



Implementación de un plan de lubricación para la Planta de molienda de Cemento "ROCACEM S.A."

Implementation of a lubrication plan for the cement grinding plant "ROCACEM S.A."

Segundo Ángel Cevallos Betún

segundo.cevallos@utc.edu.ec

Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

<https://orcid.org/0009-0002-7125-4203>

RESUMEN

En la industria del cemento, la optimización de recursos y la máxima disponibilidad de los equipos son factores críticos para la competitividad. Este trabajo presenta la implementación de un plan de lubricación programada como parte del sistema de mantenimiento para los equipos de la planta de molienda de cemento "ROCACEM S. A. Planta San Rafael". La metodología se basó en un análisis de criticidad de equipos mediante el criterio VEIN (Vital, Esencial, Importante, Normal) para jerarquizar las acciones de mantenimiento. Se desarrolló un inventario completo de máquinas y equipos, así como también se determinó las cantidades, los tipos y clase de aceites y grasas lubricantes empleados en la planta de molienda; además se establecieron cronogramas de lubricación que especifican frecuencias, tipos de lubricante y cantidades para cada punto de aplicación. Los resultados incluyen la estandarización de las tareas de lubricación, la optimización del stock de lubricantes y una reducción de los costos asociados a paradas imprevistas. Este plan estructurado fortalece la transición de un mantenimiento reactivo a uno preventivo y predictivo, mejorando la confiabilidad y vida útil de la maquinaria. **Palabras clave:** Lubricación, Mantenimiento Preventivo, Análisis de Criticidad, Industria del Cemento. (Fuente: Tesouro UNESCO).

ABSTRACT

In the cement industry, resource optimization and maximum equipment availability are critical factors for competitiveness. This paper presents the implementation of a scheduled lubrication plan as part of the maintenance system for the equipment at the ROCACEM S.A. San Rafael cement grinding plant. The methodology was based on an equipment criticality analysis using the VEIN (Vital, Essential, Important, Normal) criterion to prioritize maintenance actions. A complete inventory of machinery and equipment was developed, as well as the quantities, types, and classes of lubricating oils and greases used in the grinding plant. Lubrication schedules were also established, specifying frequencies, lubricant types, and quantities for each application point. The results include the standardization of lubrication tasks, optimization of lubricant stocks, and a reduction in costs associated with unplanned downtime. This structured plan strengthens the transition from reactive to preventive and predictive maintenance, improving the reliability and useful life of the machinery. **Keywords:** Lubrication, Preventive Maintenance, Criticality Analysis, Cement Industry. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 05/07/2025. Revisado: 19/07/2025. Aprobado: 27/07/2025. Publicado: 08/08/2025.

Sección artículos de Tecnología



INTRODUCCIÓN

Debido a que actualmente en la planta Cerro Blanco se utiliza en la molienda de cemento, una parte de material puzolánico proveniente del área de Latacunga, se vio la necesidad de instalar una planta de molienda en dicha ciudad, con lo cual se evita el transporte innecesario de materiales y se acerca el producto al consumidor del sector constructor de la parte central y norte del país; el inicio del montaje e instalación de esta planta en la ciudad de Latacunga, en el sector de San Rafael fue el año 2000.

El proyecto tiene como finalidad la producción de cemento mediante la molienda de clinker y yeso, que serán transportados a la nueva planta desde las instalaciones de La Cemento Nacional en la ciudad de Guayaquil, y puzolana que será extraída de la mina (González P. W., 2000).

El montaje de la planta se terminó en diciembre del 2001, su puesta en marcha y el inicio de la distribución de cemento se lo realizó en marzo del 2002.

La planta de molienda está en capacidad de producir hasta 100 T/H de cemento con un molino vertical de rodillos, con lo cual se podría llegar a 660 000 T/año.

Por lo tanto durante el período de montaje y puesta en marcha de la planta como parte del programa de mantenimiento preventivo se elaboró la planificación del plan de lubricación en los sistemas y equipos de la misma, obteniendo como resultado las frecuencias de lubricación y engrase así como los stocks de lubricantes necesarios para bodega y las frecuencias para el cambio de lubricantes en los diferentes sistemas y equipos mediante la elaboración de rutas y rutinas programadas de lubricación las mismas que posteriormente se ingresaron al sistema computarizado de mantenimiento que maneja la empresa ROCACEM.

Referencial teórico

Conceptos y Definiciones: El cemento es un producto de fraguado hidráulico que, al contacto con el agua, endurece hasta alcanzar consistencia de piedra y, con otros materiales, es indispensable para la construcción. Joseph Aspdin patentó el Cemento Pórtland en 1824 (Salazar E – Villagómez P, 2001).

