba con índices de seguridad industrial, medio ambiente, calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad a nivel internacional; con una gestión de excelencia y un equipo de trabajo comprometido con la satisfacción de nuestro personal, proveedores, clientes, accionistas y el entorno.

Política: “Producimos y comercializamos clinker y cemento para el servicio de nuestros clientes, priorizando nuestro capital humano, conservando el medio ambiente, mejorando continuamente nuestros procesos y creando valor para las partes interesadas”.

2.2 Descripción de los procesos productivos.

El proceso de producción de cemento se divide en tres etapas básicas:

Primera etapa: Extracción, preparación y molienda de materias primas. Las materias primas, caliza, marga y mineral de hierro, se extraen de las canteras, las que son transportadas hasta el área donde se trituran y secan. Posteriormente se dosifican a los molinos de crudo hasta obtener la harina o crudo.

Segunda Etapa: Cocción del crudo en hornos rotatorios. Una vez homogenizada la harina entra a los hornos rotatorios, en los que se desarrolla el principal proceso de la planta: la clinkerización.

Tercera Etapa: Molienda del clinker con otros componentes: yeso y adiciones para dar lugar a los distintos tipos de cemento. La distribución del cemento puede ser a granel o ensacado.

2.2.1 Materias Primas.

La marga y la caliza son extraídas por voladura con el empleo de explosivos, posteriormente son transportadas, trituradas, secadas, almacenadas y finalmente dosificadas. Los correctores se extraen con buldócer (generalmente) y transportados a la fábrica siguiendo el mismo curso que la marga y la caliza.

La caliza, marga, el perdigón y las tobas puzolánicas son transportados por camiones desde las canteras hacia la instalación de Materias Primas. Todos los materiales (caliza, marga y perdigón) deberán ser secados hasta 7 o 12 % de humedad como máximo y triturados en el área de la trituradora primaria existente, en operaciones intermitentes. Una criba de alta eficiencia se encuentra instalada antes de la tolva de alimentación de la trituradora primaria para separar los finos (granulometría menor que 75 mm), que serán alimentados directamente al secador rotatorio ubicado en esta área.

Las materias primas trituradas, son conducidas por bandas transportadoras hasta los seis silos de caliza (2 por línea) y en el caso de la marga, perdigón y las tobas puzolánicas, hacia la nave para materiales secos. Una vez dispuestos en la nave de materia prima seca, la marga y el hierro son transportados por bandas hacia las tolvas de almacenaje intermedio para ser dosificado.

El despolvado en el área de trituración se realiza mediante dos separadores ciclónicos, a la salida del secador se encuentra instalado el filtro de mangas y en cada torre de transferencia de las bandas transportadoras hasta la fábrica se instalaron filtros de mangas.

2.2.2 Producir clinker.

2.2.2.1 Dosificación y molienda de crudo.

La caliza dispuesta en silos, marga más puzolana y el perdigón, son dosificadas y conducidos juntos hasta la estación de molienda de crudo, donde se trituran y se secan en el molino de bolas horizontal, aquí se produce la harina que es transportada por medio de elevadores de cangilones a los silos de mezcla u homogeneización (2 por línea), el polvo de arrastre pasa al separador y se envía al electrofiltro, el material separado se incorpora mediante los sinfines y se envía al precalentador.

Una vez verificada la calidad (composición de la mezcla) la harina cruda pasa a los silos de almacenaje por medios neumáticos.

2.2.2.2 Piroproceso.

De los silos de almacenaje, la harina cruda es conducida a la parte superior del precalentador, donde comienza a ponerse en contacto con los gases calientes provenientes de la combustión del petcoke.

El calor suministrado por los gases de combustión provoca la descarbonatación del Carbonato de Calcio, que se descompone en CaO y CO_2 , la pérdida de agua de constitución de la marga que proporciona la alúmina y sílice, la fundición de óxidos de hierro y la elevación de temperaturas hasta los $1700\text{ }^\circ\text{C}$ aproximadamente. Alcanzadas estas condiciones los óxidos se combinan en distintas formas entre sí, con lo cual se obtiene el clinker, como producto fundamental a la salida del horno, el CaCO_3 y MgCO_3 se transforman en CaO y MgO con la emisión de CO_2 , terminando su cocción en el horno rotatorio donde ocurre la clinkerización, que da lugar a un producto intermedio denominado clinker, el cual es descargado al enfriador de parrillas para su enfriamiento mediante aire suministrado por varios ventiladores.

Los gases calientes pasan por filtros de mangas. Una vez desempolvados los gases son expulsados al ambiente por la chimenea. Los polvos recuperados se incorporan al proceso con el clinker seco y frío.

Posteriormente el clinker es transportado por la cadena de arrastre y elevador de cangilones a los silos (2 por línea) de almacenamiento de clinker.

La fuente de calor del horno es el petcoke durante el proceso normal y durante la arrancada se utiliza el diésel para el precalentamiento por un tiempo de duración (10 - 24 horas).

2.2.2.3 Preparación de combustibles.

El combustible sólido (petcoke), es importado (PDVSA Venezuela) y colocado en el patio de almacenamiento a cielo abierto, se envía mediante banda transportadora hacia las tolvas de recepción, dosificándose para la molienda y secado en un molino vertical de alta eficiencia, este material se deposita en la tolva de finos para la alimentación de combustibles al horno.

2.2.3 Producción de cemento.

El clinker es extraído mediante extractoras de los silos (con sistema de desempolvado) a la banda donde se dosifica junto con yeso y otros componentes a la mezcla, tales como puzolana, consideradas como adiciones activas, o calizas y se envía a los molinos de cemento para su molienda y la obtención de Cemento Portland Gris. Para la separación de los gruesos y los finos a la salida del molino se encuentran instalados ciclones separadores, los finos son enviados a las tolvas y de ahí a los silos de cementos mediante bandas transportadoras; la mezcla de gases y polvo generado en los ciclones pasan a un electrofiltro, donde son finalmente separados enviándose los gases a la chimenea y los finos se incorporan a las tolvas nuevamente y de ahí a los silos.

El producto final transportado a silos de almacenaje es posteriormente despachado a granel o en bolsas por medios de transporte automotor o por ferrocarril. Para el llenado de bolsas se cuenta con 3 máquinas ensacadoras.

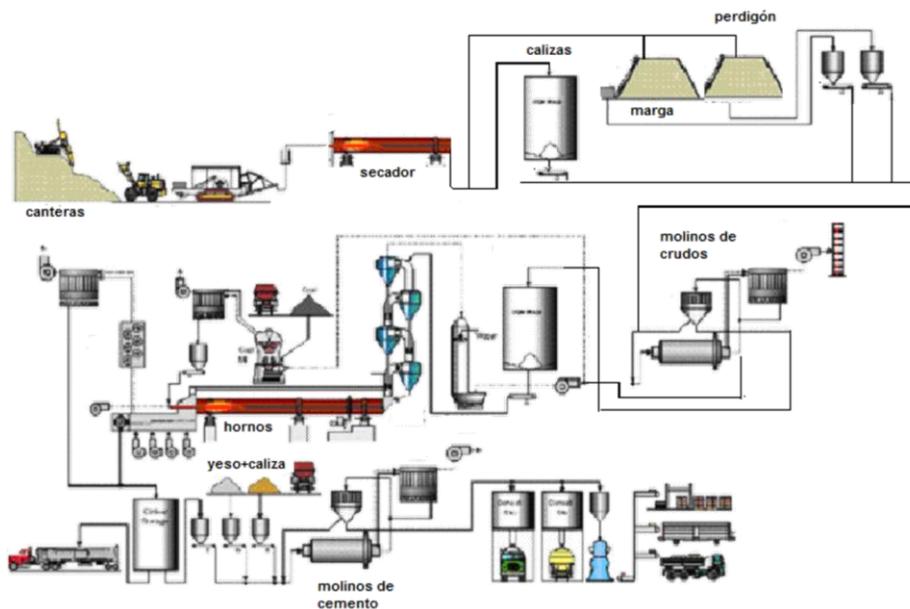


Fig. 2.1 Esquema del proceso productivo de cementos Cienfuegos S.A.

En la totalidad de los procesos de producción los equipos fundamentales y que representan la inmensa mayoría están constituidos por elementos rodantes.

2.3 Consumos de grasas y aceites.

En los esquemas de balances de materiales se muestran los consumos de grasas y lubricantes anuales generados por los procesos, los que son acumulados para su destino final.

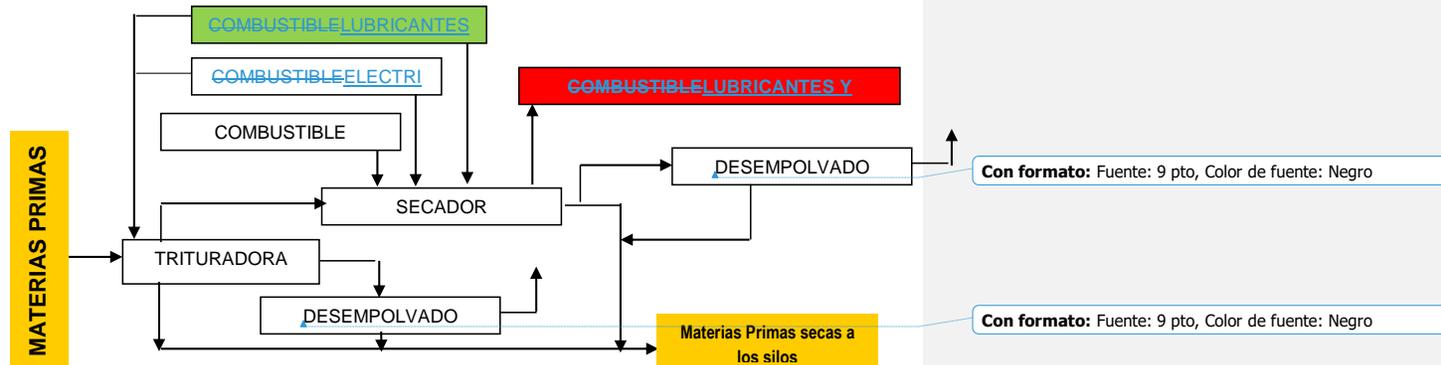


Fig. 2.2 Flujograma del proceso MATERIAS PRIMAS.

Tabla 2.1 Flujo de materiales Proceso MATERIAS PRIMAS.