Etapas Básicas: La fabricación se divide en tres etapas:

1. **Obtención de Materias Primas:** Se buscan caliza y marga (para CaO), y arcilla y pizarras (para otros óxidos como SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Las materias primas se transportan y prehomogenizan en la fábrica.
2. **Molienda y Cocción de Materias Primas:** El objetivo es reducir el tamaño de las partículas para facilitar las reacciones químicas en el horno. La molienda se realiza en equipos mecánicos rotatorios.
 - **Procesos de Fabricación del Clinker:** Dependiendo del contenido de agua de las materias primas, existen cuatro tipos de procesos antes de la entrada al horno: vía seca, vía semi-seca, vía semi-húmeda y vía húmeda. En todos los casos, el material procesado en el horno rotatorio alcanza temperaturas de alrededor de 1450°C y se enfría bruscamente para obtener el clinker.
3. **Molienda de Cemento:** Es la etapa final, donde el clinker se muele juntamente con yeso y otros materiales denominados "adiciones" (ej. escorias de horno alto, humus de sílice, puzolanas, cenizas volantes, caliza). Esta molienda se realiza con equipos mecánicos como prensas de rodillos, molinos verticales, o molinos de bolas.



- **Almacenamiento:** Una vez obtenido, el cemento se almacena en silos para su posterior ensacado o carga a granel (OFICEMEN, 2002).

Mantenimiento. - Son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa (García, 2012).

Mantenimiento preventivo. - Este tipo de mantenimiento se refiere al conjunto de acciones de revisión, lubricación y limpieza de equipos e instalaciones, que permiten anticiparse a cualquier tipo de falla o inconveniente a través de la conservación de su estado óptimo de funcionamiento. Este abarca las distintas medidas que se pueden tomar en previsión del daño de equipos y maquinarias, en lugar de esperar a que ocurra para luego arreglarlo. El mantenimiento preventivo suele consistir en diversos métodos de preservación de componentes y de su funcionalidad, a menudo recomendados por el propio fabricante del aparato, o bien por consejo de especialistas y expertos en la materia. (Concepto, 2015).

La lubricación: Es una actividad esencial en el mantenimiento preventivo industrial, diseñada para evitar daños en la maquinaria, prolongar la vida útil de los equipos y lograr ahorro energético mediante la interposición de una película resbaladiza entre piezas en movimiento.

Definición y Clasificación: Un lubricante es una sustancia (sólida, líquida o gaseosa, de origen animal, vegetal, mineral o sintético) que se interpone entre dos superficies en movimiento para evitar la fricción y el desgaste. Se clasifican principalmente en grasas y aceites, y también incluyen lubricantes sólidos como el grafito o el disulfuro de molibdeno. (Álvarez García Emilio, 1999).

Composición: Los lubricantes están compuestos esencialmente por una base y aditivos.

Bases Lubricantes: Determinan características clave como la viscosidad, resistencia a la oxidación y punto de fluidez. Pueden ser minerales (derivados del petróleo) o sintéticas (químicas). (Trujillo C. Gerardo, 2010).

1. **Aditivos:** Sustancias químicas añadidas para proporcionar o mejorar propiedades, o reducir las perjudiciales. Incluyen:
 - **Detergentes-Dispersantes:** Evitan la contaminación del mecanismo y la acumulación de residuos.
 - **Anticorrosivos y Antioxidantes:** Protegen contra la corrosión y el envejecimiento del aceite.
 - **Antidesgaste:** Necesarios en condiciones de lubricación límite.
 - **Agentes Alcalinos:** Neutralizan ácidos de la oxidación.
 - **Antiemulsificadores:** Reducen la tensión interfacial para evitar la mezcla con agua, aunque algunos lubricantes (como aceites de corte) requieren emulsificantes.
 - **Mejoradores del Índice de Viscosidad:** Reducen la variación de viscosidad con la temperatura.
 - **Mejoradores del Punto de Fluidez y Congelación:** Aplicados principalmente a aceites parafínicos para prevenir la solidificación a bajas temperaturas.
 - **Antiespumantes:** Evitan la formación de burbujas que pueden causar problemas en el sistema.
 - **Mejoradores de la Oleosidad:** Mejoran la adherencia del aceite a las superficies metálicas.



- **Aditivos de Extrema Presión (EP):** Reducen el desgaste en equipos sometidos a altas presiones, formando capas protectoras.
- **Aditivos para Aumentar la Rigidez Dieléctrica:** Aislantes y prolongan la vida útil del lubricante (Trujillo C. Gerardo, 2010).

2. Funciones:

- **Primaria:** Controlar la fricción y el desgaste.
- **Secundarias:** Reducción de fricción y desgaste, extensión de la vida por fatiga, disipación del calor y refrigeración, protección contra herrumbre y corrosión, absorción de choques, sellado de uniones, transferencia de fuerza y energía, y arrastre de contaminantes (Trujillo C. Gerardo, 2010).

3. Propiedades Importantes de los Aceites:

Se evalúan para asegurar calidad y rendimiento.

Tabla I Cuadro de Propiedades de los Aceites

PROPIEDADES FÍSICAS				
Densidad	Viscosidad	Índice de viscosidad	Rigidez dieléctrica	Oleosidad
PROPIEDADES QUÍMICAS				
Número de neutralización	Residuo de carbón	Corrosión al cobre	Punto de anilina	
PROPIEDADES TERMICAS				
Punto de inflamación y fuego	Punto de fluidez o de congelación		Punto de floculación	
PROPIEDADES SUPERFICIALES				
Tensión interfacial	Formación de espumas	Emulsibilidad	Aeroemulsión	
PROPIEDADES DE EXTREMA PRESIÓN				
Desgaste	Fricción	Carga crítica	Carga soldadura	

Fuente: (Álvarez García Emilio, 1999).

- 4. **Aplicaciones:** Los lubricantes son necesarios para cojinetes (rodamientos), cilindros y pistones, y engranajes. La lubricación en rodamientos suele ser hidrodinámica, mientras que en cilindros y pistones a menudo es límite debido a las altas temperaturas y fricción. Los engranajes, que transmiten potencia, cambian el sentido o dirección de giro, pueden ser lubricados con aceites o grasas dependiendo de si están en cajas cerradas o expuestos. (Salazar E – Villagómez P, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de producción que se realiza en la planta de molienda ROCACEM se divide en los siguientes pasos:

Implementación de un plan de lubricación para la Planta de molienda de Cemento "ROCACEM S.A."
Implementation of a lubrication plan for the cement grinding plant "ROCACEM S.A."
Segundo Ángel Cevallos Betún

1. Recepción de clinker y yeso proveniente de Guayaquil.
2. Recepción de la puzolana proveniente de la mina.
3. Almacenamiento de productos provenientes de Guayaquil en la sala de materiales.
4. Extracción de los materiales de la sala.
5. Dosificación de los materiales al proceso de molienda.
6. Molienda de cemento.
7. Almacenamiento de cemento.
8. Envase y despacho del cemento en fundas de papel.
9. Despacho del cemento al granel (González, 2000).

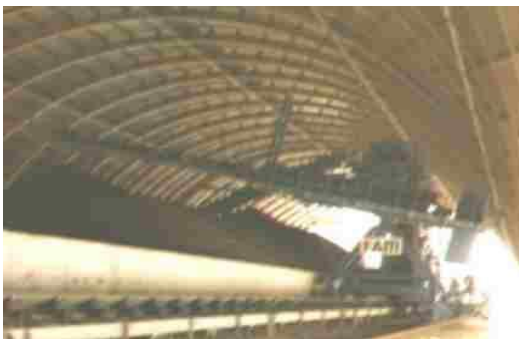


Figura 1. Sala de materiales
Fuente: Elaboración propia

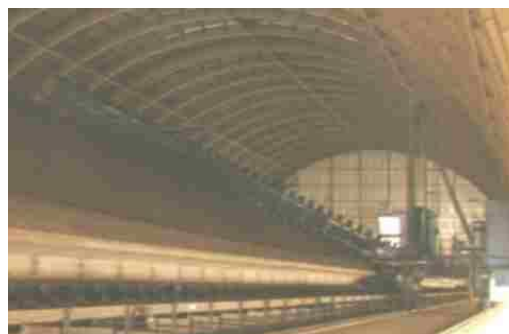


Figura 2. Extracción de materiales
Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Dosificación de Materiales
Fuente: Elaboración propia

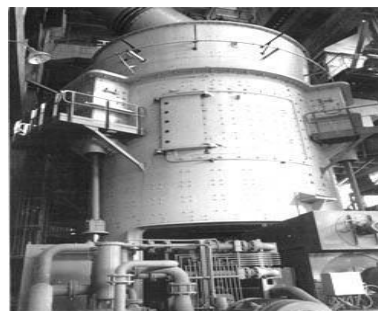


Figura 4. Molienda de cemento
Fuente: Elaboración propia

Codificación de Equipos: La codificación de los inventarios de las diferentes plantas del grupo, se fundamentan en los puntos que a continuación se detallan:

- El código de un activo consta de 12 caracteres y representa la identificación única ante los usuarios del grupo. No es posible que un artículo tenga más de un código; El mismo artículo en diferentes plantas tendrá el mismo código.