PROCESO Materias PRIMAS

Datos Generales

Cantidad total de materias primas anual 1570350 ton

CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS

Caliza de alta 1185264.4 ton
 Caliza margosa 112944.14 ton
 Zeolita 65904.6 ton
 Marga 190533.5 ton
 Perdigón 15703.5 ton

INSUMOS

Consumo de electricidad 3.72 kW-h/ton
 Consumo de combustible Diésel 217 456 litros
 Consumo combustible petcoke 303 000 ton
 Lubricantes 9243 l/a
 Grasas 3075 kg/a

SISTEMA DE DESEMPOLVADO

Recuperación por sistema de desempolvado 28266.3 ton/a

Carga aportada al medio	Caliza	Marga	Perdigón	Zeolita	Petcoke
[ton/a]	36.62	10.74	1.46	2.40	0

LUBRICANTES USADOS

Lubricantes 9240 l/a
 Grasas 3070 kg/a

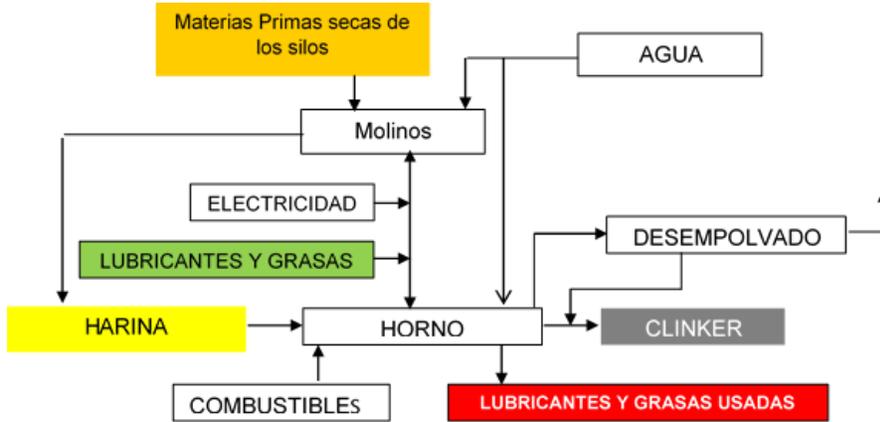
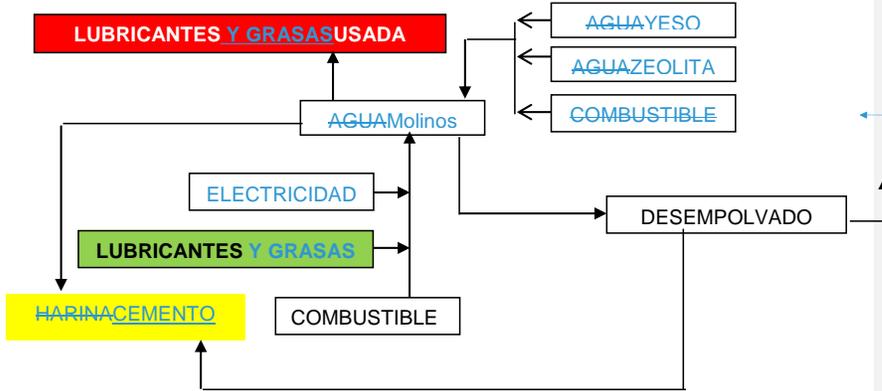


Fig. 2.3 Flujograma del proceso PRODUCIR CLINKER.

Tabla 2.2 Flujo de materiales Proceso PRODUCIR CLINKER.

Datos Generales						
Producción total anual	981 469 ton					
Consumo calórico medio	760 kcal/kg clinker					
Poder calórico medio del petcoke	7500 kcal/kg de petcoke					
Cantidad de Harina	1570350 ton					
Grasas	7680 kg/a					
Lubricantes	15405 l/a					
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS						
Material	% en la Harina	CALIZA	MARGA	ZEOLITA	Perdigón	
Caliza	82.67	1185264.4				
Marga	16.33	112944.14		65904.6		
Perdigón	1				15703.5	
INSUMOS						
Combustible Diésel	227.972 Ml					
petcoke	99 455.49 ton					
Consumo de agua	587.3 m³/h					
Consumo de electricidad	80.88 kWh/ton					
SISTEMA DE DESEMPOLVADO						
Recuperación por sistema de desempolvado	230841.45 ton/a					
Carga aportada al medio		Caliza	Marga	Perdigón	Zeolita	Petc
		[ton/año]	22.32	4.59	0.33	1.97
					1.05	196.92
LUBRICANTES USADOS						
Grasas	7660 kg/a					
Lubricantes	15400 l/a					



Con formato: Centrado

Fig. 2.4 Flujograma del proceso PRODUCIR CEMENTO.

Tabla 2.3 Flujo de materiales Proceso PRODUCIR CEMENTO.

Datos Generales	
Producción total de Cemento	533 689 ton
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS	
Zeolita	37496 ton
Clinker	467577 ton
Yeso	27302 ton
INSUMOS	
Consumo de electricidad	32.37kW-h/ton cemento
Agua	71.0 m ³ /ton cemento
Lubricantes	6162 l/a
Grasas	3075.2 kg/a
SISTEMA DE DESEMPOLVADO	
Recuperación por sistema de desempolvado	533.68 ton/a
Carga aportada al medio	Cemento
[ton/a]	106.74
LUBRICANTES USADOS	
Lubricantes	6150 l/a
Grasas	3070 kg/a

Tabla 2.4 Consumo de Lubricantes anuales por tipos.

Tipo	Cantidad ML	Requisitos de uso	almacenamiento
Grasas	18,968.00	Equipos tecnológicos	Almacén de lubricante en consignación y de fábrica
Aceite lubricante motor	26.84		
Aceite lubricante transmisión	5.97		
Aceite lubricante industrial (incluye hidráulico)	36.83		

2.4. Actual manejo de lubricantes usados.

El 90% del lubricante se destina al consumo de equipos tecnológicos y el 40% restante lo consumen los no tecnológicos. El lubricante tecnológico generalmente se recoge en tanques de 55 galones y se ubica en lugares cercanos a donde se genera donde se recogen y se envían a un repositorio temporal en las cercanías de la nave de marga.

En relación al aceite lubricante usado, es práctica generalizada utilizarlo para la lubricación de catalinas de molinos de crudo y cemento, pero que se encuentra fuera de control ya que no se lleva registro sobre el consumo por equipo y no se excluye que se produzca algún tipo de derrame que pudiera provocar un impacto ambiental disperso. Esto se debe a que no existen instrucciones que establezcan los requisitos y medidas de seguridad para estas actividades.

No obstante, existe un procedimiento que establece los requisitos generales para la gestión de desechos peligrosos que incluyen los impregnados en residuos aceitosos en su totalidad y donde se establece como destino final la incineración en el horno de Línea III, pero no establece las acciones específicas para ello. Existe la Licencia Ambiental para el manejo integral de los desechos peligrosos emitidas por el Órgano de Supervisión Estatal del CITMA, pero aún no se tiene un tratamiento final para los lubricantes usados, lo cual provoca un desconcierto en los generadores por el aumento de los inventarios.

En años anteriores se enviaban hacia la calera de Pepito Tey los lubricantes usados los que se mezclaban con crudo cubano y se utilizaba como combustible en los hornos (cogeneración), debido a la presencia de contaminación con harina este tipo de combustible comenzó a producir incrustaciones y tupiciones en las boquillas del horno y se decidió por parte de la calera suspender la recepción de este desecho, incrementándose hasta la fecha los inventarios en planta.

Ante esta nueva situación se buscaron alternativas, se solicitó al incinerador del Puerto de Cienfuegos la destrucción pero el costo era muy elevado (2.00 CUC/kg sin transportación), finalmente se decidió utilizar parte del aceite para lubricar otras partes de equipos menos exigente y diseñar una instalación para incinerar el resto de los lubricantes. Esta variante resultó ser poco eficiente y no abarca la gestión del desecho en toda la magnitud que garantice las condiciones ambientales seguras durante todo su ciclo de vida.

2.5 Fundamentación de problema.

La lubricación de equipos y componentes en todas las áreas de la planta generan alrededor de 4 tanques de grasas de desecho por mes, estas constituyen un problema para la seguridad, debido a su inflamabilidad y constituyen además un desecho peligroso según lo establece la Resolución 139/2009. Por otro lado según lo establece el Plan de manejo aprobado para Cementos Cienfuegos S.A. es obligatorio un destino final para este desecho.

Hasta el año 2013 estos desechos se enviaban a la Calera Pepito Tey ubicada en la cercanía de la planta, allí se mezclaban con el combustible (crudo cubano) que se utiliza como combustible y se inyectaba en el quemador después de ser precalentados para garantizar la viscosidad necesaria para lograr su combustión completa.

La presencia de harina en este residuo debido al propio proceso productivo de la planta comenzó a producir problemas a la instalación de combustión en la calera y se tomó la decisión de suspender los envíos. En un inicio fue analizada la posibilidad de destruir este desecho en el incinerador del puerto de Cienfuegos por lo que fue realizado un contrato que incluía un costo sin transportación de 7.00 CUC/kg. Por lo que los gastos mensuales ascenderían a 5.6 MCUC/mes sin contar los costos de transportación (50.00 CUC/mes)

Por esto se decide realizar un sistema para la quema de estas grasas en los calcinadores y de esta forma dar una solución segura, definitiva y sin implicaciones medio ambientales. A partir de este momento (2013) estas grasas se comenzaron a destruir en el horno de Línea III. Este proceso se ejecutaba de forma artesanal: el lubricante era extraído de los tanques o depósitos y envasado en jabs de nylon que eran lanzadas por las escotillas laterales del horno por personal de servicio contratada.

Esta manera inicial de destruir las grasas implicaba grandes gastos de tiempo y dinero (contratación de personal) las que ascendían a 2.0 MCUC/mes y los inventarios de lubricantes usados lejos de disminuir aumentaban, ya que el tiempo de generación superaba en 1.4 veces el tiempo invertido en destruirla. Además este proceso incluían los riesgos potenciales que se muestran en la fig. 2.5.

Este proceso necesitaba en primer lugar transportar mediante izaje el contenedor de lubricante directamente a la plataforma de quema del horno, utilizándose para ello una grúa camión emplazada en las cercanías del horno, por lo que era necesario la limitación

del área y la emisión de un permiso de seguridad ya que no era excluyente la caída de la carga durante el izaje.

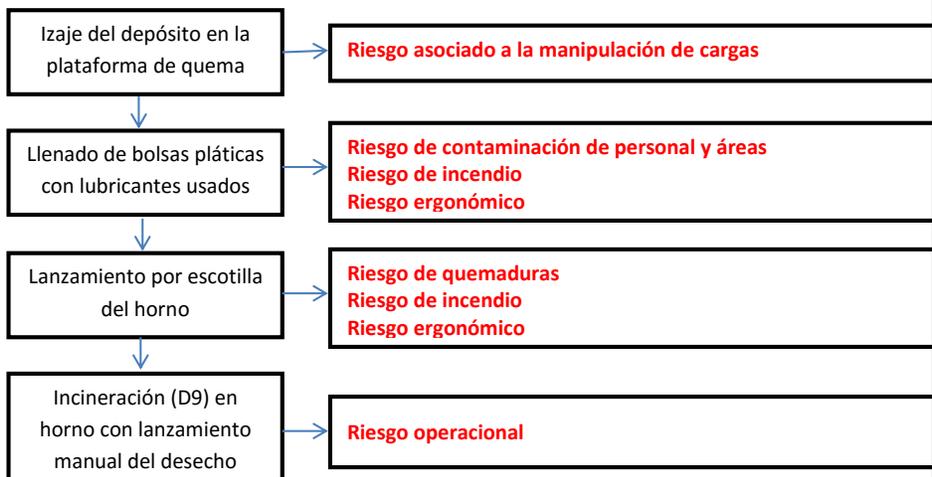


Fig. 2.5 Secuencia y riesgo del proceso manual de destrucción de lubricantes usados en Cementos Cienfuegos S.A.

Una vez en la plataforma de quema la manipulación del lubricante hacia las bolsas de nylon producía contaminación del personal y del área por lo que era necesario el uso de medios de protección (guantes, overol desechable y botas con sistema antirresbalante), el hecho de manipular grasas cerca a fuentes de calor (horno 1400 °C) hacía necesario la presencia de extintores por el riesgo de incendio y quemaduras del personal que realizaba el lanzamiento de las bolsas. La posición del hombre en el momento del llenado de la bolsa y durante el lanzamiento por la escotilla introducía un riesgo ergonómico ya que la misma se encontraba 20 cm del nivel de la plataforma donde se encontraba parado el operador obligándolo a inclinar el cuerpo (acción repetida durante todo el proceso hasta el total vaciado del depósito (4 h). El operador además se encontraba sometido a un intenso calor de manera cíclica (cada vez que lanzaba la bolsa por la escotilla del horno).