Implementación de un plan de lubricación para la Planta de molienda de Cemento "ROCACEM S.A."
Implementation of a lubrication plan for the cement grinding plant "ROCACEM S.A."
Segundo Ángel Cevallos Betún

- La codificación de Activos o Inventarios obedece a un MANUAL DE CODIFICACIÓN, el mismo que se ha distribuido a todas las Plantas del Grupo.
- En cada planta debe haber una persona responsable de coordinar la codificación de artículos con el responsable del Sistema de Codificación del Grupo.
- Existe una sola BASE DE DATOS GENERAL para todo el grupo. Es responsabilidad de cada almacén mantener en buen estado su respectivo inventario, partiendo de los códigos y descripciones de la Base General.
- El responsable de mantener la base de datos general en buen estado y actualizada es el Codificador del grupo.
- La responsabilidad de ejecutar una transferencia, desactivar códigos del inventario, cambiar o solicitar cambios de estado de productos del inventario, es del jefe de almacén con autorización de la Gerencia de Planta (Suéscum, 2002).

El sistema de codificación en lo que concierne a Mantenimiento cubre también dos áreas muy relacionadas entre sí: Ubicación y Activos, aunque sus códigos son diferentes en su estructura, los dos son alfanuméricos y constan de doce caracteres. Aun así, su dependencia es tan cercana que no existe un activo sin ubicación o una ubicación sin activo correspondiente (Suéscum, 2002).

El código de ubicación tiene una estructura de doce caracteres, compuesta de dos partes: ubicación en sí, y equipo como se detalla a continuación.

NP	AP	SAP	L	CE	NC	COMP
XX	XX	X	X	XX	X	XX X
Ubicación				Equipo		

En la primera sección -Ubicación- los dos primeros caracteres aportan información del número de planta (NP), siendo para la Planta de Molienda de Cemento en Latacunga el número 18. El segundo campo de dos caracteres se refiere a las áreas dentro de una planta (AP), variando en función del tipo de procesos por actividad de la planta y necesidad de divisiones que se estimen para cada grupo de ellas.

El tercer campo, un carácter más, corresponde a la subárea en una planta (SAP), hace referencia a una subdivisión de la anterior con consideración de: general (0), alimentación (1, 2, 3, A, B, C), proceso o equipo principal (4, 5, 6, D, E, F) y descarga (7, 8, 9, G, H, J). El último carácter de esta primera sección determina la Línea de Producción (L) en una planta, siendo para la Planta de Molienda de Cemento San Rafael en Latacunga la línea 1 para todas sus áreas (Suéscum G., 2002), (ver tabla 2).

La segunda parte o sección de este código corresponde al del -Equipo- para el cual los dos primeros caracteres se refieren a una categoría de equipo (CE) que en lo posible corresponde a las letras con que comienza el nombre del equipo. El carácter a continuación actúa como número consecutivo (NC) y cuantifica la cantidad de equipos similares en una misma área y subárea. Se gráfica con códigos que van del 1 al 9 o letras de la A a la Z en caso de ser necesario. Los últimos tres caracteres se desempeñan con categoría de componentes (COMP) y por lo general representan subequipos eléctricos o electrónicos, ejemplo: motor -MO-, reductor -RO-, etc. El sistema de codificación en el área de mantenimiento en lo referente a activos como en el caso anterior su estructura es de doce caracteres con una composición que se detalla a continuación (Suéscum, 2002).



EQUIPO NUM CONS

XXXXX XXXX XXX

Los cinco primeros caracteres corresponden al código del EQUIPO y como tal en ellos esta encerrada toda la información necesaria para su identificación particularizada. Pero no individualizada; basta recordar que todos los equipos idénticos tienen el mismo número de código sin considerar la cantidad de ellos ni el lugar en donde se encuentren.

Es en los cuatro dígitos subsiguientes en los que se individualiza un equipo, ya que estos se comportan como numeradores consecutivos (NUM) de equipos idénticos. Con este criterio es fácil concluir que no puede existir más de un equipo individualmente considerado con el mismo código (numerador), ello nos permite mantener su historia de mantenimiento durante su vida útil o mientras permanezca en el sistema como un activo. Este código es nexa con el código de ubicación para que se dé la premisa de existir un activo para cada ubicación y viceversa. Los últimos tres caracteres (CONS) son ceros y completan la estructura de doce en todo el sistema de codificación, además estos sirven como reserva (Suéscum G., 2002), (ver tabla 3).

Tabla 2. Resumen de Codificación por Ubicación.

NP	AP	SAP	L
18	11 = Almacenamiento & Recuperación clinker / yeso / limonita / otros	4 = Prehomogenizado / recuperado sistemas adicionales 7 = Descarga y alimentación tolvas molino	1
	13 = Molienda de cemento	0 = Sub - estación eléctrica 1 = Alimentación molino 4 = Molino, embrague y accesorios 7 = Descarga, alimentación silos cemento 8 = Silos cemento y accesorios	
	14 = Envase sacos	0 = Sub - estación eléctrica 1 = Descarga silos cemento alimentación envase / granel 4 – 5 = Envasadora y equipos de apoyo 7 = Descarga envasadora, alimentación camiones	
	15 = Envase granel	1 = Descarga tolvas, sistema de aireación tolvas 4 = Dispositivo de despacho a granel	
	16 = Recepción – almacenamiento petróleo	0 = Sub - estación eléctrica 4 = Sistema de recepción, tanque de almacenamiento, sistema de descarga tanque diario	
	00 = Servicios generales	0 = Sub - estación eléctrica principal / auxiliar 1 = Sistema de abastecimiento de agua 4 – 5 = Distribución tratamiento agua (Potabilización) 6 = Sistema de producción y distribución de aire A = Control acceso / pesaje, vestidores, etc.	

Fuente: Suéscum G., 2002

Tabla 3. Ejemplos de Codificación por Equipo y Activo.

Categoría de Ubicación	Descripción	Categoría de Equipo
AG	Agitador de agua	709
AM	Prehomogenización / naves de almacenamiento	430
AP	Alimentador de placas	522
BA	Bomba de agua	553
BH	Bomba hidráulica	555
BK	Bomba aceite, petróleo, diésel, grasa.	554
BP	Banda pesadora	531
BT	Banda transportadora	511
CA	Compresor de aire	552
CD	Compuerta distribuidora	611
CH	Cargadora de sacos	463

Fuente: Suéscum, 2002

Determinación de los Tiempos Aproximados de Tareas de Lubricación: Al realizar un estudio de tiempos lo que se busca es el efectivizar el empleo de la mano de obra en la tarea asignada y poder valorar la actuación en las diferentes áreas de planta para así saber sobre la necesidad de ésta, también sirve para poder determinar el nivel de productividad de la mano de obra (Salazar & Villagómez, 2001). El equipo necesario para efectuar un estudio de tiempos para la medición del trabajo es el siguiente:

- Cronómetro
- Tablero
- Hoja de observaciones

¿Como Efectuar un Estudio de Tiempos? Básicamente el estudio de tiempos se lo puede dividir de dos maneras:

a) Estudio en el puesto de trabajo, el mismo que consta de:

- Acercamiento al trabajador y al oficio por estudiar.
- Observación y anotación de métodos, (recolección de la información) en relación con los materiales, con la maquinaria, con el puesto de trabajo, con el operario, con las condiciones de operación.
- Toma de datos en el puesto de trabajo.

b) Análisis de los datos, el mismo que se lleva a cabo determinando:

- Tiempos normales.
- Determinación de la frecuencia de los elementos.
- Aplicación de suplementos o tolerancias permitidas.

- Cálculo del tiempo estándar.

Se puede concluir que para realizar un trabajo existen tiempos de preparación y tiempos de ejecución en donde el primero es independiente del tiempo concedido a la realización en sí, de la tarea que se llevará a cabo. Por ejemplo, tenemos tiempo de preparación cuando se saca una orden de trabajo, se va en busca de los materiales, las herramientas, vehículos para traslado, como la limpieza en el equipo o máquina en la que se va a hacer el trabajo y muchas veces los encargados de cada cosa expuesta anteriormente no se encuentran dónde deben estar, prolongando esta clase de tiempos. En el segundo caso la responsabilidad reside únicamente en las personas designadas a ejecutar dicho trabajo.

El objetivo del estudio de tiempos es el de valorar la actuación del trabajador, que puede mantener fácilmente todos los días, sin fatiga física o mental y el cual se caracteriza por un esfuerzo constante y razonable (Salazar E – Villagómez P, 2001).