Desde el punto de vista operacional la introducción instantánea en la zona de combustión de una masa de lubricante (combustible) introducía una perturbación en la cantidad de combustible instantánea y por tanto provocaba un pico de combustión con una generación instantánea de gases (CO) superior a los valores preestablecidos en los analizadores de

gases de control de quema y por tanto se podrían sobrepasar los umbrales de operación de los electrofiltros con posibilidad de superar los límites de concentración de este gas en dicho equipo, por lo que la automática actuaba y sacaba de servicio este sistema de limpieza y por tanto se producía un cremento brusco de los valores de emisión de polvo desde $20 \text{ mg/m}^3\text{N}$ hasta $150 \text{ mg/m}^3\text{N}$.

El empleo de esta variante solo facilitó la destrucción de 8 tanques de lubricantes usados en 2 meses de trabajo, no superando el ritmo de producción de dicho desecho, por lo que se decidió su interrupción y diseñar un equipo que sustituyera al hombre y eliminara las no conformidades que provocaba esta forma manual.

Para ello fue diseñado un sistema que conecta el tanque directamente a la cámara del precalcinador ubicado en el nivel 4 del precalentador donde la temperatura superaba los $900 \text{ }^\circ\text{C}$. Para ello fue diseñado un sistema sencillo y pasivo, se colocó un tanque colector con capacidad de 900 kg a 6 metros de altura, y se le colocaron 2 termorresistencias de hasta $80 \text{ }^\circ\text{C}$ y un termómetro indicador in situ. Para disminuir la viscosidad se le adiciona aceite usado ver fig. 1. También fue necesario adoptar varias medidas de seguridad capacitación de los operadores y personal de lubricación y la colocación de dos extintores de espuma y polvo químico para caso de incendios.

La grasa debido a la temperatura fluye por gravedad hacia la zona de quema de los precalcinadores. Esta instalación para la destrucción de grasas usadas fue construida a un costo de 700.00 CUC ya que empleándose materiales y tuberías que se encontraban en desuso en la planta. Aunque este sistema eliminaba la permanencia del hombre durante el proceso de incineración no eliminaba el problema de la generación no uniforme de gases (CO) durante la combustión ya que la introducción de la mezcla combustible a la cámara del precalcinador era de forma pasiva, o sea por deslizamiento natural de la mezcla por la tubería (aislada térmicamente) que conectaba al tanque con la cámara de combustión.

En varias oportunidades hubo que parar el proceso por la inestabilidad del proceso de combustión y de la concentración de CO en los analizadores de gases con posibilidad de disparo de los electrofiltros, por lo que finalmente esa variante también fue cancelada después que se recuperó el monto de la inversión. A partir de ese momento los inventarios de este desecho peligroso se han ido incrementando hasta valores que sobrepasan la capacidad de almacenamiento inicialmente establecida para este desecho

poniendo en peligro la futura operación de la instalación si no se encuentra una solución que garantice la adecuada gestión de este desecho desde su generación hasta su destino final.

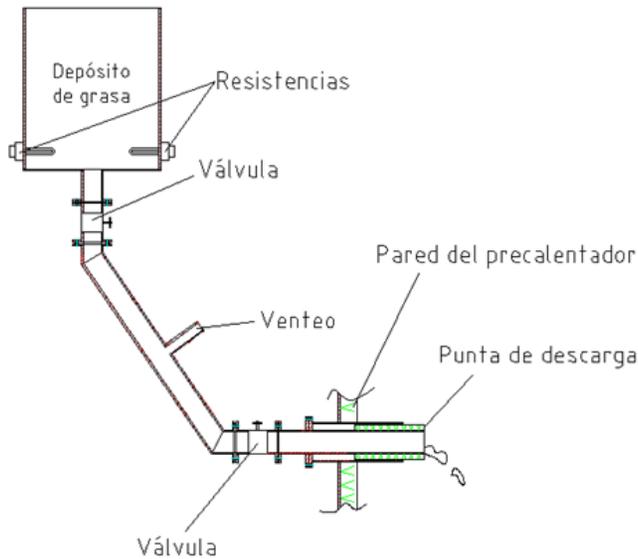


Fig. 2.6 Esquema de la instalación para la destrucción de grasas usadas.

En la actualidad se encuentran almacenados un total de 70 depósitos de 55 galones de lubricantes usados sin destino final. En la tabla 2.5 se desglosa el inventario actual.

Tabla 2.5 Desglose del inventario anual de lubricante usado generado.

TIPOS DE LUBRICANTES	TOTAL Año
ACEITES	
ACEITE MOTOR(L)	43,539.00
ACEITE TRANSMISION (L)	16,624.00
ACEITE INDUSTRIAL (L)	11,906.00
ACEITE HIDRAULICO (L)	17,130.00
TOTAL DE ACEITES	89,199.00
GRASAS (kg)	10,284.00
TOTAL	99,483.00

2.5 Aplicación de Método de Experto.

Para la identificación de los factores a tener en cuenta para el diseño del Proceso de Gestión de Lubricantes Usado se utilizó el método Delphi ya que el mismo permite recurrir a la opinión de expertos en el tema tratado para obtener un consenso de opiniones en relación a las bases de diseño. Para ello, fue determinada la cantidad de expertos utilizando la expresión siguiente:

$$n = \frac{p \cdot (1-p) \cdot K}{i^2} \quad (1)$$

Dónde:

n: número de expertos.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

i: precisión del experimento, la cual debe ser menor que 0.12.

1-α	K
99%	6.6564
95%	3.8416
90%	2.6896

Para efectuar los cálculos se tomaron los siguientes valores:

$$p= 0.01 \quad K= 6.6564 \quad i= 0.10$$

$$n= 0.01(1-0.01)6.6564/0.10^2 = 6.56 \approx 7 \text{ expertos}$$

Teniendo en cuenta los cálculos realizados se llega a la conclusión de que es necesario trabajar con 7 expertos Los que son seleccionados de acuerdo a criterios como competencia, disposición a participar y experiencia profesional en el tema.

Teniendo en cuenta lo antes expresado se decide que el grupo de expertos deberá estar conformado por:

- ✓ Experto 1: Especialista en Gestión Ambiental
- ✓ Experto 2: Especialista en Seguridad Industrial.
- ✓ Experto 3: Especialista en Mantenimiento Mecánico de Horno-Carbón.
- ✓ Experto 4: Especialista en Lubricación.
- ✓ Experto 5: Gerente de Planta.
- ✓ Experto 6: Coordinador de Procesos de Horno-Carbón.
- ✓ Experto 7: Especialista en Mantenimiento Eléctrico.

Una vez reunida la comisión de expertos que participaron en la reunión de trabajo, se determinan las bases conceptuales del nuevo proceso los que se muestran en el gráfico de la figura 2.7

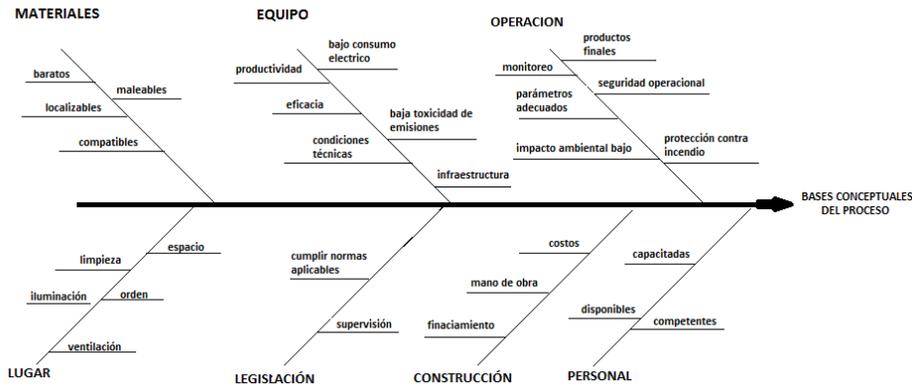


Fig. 2.7 Diagrama con las bases conceptuales del futuro proceso de destrucción de lubricantes usados.

A partir de las bases conceptuales se determina los criterios que deben ser considerados en el nuevo proceso y que se enumeran a continuación:

1. Los objetivos, metas a alcanzar en el proceso.
2. Limpieza, orden del lugar de ubicación de los desechos.
3. La ventilación del lugar de almacenamiento.
4. El entorno físico y el espacio de que se dispone.
5. La iluminación de su lugar de trabajo.
6. La supervisión de los trabajos.
7. Cumplimiento de las disposiciones y normas aplicables.
8. Capacitación del personal involucrado
9. Compatibilidad de los Materiales.
10. Mano de obra.
11. Productos finales del proceso.
12. Condiciones para eliminación del desecho peligroso.
13. Costos de construcción de la infraestructura
14. Productividad del proceso

15. Consumo de Electricidad.
16. Oportunidad de combinar con instalaciones existentes.
17. Protección contra incendios.
18. Existencia de una infraestructura industrial adecuada
19. Seguridad operacional
20. Seguridad e higiene ambiental
21. Monitoreo

Una vez confeccionadas las tablas con estos criterios se les solicita a los expertos que enumeren los mismos en función de la importancia para garantizar la eficacia del proceso de destrucción de lubricantes usados. Los resultados se tabulan y se les aplica el método de Coeficiente de Kendall (anexo I) para la selección de las variables relevantes que serán consideradas como de obligatorio cumplimiento en el proceso.

Los resultados de aplicación de este método se muestran en el anexo I. el nivel de concordancia alcanzado es de 76.28%, determinándose como factores relevantes los siguientes:

1. Los objetivos, metas a alcanzar en el proceso.
7. Cumplimiento de las disposiciones y normas aplicables.
8. Capacitación del personal involucrado.
11. Productos finales del proceso.
12. Condiciones para eliminación del desecho peligroso.
14. Protección contra incendios.
17. Productividad del proceso.
19. Seguridad operacional.
20. Seguridad e higiene ambiental.
21. Monitoreo.

En la fig. 2.8 se muestra la gráfica resultado de la evaluación por el método de Kendall donde se establecen los indicadores antes mencionados.

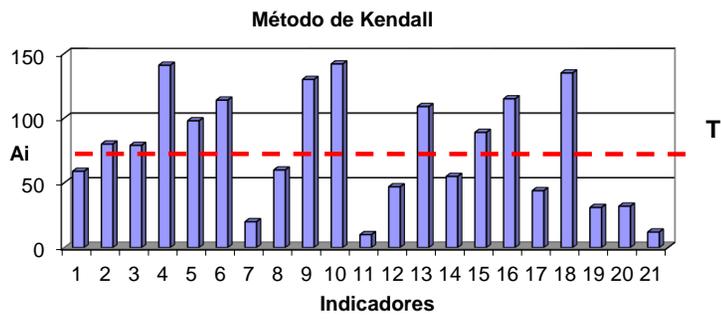


Fig.2.8 Resultado de la evaluación por el método de Kendall.

Capitulo III

CAPÍTULO III. DISEÑO DEL PROCESO PARA LA DESTRUCCIÓN DE LUBRICANTES.

En el presente capítulo se realiza el diseño del proceso de gestión de los lubricantes usados aplicable al manejo ambientalmente seguro de los lubricantes usados provenientes de la función lubricación, manejado por el proceso de mantenimiento en las diferentes áreas tecnológicas y productivos: talleres mecánicos, servicios de lubricación de equipos tecnológicos y no tecnológico y el transporte minero, incluyendo los equipos portuarios de carga de clinker y descarga de petcoke como uno de los componentes de mayor impacto por su localización en aguas de la Bahía de Cienfuegos.