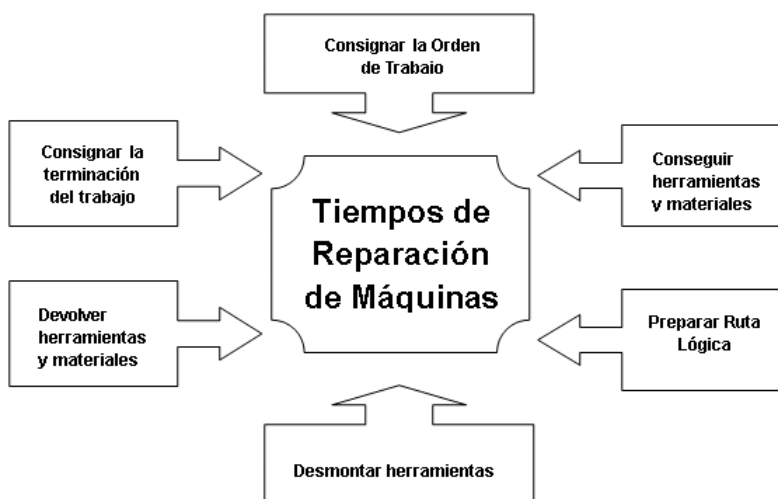


Figura 5. Cuadro de Tiempos de Preparación.
Fuente: Elaboración propia

Estándares de Mano de Obra para cada Actividad de Lubricación: El estándar de mano de obra se lo puede definir como el factor que indica las horas-hombre que se necesita para la ejecución de un trabajo, teniendo tres campos de aplicación como son las necesidades de mano de obra, rendimiento de mano de obra y costo estándar.

Elaboración de los Estándares de Mano de Obra: Dependen de la naturaleza de los trabajos a realizarse en cada una de las áreas de la planta. Para determinar la cantidad de mano de obra se lo puede dividir en trabajo manual y un trabajo auxiliar, en donde, los dos son independientes de la velocidad de la máquina, pero el trabajo manual es muy repetitivo (Salazar E – Villagómez P, 2001).

Estándares de Mano de Obra para Trabajos Manuales: Para la elaboración del estándar de este tipo se hace una relación entre el tiempo normal y suplemento de trabajo. El tiempo normal es aquel tiempo que se puede asignar a una actividad que ha sido definida mediante estudio de tiempos y movimientos, mientras que, suplemento es un porcentaje adicional que se le otorga al tiempo normal para respaldar las necesidades personales y la fatiga de los trabajadores.

Como suplementos estarían ingresando muchos parámetros que ocasionan retrasos o demoras inevitables, por ejemplo, retrasos debido a instrucciones del supervisor, interrupciones por inspección, diligenciamiento de la hoja de trabajo y materiales, limpieza del puesto de trabajo, ir a



traer materiales de bodega, etc. Asimismo, en algunos casos puede tenerse en cuenta como una cantidad fija de tiempo, en el orden de los diez o quince minutos que se conceden al operario al final de la jornada de trabajo.

Entonces el estándar de mano de obra se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{ESTÁNDAR DE MANO DE OBRA} = \text{TIEMPO NORMAL} \times \text{SUPLEMENTOS}$$

Estándares de Mano de Obra para Trabajos Auxiliares: Como características principales para elaborar un estándar para este tipo de trabajos tenemos que considerar que son trabajos independientes de la velocidad de la máquina y del volumen de producción y, que en este rubro se clasifican trabajadores de mantenimiento, almacenamiento, control de calidad, manipulación de materiales.

La forma de cálculo se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\text{ESTÁNDAR DE MANO DE OBRA} = \text{HORAS DE PRESENCIA PROGRAMADAS}$$

RESULTADOS

Planes Predefinidos en el Área de Lubricación para las distintas Áreas de Proceso: La elaboración de los planes predefinidos de lubricación para las distintas áreas de proceso se basó en los requerimientos de las máquinas y se planifico las tareas a realizarse tanto diaria, semanal, mensual, semestral y anual, para que puedan ser utilizados por todo el personal. Esta planificación se realizó en base a catálogos de los fabricantes, quien recomienda el tipo de aceite y la cantidad a usarse mediante la elaboración de rutas y rutinas de lubricación. (ver fig. 6 y fig. 7)

Definición de Cuadros Generales de Lubricación: Para la elaboración de esto cuadros, se llevó a cabo en primer lugar la planificación de la lubricación por cada área de mantenimiento de la planta, dentro de cada uno de los equipos y estos a su vez con el detalle de todos sus puntos de lubricación.

Este programa general por área de mantenimiento, equipo y puntos de lubricación debe llevar también un análisis de ingeniería de lubricación, especificándose los tiempos programados para los reengrases, cambios de grasa, así como para aquellos equipos que utilizan aceite como lubricante, estudio de sus tiempos aproximados de lubricación y el muestreo que deberá realizarse en los tiempos que se incluirán en este cronograma general todo esto basado en los catálogos y manuales de mantenimiento de los fabricantes de los equipos montados en la planta. (ver fig. 8)

Estimación de Consumo de Lubricantes para Stock de Bodega: Para la elaboración de consumo de lubricantes al año se revisaron los catálogos y datos de placa que sirvieron como fuente de información para realizar el cálculo aproximado. (ver tabla 3), (ver fig. 9 y fig. 10)

Como resultado de esta investigación se obtuvieron como planificación 170 rutinas de lubricación y 278 rutas de lubricación como parte del plan de mantenimiento preventivo de la planta. Las mismas que fueron integradas al plan de lubricación como parte del plan de mantenimiento preventivo de la planta de molienda de cemento ROCACEM S.A.



Implementación de un plan de lubricación para la Planta de molienda de Cemento “ROCACEM S.A.”
Implementation of a lubrication plan for the cement grinding plant “ROCACEM S.A.”
Segundo Ángel Cevallos Betún

Cod.Rutina	Nombre	Marcha	Frec (Días)	Área mntto	OTP	Sec-rutina	Ubicación	Nombre ubicación	Título - 1 OTP	HH	Tiempo Ejecución
00534	ANUAL LUBRICACION GRUA RC	N	364	122	00061	1	181171GR1MO1	MOTORR.GRUA ELEV.CAD.ARRASTRE	CAMBIO LUBRICANTE MOTORREDUCTOR	1,00	1,00
00543	ANUAL LUBRICACION BASMO ADIT	N	364	122	00061	1	181311BA5MO1	MOT.BBA 2 ALIMADIT A MOL.CTO.	CAMBIO LUBRICANTE MOTORREDUCTOR	1,00	1,00
00551	SEMESTRAL LUBRICACION EC2R01	N	182	122	00213	2	181341GR1	GRUA MOLINO CEMENTO	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE TODOS LOS	0,25	0,25
00551	SEMESTRAL LUBRICACION EC2R01	N	182	122	00915	1	181341EC2R01	RED.ELEV.REC.MOL.CTO.	CAMBIO DE LUBRICANTE	1,00	1,00
00563	ANUAL LUBRICACION ACTUADOR	N	364	612	00748	1	181371VA6MA1	ACTUAD.VALV.CIERR.VENT.FILT.	CAMB.LUB.MOTORRED.DEL ACTUADOR	1,00	1,00
00571	TRIMESTRAL LUBRICACION EC SILO	N	84	122	01359	1	181371EC1	ELEV.ALIM SILO CEMENTO	REVISAR CONTENIDO DE LUBRICANTE DEL ACOPL.HIDRAULICO	1,00	1,00
00572	ANUAL LUBRICACION EC SILO	N	364	122	00061	2	181371GU5MO1	MOTORR.COLEC.DESEM.CICLONES	CAMBIO LUBRICANTE MOTORREDUCTOR	1,00	1,00
00572	ANUAL LUBRICACION EC SILO	N	364	122	00560	1	181371EC1	ELEV.ALIM SILO CEMENTO	CAMBIAR LUBRICANTE A COPL.HIDRAULICO	1,00	1,00
00596	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01995	1	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR ELEMENTO SEPARADOR	3,00	3,00
00596	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01995	2	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR ELEMENTO SEPARADOR	3,00	3,00
00596	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01995	3	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR ELEMENTO SEPARADOR	3,00	3,00
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	00570	5	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR CAÑERIAS - VISORES - CONECTORES - VALV.CHEQ	0,17	0,17
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	00570	6	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR CAÑERIAS - VISORES - CONECTORES - VALV.CHEQ	0,17	0,17
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	00570	4	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR CAÑERIAS - VISORES - CONECTORES - VALV.CHEQ	0,17	0,17
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	01272	2	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIO DE LUBRICANTE	2,00	2,00
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	01272	3	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIO DE LUBRICANTE	2,00	2,00
00597	SEMESTRAL LUBRICACION COMP AIR	N	182	202	01272	1	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIO DE LUBRICANTE	2,00	2,00