En general los procesos generadores de desechos de lubricantes usados fueron debidamente descritos en el capítulo II no obstante por su importancia y magnitud se agrega los equipos portuarios de Cementos Cienfuegos S.A. (incluidos en el proceso cemento), asociados al proceso de actividades portuarias, ya que durante los mantenimientos se generan unos 150 kg de lubricantes usados (grasas y aceites) directamente en la plataforma del muelle de atraque zona 6 (sobre las aguas de la bahía cienfueguera). Esta zona está cubierta por los requisitos de la licencia ambiental para operaciones portuarias otorgada a Cementos Cienfuegos S.A. en donde se establece la prohibición del vertido y/o contaminación con estos desechos de la aguas de la bahía o su litoral, por lo que es obligatorio su inclusión en el proceso de gestión de lubricantes usados y recibir un tratamiento similar a los sistemas tecnológicos y no tecnológico de la empresa.

El proceso incluye el cumplimiento del Marco Legal que se dispone en la Constitución de la Republica, Ley Ambiental y sus Reglamentos, el reglamento para las Operaciones portuarias, las licencias ambientales, planes y programas ambientales para la gestión de desechos peligrosos y el plan de manejo de desechos peligrosos de la empresa.

Para el diagnostico, se tomaron como base las encuestas, registros de lubricación y visitas a los puntos generadores en las que se desarrollan las actividades en las cuales se utilizan lubricantes o se genera desechos impregnados en hidrocarburos. Las encuestas y resultados se muestran en el Anexo II. Con estos referentes, se realiza el diseño del proceso que incluye la instalación para la incineración final de este desecho, articulando la acción entre las áreas generadoras, los responsables por procesos y la Dirección Técnica, en el empleo de las opciones técnicas que se disponen en la

empresa para un destino ambientalmente adecuada, esto el reciclaje y la incineración. Esta información, se encuentra ampliamente detallado en el presente capítulo.

El compromiso con el ambiente debe adoptar un comportamiento férreo ante el desecho, para esto, se dispone de un Marco Legal suficiente y de las Regulaciones sobre los responsables del cuidado y recolección de desechos, así como una definición concreta sobre la DISPOSICIÓN FINAL AMBIENTALMENTE ADECUADA, que es el encargo de este estudio.

Finalmente, en este capítulo se realiza el diseño general de la instalación a partir de las bases conceptuales de obligatorio cumplimiento y se realiza un análisis del funcionamiento que incluye la valoración económica de la instalación.

3.1 Bases de diseño del proceso.

El principal inconveniente de los lubricantes provenientes de los diferentes procesos, radica en que estos contienen prácticamente todos los contaminantes del aceite lubricante usado, como metales pesados y otros compuestos de carácter peligroso. Entre los metales más peligrosos para el hombre y el ambiente están el plomo y el zinc, los cuales representan los mayores porcentajes dentro de la caracterización del lodo.

La alternativa de tratamiento y/o disposición final para estos lubricantes, supone la eliminación de la toxicidad de los compuestos o bien la destrucción o confinación de éstos en una estructura desde la que no represente peligro alguno para el medio, es decir el residuo debe ser convertido en su forma más insoluble posible, para evitar que sea reincorporado de nuevo al ambiente externo. Por estas razones este es el factor más importante a considerar dentro de un proceso de análisis de alternativas.

Para el diseño del proceso de gestión de lubricantes usados se tuvieron en cuenta las exigencias de las licencias ambientales de la fábrica, así como los requisitos adicionales sugeridos por la Unidad de Supervisión del CITMA e incluidos en el *Plan de Manejo de Desechos Peligrosos* y otros referidos a las propias condiciones tecnológicas del proceso de producir clinker. En general las bases de diseño están fundamentadas a partir de los siguientes elementos.

- ✓ Cumplimiento de los requisitos legales y de control.

- ✓ Definición de los objetivos del proceso en cada uno de los generadores y su coordinación con el área de Medio Ambiente.
- ✓ Disminución de los impactos ambientales en todo el trayecto desde el lugar de generación hasta el sitio de destino final de los lubricantes usados, incluyendo el almacenamiento temporal.
- ✓ No debe influir en la estabilidad del proceso productivo, la influencia de los productos de la incineración no deben modificar la composición química de las mezclas de materiales del proceso.
- ✓ Debe garantizarse la no inflamabilidad del lubricante durante el recorrido por el proceso antes de su eliminación.
- ✓ El sistema debe ser pasivo, para disminuir las tasas de fallo debido a componentes activos.
- ✓ La eficiencia de la destrucción debe ser 100%.
- ✓ Los materiales que se utilicen deben ser compatibles con los lubricantes para evitar roturas que conduzcan a derrames de material.
- ✓ El proceso debe incluir las normas contra incendios.
- ✓ El proceso debe tener la capacidad de asimilar todo el lubricante usado que se genere.

3.2 Descripción del proceso.

En la figura 3.1 se muestra el diagrama SIPOC del proceso de gestión de lubricantes usados, en general dicho proceso contiene las actividades de: generación, almacenamiento, transportación, incineración y muestreo según se muestra en la figura 3.2.

El diseño de este proceso está en correspondencia con la concepción del sistema de gestión empresarial actualmente implantado y reviste gran importancia para su desarrollo organizacional, ya que facilita la implementación de la legislación aplicable en relación a lo preceptuado en la Licencia Ambiental para la Operación de Cementos Cienfuegos S.A., la Resolución 139/09 Reglamento para la Gestión de Desechos Peligrosos y el Plan de Manejo de Desechos Peligrosos.

El diseño dentro del concepto de proceso constituye una poderosa herramienta que facilita la gestión de los lubricantes usados a partir de considerar todas las variables de entrada y salida con sus criterios de aceptación y sus proveedores. La documentación de

trabajo del proceso se encuentra formando parte de la documentación del Sistema Integrado de Gestión de la empresa y como tal recibe especial atención en virtud de su importancia.

Los registros generados por el proceso están definidos y se integran al sistema de identificación y control de registros, lo que garantiza su calidad, disponibilidad y conservación para futuros análisis del proceso y/o demostrar ante las autoridades competentes el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable en relación a este desecho peligroso.

El proceso incluye las actividades relacionadas con la recogida, almacenamiento, transporte clasificación, incineración, supervisión y control de los resultados de los lubricantes usados durante toda su vida útil, así como el control de las emisiones gaseosas durante la incineración y la contaminación de superficies. Partiendo de la misión y visión de CCSA se realiza la:

- Objetivos, Procesos y Recursos relacionados.
- Definición del Presupuesto.
- Identificación, evaluación y Prevención de Riesgos.
- Identificación y Gestión de los aspectos ambientales significativos.
- Controlar Documentos y Registros.
- Supervisar la ejecución de los procesos,
- Medir y Analizar los resultados alcanzados.
- Definir e implementar las acciones de mejoras.
- Revisar el Sistema de Gestión implantado.
- Informar a los órganos reguladores y otras partes interesadas la situación operativa, los resultados alcanzados y las causas que los determinan en su esfera de actuación.

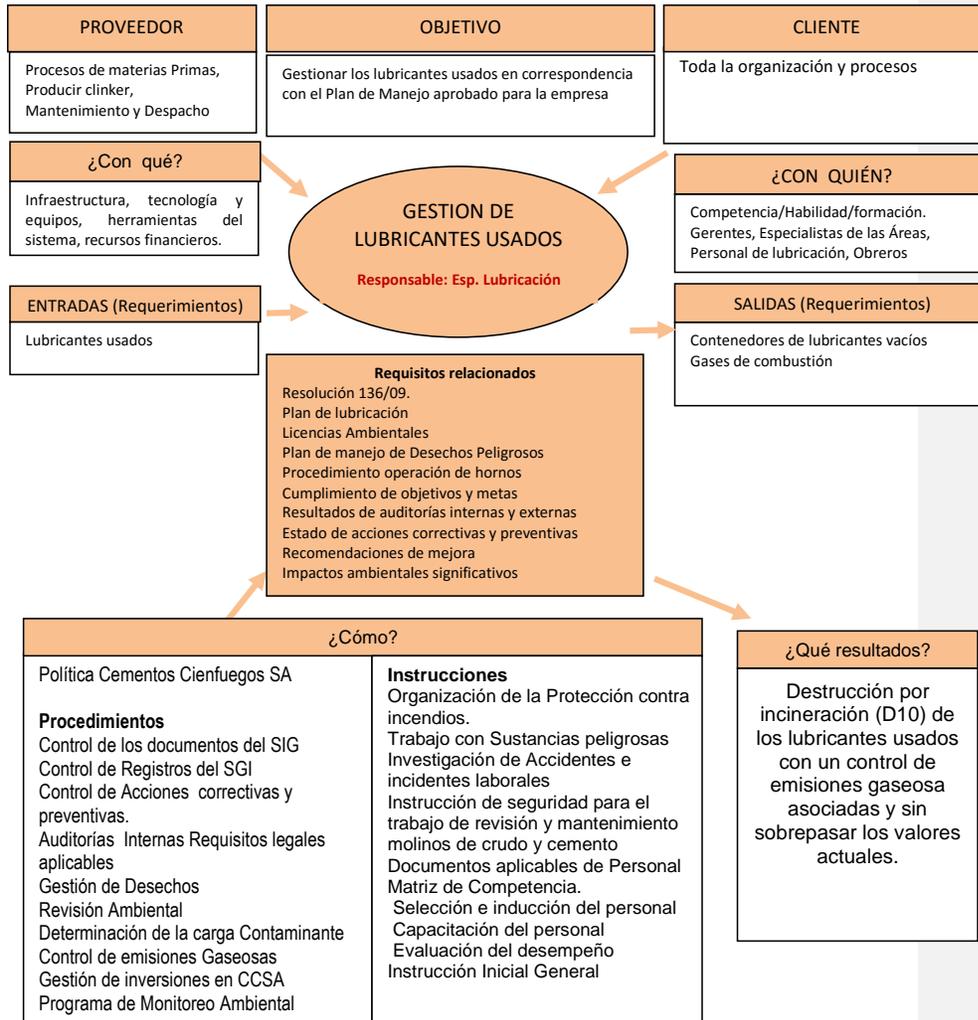


Fig.3.1 Diagrama SIPOC del proceso de Gestionar Lubricantes Usados.

El análisis de los resultados, la definición y aprobación de acciones a implementar son realizadas por los Órganos de Dirección colectiva:

- Consejo de Dirección Técnica (Diario).
- Comité de prevención y control (Mensual).
- Consejo técnico (Energético y Ambiental).

PROCESOS RELACIONADOS		
Entradas	Criterios de aceptación	Proveedores
Informaciones y datos sobre los lubricantes usados.	Oportunidad Exactitud Confiabilidad Ajuste a lo solicitado	Gerencia Materias Primas, Mantenimiento, Producción y Despacho
Requerimientos de los clientes y partes interesadas		Clientes y Partes interesadas
Cumplimiento de objetivos y metas	Objetiva, clara, veraz (Basada en el análisis de los volúmenes de lubricantes generados)	Gerencia Materias Primas, Mantenimiento, Producción y Despacho
Desempeño del procesos	Objetiva, clara, veraz	
Resultados de auditorías internas y externas	Oportuna, clara, objetiva Cumplimiento de los requisitos del Procedimiento gestión de desechos	Audidores (Proceso Dirigir CCSA)
Estado de acciones correctivas y preventivas	Oportuna, clara, objetiva.	Gerencia Materias Primas, Mantenimiento, Producción y Despacho
Recomendaciones de mejora		
Riesgos	Objetiva, clara, veraz (Basada en el análisis de datos)	

¿Con qué?	Criterios de aceptación	Proveedores
Equipos para el Proceso: ✓ Medios y servicios de Comunicación ✓ Medios de transporte ✓ Instalación para dosificación de lubricantes al homo ✓ Áreas de almacenamiento temporal.	Disponibilidad Seguridad Condiciones ambientales adecuadas.	✓ Dirección General ✓ Gerencia de Personal ✓ Gerencia de mantenimiento. ✓ Gerencia Generadoras de lubricantes

¿Con quién?	Criterios de aceptación	Proveedores
Recursos Humanos: ✓ Gerentes de las áreas generadoras de lubricantes usados ✓ Especialista para la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente ✓ Especialista de Lubricación ✓ Técnicos de lubricación. ✓ Operador de homo ✓ Chofer	Requisitos de competencia establecidos en la descripción del puesto de trabajo.	Gerencia de Personal (Proceso Gestionar Personal).
Servicios relacionados con los Recursos Humanos: Transportación, alimentación, Atención médica, Medios de protección. Atención al Hombre y Cuadros.	Requisitos acordados en contratos de trabajo, convenio Colectivo, Reglamentos internos.	Gerencia de Personal (Proceso Gestionar Personal). Dirección General (Asuntos legales y administrativos).

Salida	Criterios de aceptación	Cientes
Contenedores vacíos	Libres de lubricantes usados	Gerencia Materias Primas, Mantenimiento, Producción y Despacho
Emissiones gaseosas	Requisitos de la norma de calidad del aire en zona de trabajo	CCSA
Eliminación de inventarios de lubricantes usados	Eliminación semanal de los inventarios de lubricantes usados	Gerencia Materias Primas, Mantenimiento, Producción y Despacho
Desechos sólidos	Cumplimiento del DG P 07 Gestión de desechos	Medio ambiente

REGISTROS		
Código/Nombre	Tiempo de Retención	Responsable del Registro
Informes de los resultados de cantidad de lubricantes usados destruidos (Mensual, trimestral y anual)	3 Años	Esp. Ciencias tecnología y Medio Ambiente
Resultados del monitoreo ambiental de emisiones gaseosas	5 Años	
Control de emisiones	5 Años	
Medición de la eficacia del proceso	1 Año	Representante del SIG
Lista de no conformidades y observaciones	3 Años	Esp. Lubricación
Informe de Auditoría	3 Años	Auditor Interno

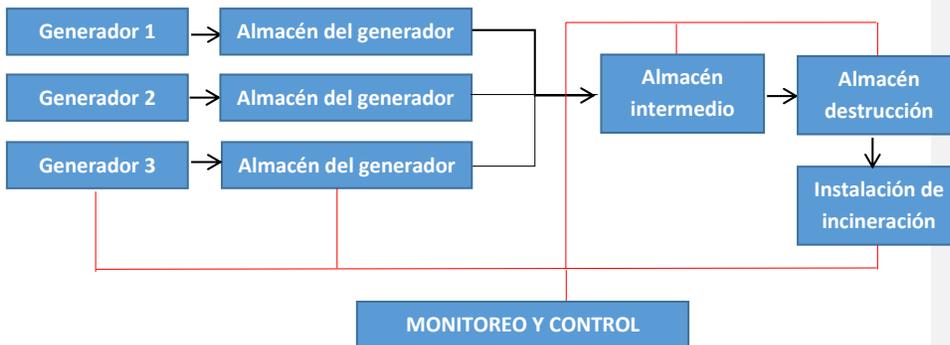


Fig.3.2 Secuencia de actividades fundamentales del proceso.

Generador: se entiende por generador al proceso donde se produce el desecho de lubricante usado, en la frecuencia, tipo y cantidad que establece el programa general de lubricación de Cementos Cienfuegos S.A. y que es responsable de la gestión de los mismos según se establece en la Resolución 136/09.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades de lubricantes usados generados en el 2015 y que fueron tomados como base para este trabajo por ser el año de mayor estabilidad en el consumo de lubricantes.

Tabla 3.1 Cantidad de lubricantes usados generados por procesos en el 2015.

Lubricante	Cantidad Generada kg	GENERADORES		
		Materias Primas	Planta	Cemento
aceite	22,175	6653	11088	4435
grasas	10,284	3085	5142	2057
Total	32,459	9738	16230	6492
CAPACIDAD DEL TANQUE				
	aceite	191	kg	
	grasa	180	kg	
Cantidad de tanques generados al año				
	aceite	35	58	23
	grasa	17	29	11
	suma	52	87	35
		TOTAL		173
	media mensual	4	7	3

Debido a la distancia entre los procesos generadores, el punto para su incineración, la diversidad del volumen generado y el momento en que se genera, cada proceso generador establecerá un área de almacenamiento temporal cercana al punto de generación o equidistante (en caso de contar con varios puntos de generación) con el objetivo de confinar hasta su recogida los tanques con el lubricante usado bajo las siguientes condiciones:

1. Aislado; ventilado; limitado.
2. Protegido.
3. Capacidad para almacenar 1.5 veces la generación semanal.
4. Protección contra incendios (extintores).
5. Contención de derrames.
6. Señalizado.
7. Fácil acceso del transporte.

3.3 Determinación del área y la configuración de los almacenes.

3.3.1 Almacén del generador.

Para la determinación del área de los almacenes ubicados en las áreas del generador se emplea la siguiente expresión:

$$A_{\text{área útil de almacenamiento}} = 1.3 \cdot (C_{\text{lubricantes mensual}} \cdot 1/V_t \cdot 1/\rho_{\text{lubricante}} \cdot \pi r^2 \cdot 10^{-3}) \quad (2)$$

Dónde:

A área útil de almacenamiento: Área que ocupan los tanques m².

C lubricante mensual: Cantidad de lubricante generado en el mes (kg).

ρ : Densidad del lubricante (0.87 g/cm³).

r:radio del tanque de lubricantes (0.35 m).

1.3: Reserva de área de almacenamiento para facilitar la operación.

V_t : Volumen del tanque (m³).

El coeficiente 1.3 se establece para disponer de una reserva en área suficiente para acumular los tanques de lubricantes usados ante una parada del horno por más de dos meses condición que pudiera ocurrir después del paro de mantenimiento que se ejecuta una vez al año.

Tabla 3.2 Áreas útiles de almacenamiento por procesos.

Área útil de almacenamiento m ²	
Materias Primas	2.5
Planta	5.7
Cemento	2.5

La configuración del almacenamiento será en filas con no más de 3 tanques sin separación entre ellos, no se colocarán tanques encima de otros para evitar vuelcos y facilitar el movimiento (de lo contrario sería necesario el empleo de montacargas) además no existen condiciones tecnológicas que impongan restricciones adicionales en el espacio a utilizar para almacén. Se dejarán 0.5 m de separación desde los tanques hasta la línea amarilla de demarcación de la zona de seguridad del almacén.

Para la determinación de las capacidades de los almacenes se realiza una simulación del proceso desde la generación hasta la destrucción por incineración del lubricante usado. Se parte de las capacidades de generación de las instalaciones generadoras

correspondiente al año de mayor volumen de lubricantes usados en correspondencia con el de mayor producción.

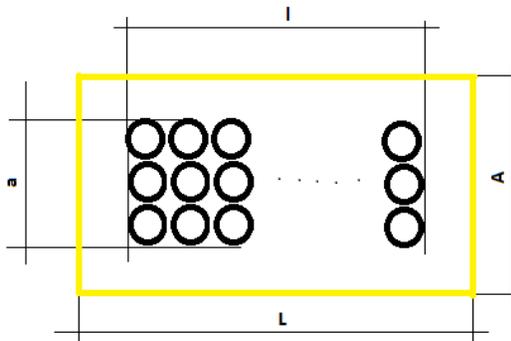


Fig. 3.3 Esquema de ubicación de los tanques y dimensiones de las áreas de almacenamiento de lubricantes usados.

Las dimensiones totales de las áreas de los almacenes serán calculadas utilizando la siguiente expresión:

$$A_{\text{total del almacén}} = L \cdot A = (l+1) \cdot (a+1) = (3d+1) \cdot (nd+1) \quad (3)$$

Donde:

$A_{\text{total del almacén}}$: Área total de almacenamiento contando la franja de seguridad.

n: cantidad de tanques en la fila.

d: diámetro del tanque.

Tabla 3.3 Áreas totales de almacenamiento por procesos.

Área total de almacenamiento m ²	
Materias Primas	6
Planta	10
Cemento	6

Almacenamientos temporales: (ver plano anexo III).

- ✓ Gerencia de Materias Primas: se propone que el almacén esté ubicado directamente bajo el Secador, en la base 1.
- ✓ Gerencia de Planta: Por las características tecnológicas de esta gerencia en relación a su división en áreas bien definidas con equipamiento y funciones muy

específicas (diferentes volúmenes y tipos de lubricantes usados) se propone construir 2 áreas de almacenamiento independientes:

- a. Área de almacenamiento de los Molinos de Crudo. (en el área de lubricación del molino de crudo 2) área total 6 m².
 - b. Área de almacenamiento de horno y transporte de clinker. (lado derecho del Local de bombas de lubricación en la base 1 del horno III) área total 4 m².
- ✓ Molinos de cemento.
- Área cercana al accionamiento principal del molino 2. Área total 6 m².

3.3.2 Almacén Intermedio:

La ubicación de este almacén deberá estar lo más cerca del lugar de incineración (horno III), con facilidades de acceso y cumplir con las mismas condiciones que los almacenes del generador. En este caso se propone el área posterior al almacén de marga (Ver anexo III). El área total del almacén se determina según la expresión (2).

La cantidad mensual de lubricante usado se determina considerando la cantidad actual existente en los inventarios y que por las razones expuestas en el capítulo II no han podido ser incineradas más las cantidades mensuales que se generan. En todos los casos la capacidad de incineración es de 3 tanques diarios con un tiempo total de destrucción de 5 h. Para ello fueron considerados dos escenarios:

Escenario 1. Inventario actual + volumen total generado después de un mes de parada del horno por mantenimiento.

Tabla 3.4 Secuencia de llenado del almacén intermedio escenario 1.

mes	0	1	2	3
generado	14	12		
inventario	70	14	14	14
total	84	26	14	14

Escenario 2. Inventario actual + volumen total generado en un mes seguido por una parada del horno por un mes.

Tabla 3.5 Secuencia de llenado del almacén intermedio escenario 2.

mes	0	1	2	3	4
generado	14	12	0	0	14
inventario	70	20	32	32	0

total 84 32 32 32 14

Las dimensiones del almacén intermedio se determinan para el escenario 3 ya que aunque es menos probable que el escenario 1, no es excluyente por lo que no considerarlo se correría el riesgo de no tener capacidad de almacenamiento en determinados meses.

Tabla 3.6 Área de almacenamiento intermedio por meses para el escenario 3.

A total del almacén m ²	64	11	11	11	5
mes	0	1	2	3	4
I	20	8	8	8	4
a	2	2	2	2	2
L	21	9	9	9	5
A	3	3	3	3	3

Utilizando los resultados de la tabla anterior proponemos que el almacén intermedio tenga un área de 60 m² o sea 15 m de largo por 4 m de ancho con una reserva del 1.5. No se considera en este caso el año 0 ya que es muy poco probable que con el sistema que se propone en este trabajo se vuelva a generar un inventario de esa magnitud.

3.3.3 Almacén de destrucción.

Este almacén deberá estar ubicado justo bajo el precalentador donde serán incinerados, cercanas a la base 1 del horno, esto reduce la distancia hacia el elevador que conducirá los tanques al elevador y de ahí a la instalación de incineración.

Las condiciones de almacenamiento deberán cumplir los requisitos del resto de los almacenes. La cantidad de tanques no deberá exceder los 15 tanques (cantidad a destruir en 5 días). Para la determinación del área de almacenamiento se utiliza la expresión (2).

El área total del almacén es de 15 m² con dimensiones de 3 m de ancho por 5 m de largo.

3.4 Recogida y transporte del lubricante usado.

La recogida de los lubricantes usados de los almacenes del generador se realizará mensualmente, y semanalmente desde este al almacén de destrucción. Para ello se debe utilizar un medio de transporte que cumpla con los siguientes requisitos:

1. Buenas condiciones técnicas.
2. Capacidad para almacén completo.

3. Contar con sistemas de sujeción de tanques.
4. Medios de comunicación.

En el anexo III se muestra el recorrido del transporte interno con desecho de lubricante usado. Desde el almacén de destrucción se seleccionan los tanques de 3 en 3 y se montan a través de la ranfla en el elevador con el montacargas y se envía a la plataforma de ubicación del tanque receptor y se vierte el lubricante.

Los tanques ya vaciados se devuelven al almacén de destrucción, una vez completado el proceso la totalidad de los tanques se devuelven al almacén intermedio y de ahí se distribuyen nuevamente a los almacenes del generador. Aquellos tanques que no puedan ser usados nuevamente como depósitos de lubricantes usados serán limpiados, destruidos y enviados a chatarra. Los desechos de limpieza (trapos) serán enviados a la incineración.

3.5 Instalación de Incineración. Descripción y funcionamiento.

3.5.1 Descripción de la instalación.

La nueva instalación para la incineración de lubricantes usados será ubicada en la misma posición del anterior sistema (tubería en el nivel 4 del precalentador) esta decisión está fundamentada en los siguientes aspectos:

1. Las temperaturas son superiores a 900 °C por lo que cumple el requisito principal para la incineración que se establece en la resolución 139/2009 y el Plan de Manejo de desechos Peligrosos otorgados a la empresa. Este valor de temperatura garantiza la eliminación de la parte activa del desecho.
2. La mezcla de cenizas y partículas sólidas que se generan en la combustión se unen a la de la harina que circula (matrizamiento de los metales pesados y otros compuestos), este proceso es favorecido por el trabajo de los ciclones ubicados en el precalentador.
3. La mezcla de harina con los restos del proceso de combustión del lubricante usado pasa al horno con un incremento hasta los 1400 °C, eliminando la posibilidad de que partes de este desecho queden sin combustionar a altas temperaturas.
4. No existen partes móviles en este lugar.

5. Es posible utilizar parte del sistema anterior como: depósito, ducto, termorresistencias, termómetro indicador in situ, válvulas de salida del tanque y entrada del calcinador y tapón de venteo.

El diseño del nuevo sistema se muestra en la siguiente figura.

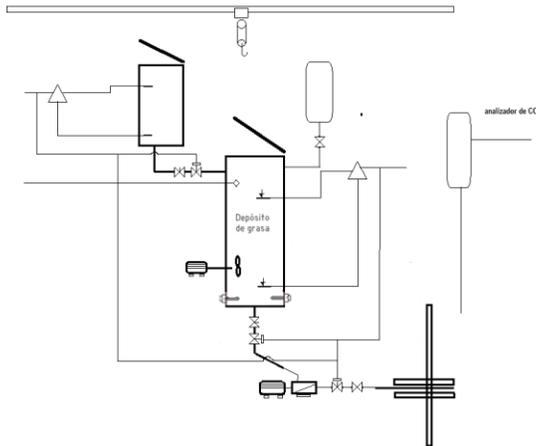


Fig. 3.4 Esquema de la instalación para la destrucción de grasas usadas.

3.5.1.1 Composición del sistema:

- ✓ Depósito de grasa: Tanque de acero al carbono con recubrimiento interior de pintura anticorrosiva y termoresistente compatible con hidrocarburos tipo (WACS 12-456/G), destinado recibir la mezcla de aceite y grasa usadas para su inyección al calcinador. Este tanque será fijado a la plataforma del nivel del precalentador mediante estructura metálica soporte que garantice la rigidez para evitar vuelcos.
- ✓ Tanque de aceite: De similares características al depósito de grasa.
- ✓ Depósito de diésel: De construcción similar a los anteriores y destinado a disminuir la viscosidad de la grasa cuando es insuficiente el mesclado con aceite.
- ✓ Se insertan dos termorresistencias directamente al cuerpo del tanque mediante soldaduras de sus extremos directamente al tanque. Los cables eléctricos están protegidos mediante tubería eléctrica para evitar daños y posibles corto circuitos.

- ✓ Válvulas de paso: Están instalados dos válvulas de paso a la salida del tanque de aceite, grasa y entrada al calcinador: Una manual (para el aislamiento de cada componente del sistema durante los mantenimientos) y una automática (para la regulación del flujo durante la operación). Las válvulas utilizadas son de unión de platillo para facilitar los mantenimientos.
- ✓ Mezclador: Situado directamente en el tanque de grasa compuesto por un motor de corriente alterna de 110 V y 0.5 HP unido mediante un eje que atraviesa el tanque a través de un sistema de sellare (laberintico) hasta las paletas con el objetivo de garantizar el mesclado de la grasa con el aceite y/o diésel.
- ✓ Sensores de niveles: Situados en los tanques de aceite y grasa para mantener máximos y mínimos.
- ✓ Accionamientos automáticos (microcontroladores): Su función es elaborar señales de apertura y cierre de las válvulas automáticas.
- ✓ Tubería de unión del tanque con el calcinador: está construida de acero al carbono y a la entrada del calcinador está encamisada y recubierta de hormigón refractario para evitar daños por las altas temperaturas.

A partir de la fabricación de un tanque colector, con capacidad para aproximadamente de 2 tanques de grasa, se diseña el mecanismo de introducción de dichas grasas a los calcinadores para su quema. Este sistema está constituido por 3 tanques colectores, 4 válvulas de cuña, 3 válvulas automáticas, tuberías hidráulicas y la punta de descarga dentro del sistema, esta última debe incluir anclas y hormigón refractario y construidas de acero inoxidable, para asegurar una mayor explotación de la misma. El tanque colector de grasas, además tiene dos resistencias que permiten mantener una temperatura adecuada para facilitar la fluidez de dicha grasa a través de las tuberías del sistema.

3.5.2 Funcionamiento.

Para realizar la incineración de este residuos que contiene metales pesados es indispensable tomar una serie de precauciones en cuanto a la temperatura de combustión y el tiempo de permanencia de los gases en el horno, este rango abarca de los 300 °C a los 1.000 °C que corresponde a la oxidación de la materia orgánica con la consiguiente formación de SO_x, CO y CO₂. A medida que se incrementa la

temperatura se inicia la formación de NO_x de origen térmico, esto es a partir del nitrógeno del aire.

El principio fundamental para la destrucción de los lubricantes en esta instalación es someter los desechos lubricantes a un proceso de combustión completa directamente en el calcinador del precalentador donde las temperaturas son cercanas a los en instalaciones adecuadas, para convertir los $1000\text{ }^\circ\text{C}$ mezclándose con la harina proveniente de las etapas superiores del precalentador y continuando su paso hacia el horno hasta llegar a la zona de clinkerización donde las temperaturas alcanzan $1400\text{ }^\circ\text{C}$ garantizando la destrucción total de dicho desecho.

Los gases generados en la combustión del lubricante se emiten a la atmosfera disueltos en el volumen de gases de la combustión del petcoke. El incremento de la contaminación asociada a la emisión de los gases de combustión del lubricante es despreciable frente a la contaminación asociada a la combustión del petcoke debido a que las cantidades previstas de lubricante a destruir representa solo el 0.0001% del total del combustible.

El control durante de la incineración de este desecho será realizada por la medición de la temperatura, aporte de oxígeno y combustible, tiempo de residencia y turbulencia necesaria para completar la reacción, así como la concentración de CO (monóxido de carbono) en el analizador de gases del precalentador. La temperatura de combustión generalmente se mantiene entre $900\text{-}1.400^\circ\text{C}$ y la temperatura de salida de los gases en 300°C aproximadamente, con tiempo de residencia de 4 minutos en promedio. Esto se garantiza mediante el equipamiento de control de proceso instalado en el precalentador y que incluye analizadores de gases.

Los tanques de grasa y aceites son recibidos directamente a la entrada del elevador de carga del precalentador desde el almacén de destrucción situado en la base del precalentador, estos son cargado y trasladado al nivel $+168.000$ donde son depositados en la plataforma delimitada de forma independiente los de grasas y los de aceites (para evitar confusiones y garantizar el mezclado previo). Primeramente se vierte el tanque de aceite usado en su depósito y posteriormente se añaden los tanques de grasas para facilitar el mezclado y disminuir la viscosidad.

Los niveles de grasa y aceite se controlan por los sensores de nivel instalados en ambos tanques. Antes de iniciar el paso del desecho hacia el horno se conectara el

agitador del tanque de grasa y se abrirán las válvulas del tanque de aceite y/o las del diésel hasta que se alcance la viscosidad deseada y posteriormente se abre la válvula inferior del tanque de grasa pasando la mezcla hasta el tornillo sinfín que lo enviara directamente a la cámara del calcinador.

Al concluir el mezclado se deben encender las termorresistencias para alcanzar los valores de viscosidad que garanticen el vaciado del tanque hacia el calcinador, una vez comprobada la viscosidad, se abren las válvulas de paso y se comienza el proceso de inyección forzada.

La apertura y cierre de las válvulas instaladas en el sistema serán realizadas por las siguientes secuencias:

1. Apertura de las válvulas manuales.
2. La válvula reguladora que conecta el tanque de aceite con el de grasa se abrirá a partir de la señal proveniente del viscosímetro instalado en el tanque de grasa y cerrara por la señal de bajo nivel situada en el tanque de aceite.
3. La válvula automática de salida del tanque de grasa abre a partir de la señal de viscosidad del tanque.
4. La válvula automática de inyección al calcinador abre por señal de viscosidad en el tanque y cierra por bajo nivel.

El sistema de inyección de grasas al calcinador está compuesto por un motor de corriente alterna de 110 V y 0.5 HP y un reductor conectado a un tornillo sinfín que se introduce dentro de una tubería aislada térmicamente y que atraviesa la pared del calcinador. Este proceso debe durar aproximadamente 5 h por lo que el operador de campo deberá mantener un control periódico del vaciado del mismo.

Al finalizar el día se emitirá el reporte de destrucción de lubricantes y las incidencias, el cual se entregará al Jefe de Planta y al Especialista de Medio Ambiente, quien lo registrara en la base de datos de gestión de desechos peligrosos y le enviará una notificación al Director Técnico.

Durante todo el proceso se registrará la variación de la concentración de CO, así como la temperatura en el precalentador, los que se utilizaran para los posteriores análisis del inventario de producción de combustión.

EL mantenimiento de la instalación se incluirá en los planes de mantenimientos establecidos en la planta para el resto de los equipos e incluye:

- ✓ Mantenimiento predictivo (Medición de espesor, Análisis de vibraciones en motores, Termografía, verificación de aislamiento eléctrico).
- ✓ Mantenimiento preventivo-correctivo (Revisión y mantenimiento de las válvulas, rodamientos, aislamiento térmico, calibración de instrumentos de medición, limpieza del sistema).
- ✓ Mantenimiento capital (reparación de la estructura).

3.5.2.1 Condiciones de seguridad durante la operación:

Durante la operación del sistema se deberá cumplir con las siguientes medidas de seguridad:

1. La operación deberá realizarse por personal debidamente capacitado en normas de seguridad contra incendio, y conocer el funcionamiento del sistema.
2. La operación de medios de izaje deberá realizarse según el procedimiento establecido en la empresa (certificado con capacidad de carga suficiente para manipular los tanques de grasa).
3. Portar los medios de protección individual (casco, mascarilla, guantes, overol, botas con casquillo, espejuelos contra impactos).
4. Contar con extintores PQS (polvo químico, 10 kg).
5. Contar con un stock de trapos de limpieza para sanear los posibles derrames que se produzcan en el área.
6. En caso de obstrucción de tuberías y válvulas detener el proceso hasta restablecer la capacidad de trabajo.
7. Deberá prestarse especial atención al contenido de CO en los analizadores con el objetivo de evitar desviaciones del régimen tecnológico del proceso tecnológico del precalentador asociadas a la introducción de volúmenes imprevistos (por defecto de la instalación) de lubricantes que pudieran producir disparos de los electrofiltros y del ventilador de gas caliente produciendo sobrepresiones que pudieran afectar al personal de operación (quemaduras).
8. Bajo ningún escenario deberá permanecer depósitos de lubricantes vacíos en la plataforma de la instalación, los mismos deberán ser retirados y devueltos a sus respectivos almacenes en la medida en que son vaciados.

9. Se prohíbe terminantemente operar la instalación en horario nocturno debido a que el personal presente es solo el mínimo para garantizar la operación no estando presente el personal de lubricación (responsable de la destrucción de lubricantes).
10. En caso de incendio deberá actuarse según lo establecido en la empresa para estos casos.
11. Los trapos y materiales utilizados para la limpieza serán destruidos directamente en el horno, prohibiéndose su acumulación en la plataforma de instalación del equipo.

Previo al inicio de la destrucción del lubricante usado, deberá realizarse las siguientes acciones:

- ✓ Comunicar al jefe de planta al inicio de la destrucción:
 - Cantidad de lubricantes a destruir.
 - Tipo de lubricante que se destruye.
- ✓ Solicitar la presencia del operador de campo del área de horno en la instalación de incineración.
- ✓ El operador del Panel Central (COP) debe ajustar los analizadores en un intervalo de concentración de CO que evite el disparo del electrofiltro debido a puff de combustión que pueda provocar el disparo del horno (disparo del gas caliente).
- ✓ El responsable de la destrucción (operador de lubricación) debe garantizar el adecuado estado y funcionamiento de la instalación.
- ✓ Ante un desvío del régimen de operación normal el operador interrumpe el trabajo de la instalación con el cierre de la válvula principal de inyección y comunicar al operador del horno.
- ✓ Una vez reestablecidas las operaciones se reiniciará el proceso.

3.6 Evaluación económica de la instalación de destrucción de lubricantes usados.

La factibilidad económica de la instalación está soportada en los ahorros generados por el no pago del servicio de incineración en las instalaciones del Puerto de Cienfuegos (SAMART) a un costo según contrato de 2 CUC/kg de lubricante usado, sin incluir transporte. En el estudio de factibilidad se consideró además una Tasa de descuento del 10 % según se establece en la empresa.

La factibilidad técnica está basada en la solución de la condición insegura que se propicia con el almacenamiento de dicha grasa, además de eliminarse de forma segura sin afectaciones medioambientales.

La inversión de la instalación para la destrucción de grasas usadas está valorada a un costo de 14,010.00 CUC según se desglosa en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Costos de la inversión.

CONSTRUCCION Y MONTAJE		
SUMINISTROS		6520.00
Válvulas		200.00
Tuberías		380.00
Refractarios		120.00
planchas de acero 6 mm		2000.00
Termopar		300.00
cables eléctricos		800.00
sensor de nivel		700.00
electrodos		200.00
microcontroladores		870.00
motores		600.00
reductores		350.00
EJECUCIÓN DEL MONTAJE	USD	7490.00
<i>Acondicionamiento para montaje</i>		<i>3990.00</i>
Limpieza		500.00
Fabricación de tanques		2700.00
Sistemas auxiliares		790.00
<i>Alquiler de mano de obra</i>		<i>2000.00</i>
<i>Alquiler de equipos (Grúa y Camión)</i>		<i>500.00</i>
Grúa		250.00
Camión		250.00
<i>Imprevistos</i>		<i>1000.00</i>
TOTAL	USD	14,010.00

Costos estimados de operación:

<i>Energía eléctrica consumida</i>	<i>40 000 kWh</i>
<i>Costo de la energía eléctrica</i>	<i>0.16 CUC/kWh</i>
Costo total electricidad consumida	6 400.00 CUC/a
Costo de mantenimiento	340.00 CUC/a
Costo total operación	6 740.00 CUC/a
Ahorros generados	78 800.00 CUC

Para la determinación de las variables de financiación fueron determinados para un período de 5 años por ser el tiempo estimado para la realización de una reparación capital de la instalación.

Tabla 3.8 Flujos de cajas anuales descontados.

Nombre de la inversión:	Instalación destrucción lubricantes usados					
Años	0	1	2	3	4	5
Volumen de lubricante		67675	67675	67675	67675	67675
costo de SAMART		135350	135350	135350	135350	135350
Inversión	14,010.0					
Costo de operación de Operación		6,740.0	6,740.0	6,740.0	6,740.0	6,740.0
Depreciación		840.6	840.6	840.6	840.6	840.6
Flujo antes de Impuestos		7,580.6	7,580.6	7,580.6	7,580.6	7,580.6
Flujo Neto	14,010.0	127,769.4	127,769.4	127,769.4	127,769.4	127,769.4
Flujo Neto Actualizado	14,010.0	116,154.0	105,594.5	95,995.0	87,268.2	79,334.7
Tasa Interna de Retorno (TIR)	245%					
Tasa de Descuento	10.0%	20.0%	30.0%			
Valor Presente neto (VPN)	498,356.6	396,118.7	325,201.3			
Payback	0.1	Años				

De los resultados de la tabla anterior se puede concluir que la inversión es de rápida recuperación ~2 meses con un VAN = 498,356.6 CUC y una TIR= 245%.

3.9 Emergencias y planes de contingencia.

3.9.1. Emergencias.

El tipo de emergencias que se pueden presentar son básicamente tres: goteos o fugas, derrames e incendios. A continuación se presentan las acciones mínimas a realizar en caso de presentarse cualquiera de estas contingencias.

3.9.1.1 Derrames.

Con el fin de prevenir posibles emergencias por derrame de aceites lubricantes usados, se deben inspeccionar la instalación e identificar fuentes potenciales de descarga accidental de lubricantes usados. Las inspecciones que se deben realizar son:

- ✓ Para el tanque de recepción inspección del fondo, cada 3 años.
- ✓ Revisión del estado de las tuberías y válvulas, mensualmente.

En caso de presentarse un derrame se seguirán cuidadosamente las siguientes indicaciones:

- ✓ Identificar el sitio de donde proviene el derrame y suspender inmediatamente la fuente del mismo.
- ✓ Dar aviso oportuno de la emergencia al personal de la zona.
- ✓ Aislar el área afectada, suspender operaciones en esta área y controlar posibles fuentes de ignición.
- ✓ Recoger, limpiar y secar el aceite lubricante usado con materiales absorbentes o adherentes y recolectar con vasijas o baldes el derrame. Durante esta operación se deberán utilizar guantes resistentes a la acción de hidrocarburos y no se deberá aplicar agua ni otro líquido sobre el aceite lubricante usado.
- ✓ Destruir estos residuos sólidos mediante el vertido por la escotilla del precalentador.

3.9.1.2 Fugas.

En caso de presentarse goteo o fuga de aceites lubricantes usados, se debe:

- ✓ Recoger, limpiar y secar el aceite lubricante usado con materiales absorbentes o adherentes.
- ✓ Recoger, limpiar y secar el aceite lubricante usado con materiales absorbentes o adherentes y recolectar con vasijas o baldes el derrame. Durante esta operación se deberán utilizar guantes resistentes a la acción de hidrocarburos y no se deberá aplicar agua ni otro líquido sobre el aceite lubricante usado.
- ✓ Destruir estos residuos sólidos mediante el vertido por la escotilla del precalentador.

3.9.1.3 Incendios.

Con el fin de garantizar una adecuada respuesta del personal en caso de incendio, se debe brindar la capacitación adecuada al personal que labore en la instalación y realizar un simulacro anual.

En caso de presentarse un incendio, se deberán seguir cuidadosamente las siguientes indicaciones:

- ✓ Dar aviso al personal de la presencia de la emergencia y accionar las alarmas disponibles.

Capítulo III

- ✓ Retirar el personal del área de influencia. Evacuar y personal operativo a un lugar cercano en el que no corran riesgos.
- ✓ Suspender el suministro de energía a las termoresistencias.
- ✓ Combatir el fuego con el sistema contra incendio disponible. Todo el personal del lugar deberá estar en condiciones de realizar esta actividad, una vez se da la voz de alarma.
- ✓ En caso de no poder controlar el fuego, llamar a las entidades de emergencia.

CConclusiones

CONCLUSIONES.

1. La generación de lubricantes usados constituye un problema a nivel mundial derivados de los impactos negativos que produce en el medio ambiente sus diferentes componentes disueltos, dentro de los que se destacan los metales pesados.
2. Los procesos que más contribuyen a la generación de lubricantes usados en Cementos Cienfuegos S.A. son Materias Primas, Producir Clinker y Producir Cementos y dentro de ellos los aceites usados representan el mayor volumen. El 90% del lubricante usado se genera de equipos tecnológicos y el 40% restante los no tecnológicos.
3. El Proceso aquí diseñado para la destrucción de lubricantes usados, se logra dar solución urgente, eficaz y estable a la situación que se presenta con los inventarios actuales y los que se generen en el futuro de este desecho peligroso, y que representan un peligro latente de incendio y de contaminación ambiental por posibles derrames.
4. La incineración D9 (según la clasificación Res 136-09), es una técnica de tratamiento altamente efectiva porque reduce el riesgo, el peso, el volumen y el tiempo de tratamiento del residuo. Por lo que debe constituirse en la etapa del proceso de gestión integral de desechos.
5. La inyección de lubricantes usados en el calcinador no produce un aporte significativo de energía al proceso por el volumen tan pequeño en comparación con las del material de proceso por lo que no constituye una actividad de cogeneración.
6. Los indicadores de financiación VAN (498,3 MCUC); TIR (245%); Playback (2 meses) demuestran que la inversión de la instalación para la destrucción de lubricantes usados es de rápida recuperación por lo que es factible económicamente.
7. Las emisiones asociadas al proceso de incineración de los lubricantes usados en la instalación aquí diseñada, no introduce cambios en la composición de las emisiones que pudieran producir impactos adicionales a los del proceso de producir clinker. No obstante el programa de monitoreo actualmente implantado incluye la determinación de metales pesados, los que servirán de parámetro para determinar el impacto de este nuevo proceso.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. El proceso aquí diseñado puede ser implementado en otras cementeras del país y para la destrucción de los lubricantes usados generados e incluso podrán dar servicio de destrucción de ese desecho a empresas del territorio donde están emplazadas, con una reducción significativa de los inventarios de este desecho peligroso existente en el país.
2. La incineración centralizada de desechos lubricantes puede ser una opción de tratamiento tan sólo si se desarrolla un reglamento ambiental que obligue y supervise las condiciones de operación de la instalación, el manejo y traslado de los desechos y el control de emisiones gaseosas.

Bibliografía.

BIBLIOGRAFIA

- AFCP. (2010). La industria del cemento y la sostenibilidad: Asociación de fabricantes de Cemento Portland. Cienfuegos.
- Allen, D.T., & Shonnard, D.R. (2002) Green engineering: environmentally conscious design of chemical processes. Upper Saddle River: Prentice Hall
- Cámara Nacional del Cemento. (2007). Procesos de Producción. Recuperado a partir de: http://www.canacem.org.mx/procesos_de_produccion.htm
- Campos Avella, J. C., & Lora Figueroa, E. (2011). Ahorro de energía en la industria del cemento.
- Cantanhede Álvaro. Gestión y Tratamiento de los Residuos Generados en los Centros de Atención de Salud. (2009). Montevideo: Organización Mundial de la Salud.
- Carvalho, A. (2001). *Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento - Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento*. Barcelona.
- CEMEX S.A. B. de C.V. (2008). CEMEX MÉXICO. Recuperado a partir de: http://www.cemexmexico.com/ce/ficha40_2.html
- Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. (2008). Metodología y Aplicaciones al Medio Ambiente del Análisis de Ciclo de Vida.
- Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. (s. f.). Metodología y Aplicaciones al Medio Ambiente del Análisis de Ciclo de Vida.
- Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social, División de Salud en el Trabajo. Seminario: Salud y Seguridad en el tratamiento y disposición final de Residuos peligrosos: Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social, 2012.
- CEPIS - OPS, Desechos Peligrosos y Salud en América Latina y el Caribe. Lima, Perú: CEPIS, 2014

CEPIS/OPS: "Manejo de residuos peligrosos". Lima, 2014.

CICEANA: Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América. (2008).

Saber más... ISO 14000. Recuperado a partir de:

<http://www.ciceana.org.mx/recursos/ISO%2014000.pdf>

Colectivo de autores. (2009) Ingeniería Ambiental Fundamentos, Entornos, Tecnologías Y Sistemas De Gestión. México: McGraw-Hill.

Comisión para la Cooperación Ambiental (CAC). (2008). *Comisión para la Cooperación*

Ambiental. Recuperado a partir de:

www.cec.org/media/GB%20News%20ReleaseFinal-e6-s1.doc

CONAVI - CONACYT. (2007). Convocatoria CONAVI - CONACYT.

http://www.conacyt.gob.mx/Fondos/Sectoriales/CONAFOVI/2007-01/CONAVI_Analisis-Pertinencia_2007-01.pdf

Destino de los aceites usados. Recuperado a partir de:

<http://www.consumoteca.com/bienestar-y-salud/medio-ambiente/el-aceite-usado-de-los-coches-y-motos-y-sus-efectos-sobre-el-medio-ambiente/>

Duprey, R. (2008). Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Recuperado a partir de:

http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/1st_edition/ap42_phs_1968.pdf

ECODESIGN. (2007). Ecodesign. Recuperado a partir de:

<http://www.ecodesign.at/methodik/software/index.en.html>

Ecom America, Ltd. (2000). Ecom A-Plus. Portable Emission Analyzer. Recuperado a partir

de: <http://www.ecomusa.com/uploads/documents/ECOM%20A-PLUS%20brochure.pdf>

EH & S. (2008). ISO 14000 - Environmental Management System. Recuperado a partir de:

http://ems-hsms.com/Implementation/ISO14K/iso14k_index.htm.

Environmental Roadmapping Initiative (ERI). Cement impacts, risks, and regulations:

Recuperado a partir de: <http://ecm.ncms.org/ERI/new/IRRcement.htm%23profile>

EPA (Environmental Protection Agency). Incineración de Desechos Peligrosos Institucionales. Regulación, Manejo, Tecnología, Emisiones y Operaciones. Cincinnati, EUA: EPA, 2008.

European Commission. (2014, agosto). Integrated Product Policy. Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/environment/ipp/>

Fundación NATURA. Manual para el Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud. Quito, Ecuador. 2007.

Herrero Núñez, E. (1987). Adiciones al cemento. Curso de Ahorro de Energía en el Sector Cemento.

Hidalgo, R. E. Monitorización de partículas metálicas en lubricantes usados a través de la magnetización / Monitoring metallic particles in used lubricants through magnetization .Recuperado a partir de <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/849/934CUBIZA>
<http://www.monografias.com/trabajos10/lubri.shtml>
<http://www.un.org/esa/sustdev/marrakech/CACPCLGZ.pdf>
<http://www.unep.fr/scp/sc>

IMECA. (2014). Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. Recuperado a partir de <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnimeca.htm>

ISO 14040. (2006). Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Suiza: International Organization for Standardization.

Jacott, M.; Comunes, F.; Reed, C.; Taylor, A. & Winfield, M. (2003) Energy use in the cement industry in North America: emissions, waste generation and pollution control, 1990–2001. Prepared for the commission for environmental cooperation. In: Second North American symposium on assessing the environmental effects of trade.

Lacava, Giuseppe. Conferencia: La Tecnología de la Incineración como tratamiento de los DSH/P. Panamá: Programa ALA 91/33, 2014.

León Rodríguez, Rosa M. (2010). Análisis de ciclo de vida (ACV) de la producción de cemento: caso de estudio Cementos Cienfuegos SA. Cienfuegos, Cuba.

Lippiatt, B. & Ahmad S. (2004) Measuring the life-cycle environmental and economic performance of concrete: the BEES approach. In: International workshop on sustainable development and concrete technology, Beijing.

Los lubricantes.(2010) Recuperado a partir de

Masera, D., & Farah, A. (2003). Factores de emisión para México. Division of Technology, Industry and Economics. Recuperado a partir de:

McAloon, T. (2003). Demands for sustainable development. In: Proceedings of the 14th International conference on engineering design, DS31-Keynotes, Stockholm, Sweden.

Navarro Gómez, Alfredo, & Tovar Ospino, Iván. (2013). Minimizar el impacto medioambiental de nuestras operaciones y trabajar por la sostenibilidad de los recursos naturales. Recuperado a partir de:

<http://saber.ucv.ve/jspui/handle/123456789/2412>

PNUMA, SAyDS y UNDESA. (2003). Hacia patrones sostenibles de producción y consumo en Latinoamérica y el Caribe. Reunión de Expertos de Gobierno de América Latina y el Caribe Aplicación del Capítulo III del Plan de Acción de Johannesburgo. Buenos Aires.

Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales. (s.f.) Recuperado a partir de

<http://www.euskalnet.net/depuoilsa/Riesgosmedioambiente.html>.

Schneider. (2011). Sustentabilidad en la producción de cemento. Presente y futuro.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (2008). Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Recuperado a partir

de:http://www.df.gob.mx/wb/gdf/programas_de_calidad_del_aire_e_inventario_de_emis

U.S. Environmental Protection Agency. (2008). Emissions Factors & AP 42.

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>

United Nations Environment Programme. Division of Technology, Industry and Economics.

(2008). Sustainable Consumption and Production Branch. Recuperado a partir de:

Zhou, Pan, Chen, & Yang. (2012). Selection and evaluation of green production strategies:

analytic and simulation models,.

Anexos

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE KENDALL PARA LOS EXPERTOS

A		B	C					D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Coeficiente de Kendall para la selección de las variables relevantes.																					
2																						
3																						
4																						
5	Expertos																					
6	variables	1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7										ΣA_i	Δ	Δ^2	Críticos
7		2	8	8	9	9	8	8	9										59	-17.3	298.8	Seleccionado
8		3	10	11	11	12	12	12	12										80	3.714	13.796	--
9		4	11	12	12	11	11	11	11										79	2.714	7.367.3	--
10		5	19	20	21	21	18	21	21										141	64.71	4187.3	--
11		6	13	14	14	14	15	15	13										98	21.71	471.51	--
12		7	17	15	17	14	17	19	15										114	37.71	1422.4	--
13		8	3	3	2	3	3	3	3										20	-56.3	3168.1	Seleccionado
14		9	9	9	8	8	9	9	8										60	-16.3	265.22	Seleccionado
15		10	18	18	18	19	19	18	20										130	53.71	2885.2	--
16		11	21	21	20	20	21	20	19										142	65.71	4318.4	--
17		12	1	1	3	1	1	1	2										10	-66.3	4393.8	Seleccionado
18		13	7	7	7	7	7	6	6										47	-29.3	857.65	Seleccionado
19		14	15	16	15	17	14	16	16										109	32.71	1070.2	--
20		15	14	13	13	6	3	3	3										55	-21.3	453.08	Seleccionado
21		16	12	11	11	15	13	13	14										89	12.71	161.65	--
22		17	16	17	16	16	16	17	17										115	38.71	1498.8	--
23		18	6	6	6	6	6	7	7										44	-32.3	1042.4	Seleccionado
24		19	20	19	19	18	20	21	18										135	58.71	3447.4	--
25		20	4	5	4	4	5	5	4										31	-45.3	2050.8	Seleccionado
26		21	5	4	5	5	4	4	5										32	-44.3	1961.2	Seleccionado
27	22	2	2	1	2	2	2	1										12	-64.3	4132.7	Seleccionado	
28																			ΣA_i	1602	####	
29	Fórmulas																					
30	$\Sigma A_i = \Sigma E_{ij}$																					
31	$\Delta = \Sigma A_i - T$																					
32	$T = \Sigma A_i / k$																					
33	$w = 12 \Sigma \Delta^2 / (m^2(k^3 - k))$																					
34	Términos																					
35	k - Número de características																					
36	m - Número de expertos																					
37	w - Coeficiente de concordancia																					
38	Análisis																					
39	Si $w \geq 0,5$ - Hay concordancia en el criterio de los expertos																					
40	Si $w < 0,5$ - No hay concordancia en el criterio de los expertos																					
41	Las variables más importantes serán los que cumplan que:																					
42	$\Sigma A_i > T$																					
43																						
44																						
45																						
46																						
47																						
48																						
49																						

Anexo II.

ENCUESTA PARA CONOCER SITUACIÓN DE LOS DESECHOS LUBRICANTES USADOS.

La presente encuesta permitirá evaluar la gestión actual de los lubricantes usados en la empresa y servirá para la mejora del proceso, por lo que su respuesta deberá ajustarse lo mejor posible a la realidad.

Marque la respuesta que usted considere más apropiada.

1. Existe plan de manejo de desechos peligrosos en la entidad
_ si _ No _ No tengo idea.
2. El plan de manejo incluyen los lubricantes usados.
_ si _ No _ No tengo idea.
3. Se generan lubricantes usados en su área.
_ si _ No
4. Se recogen y se clasifican en recipientes separados.
_ si _ No
5. Se mantienen debidamente confinados en un área específica.
_ si _ No
6. ¿Cuáles de los destinos finales que usted considera, tienen los lubricantes usados de su área?
_ se entierran en un depósito
_ se incineran en el horno
_ se envían a la calera Pepito Tey.
_ Se envían a un almacén de más capacidad en la empresa.
_ se vierten al medio ambiente.
_ no tengo idea.

En general fueron encuestados 30 trabajadores de la planta incluyendo especialistas y directivos con los siguientes resultados.

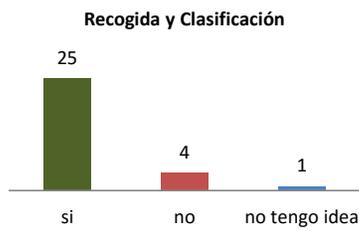
- ✓ En la primera y segunda pregunta el 93% dijo haber Plan de manejo y estar incluido los lubricantes usados, solo un 6% de alguna forma no coincidió.



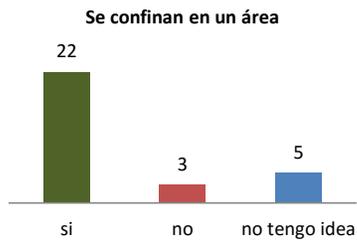
- ✓ En la segunda pregunta el 73% respondió afirmativamente



- ✓ En relación a la recogida y clasificación de los lubricantes usados el 83% respondió afirmativamente, un 13% lo negó y un 3% dijo no saber.



- ✓ A la pregunta de si se mantienen en un área confinada el 73% respondió afirmativamente, 10% lo negó y el resto respondió no saber



- ✓ A la última pregunta relaciona con el destino final el 83% respondió la incineración



RECORRIDO DEL TRANSPORTE CON LUBRICANTES USADOS.