Figura 6. Cuadro de Rutinas de Lubricación.
Fuente: Elaboración propia

Cod.Ruta	Nombre	Marcha	Frec (Días)	Área mntto	OTP	Sec-ruta	Ubicación	Nombre ubicación	Título - 1 OTP	HH	Tiempo Ejecución
00166	BIMENSUAL LUBRICACION EC2R01	S	56	122	00026	1	181341EC2R01	RED.ELEV.REC.MOL.CTO.	LUB.SELLOS	0,08	0,08
00166	BIMENSUAL LUBRICACION EC2R01	S	56	122	00045	2	181341EC2R01	RED.ELEV.REC.MOL.CTO.	LIMPIAR RESPIRADERO	0,08	0,08
00170	QUINCENAL LUBRICACION VENT FIL	S	14	612	00395	2	181371VA6	VALV.CIERR.VENT.FILT.PPAL	LUBRICAR ARTICULACIONES	0,08	0,08
00170	QUINCENAL LUBRICACION VENT FIL	S	14	612	00565	1	181371VE6	VENT.AIR.FILT.PPAL DESEMP.MOL	LUBRICAR CHUMACERAS	0,08	0,08
00172	QUINCENAL LUBRICACION EC SILO	S	14	122	00067	2	181371GU5	GUS.DESC.COLEC.DESEM.CICLONES	LUBRICAR RODAMIENTOS	0,08	0,08
00172	QUINCENAL LUBRICACION EC SILO	S	14	122	00536	1	181371EC1	ELEV.ALIM SILO CEMENTO	LUB.CHUMACERAS	0,17	0,17
00177	MENSUAL LUBRICACION PENDULO GU	S	28	612	00068	1	181371GN1	COMPU.DOUBLE PENDUL.DESC.GU3	LUBRICAR CHUMACERAS	0,05	0,05
00178	MENSUAL LUBRIC MUESTREADOR	S	28	122	00516	1	181371MU1	MUESTREAD.DESC.DET A EC1	LUB.CHUMACERAS	0,08	0,08
00187	SEMESTRAL LUBRICACION GR GRANL	S	182	612	00612	1	181541GR3	GRUA ELEV.MANGA DISPOS.GRANEL	LUBRICAR CABLE A CERO	0,17	0,17
00187	SEMESTRAL LUBRICACION GR GRANL	S	182	612	00740	2	181541GR3	GRUA ELEV.MANGA DISPOS.GRANEL	LUB. CARRETO	0,17	0,17
00188	QUINCENAL LUBRICACION VA GRANL	S	14	612	00395	1	181541VA1	VALV.CIERR.DESC.CARRO A DG1	LUBRICAR ARTICULACIONES	0,08	0,08
00191	QUINCENAL LUBRICACION VENT EV	S	14	202	00565	1	180010VE1	VENT.AIR.EVAPORAD.DE ENFRIAM.	LUBRICAR CHUMACERAS	0,08	0,08
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01283	1	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE	1,00	1,00
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01283	5	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE	1,00	1,00
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	01283	3	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE	1,00	1,00
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	02232	6	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR MANGUERAS Y CAÑERIAS	0,50	0,50
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	02232	2	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR MANGUERAS Y CAÑERIAS	0,50	0,50
00196	TRIMESTRAL LUBRICACION CA	N	105	202	02232	4	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	REVISAR MANGUERAS Y CAÑERIAS	0,50	0,50
00198	SEMANAL LUBRICACION COMP AIRE	S	7	202	01292	2	180060CA2	COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	TOMAR LECTURA DE HOROMETRO	0,17	0,17
00198	SEMANAL LUBRICACION COMP AIRE	S	7	202	01292	1	180060CA1	COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	TOMAR LECTURA DE HOROMETRO	0,17	0,17
00198	SEMANAL LUBRICACION COMP AIRE	S	7	202	01292	3	180060CA3	COMP.3 SIST.GENERAL AIR.PLANTA	TOMAR LECTURA DE HOROMETRO	0,17	0,17
00199	SEMESTRAL LUBRICACION MOTOR CA	S	182	202	02025	1	180060CA1MO1	MOT.COMP.1 SIST.GENERAL AIR.PLTA	LUBRICAR RODAMIENTOS	0,50	0,50
00199	SEMESTRAL LUBRICACION MOTOR CA	S	182	202	02025	2	180060CA2MO1	MOT.COMP.2 SIST.GENERAL AIR.PLTA	LUBRICAR RODAMIENTOS	0,50	0,50

Figura 7. Cuadro de Rutas de lubricación.
Fuente: Elaboración propia



Implementación de un plan de lubricación para la Planta de molienda de Cemento "ROCACEM S.A."
Implementation of a lubrication plan for the cement grinding plant "ROCACEM S.A."
Segundo Ángel Cevallos Betún

INDUSTRIAS ROCACEM S. A. (PLANTA LATAACUNGA)	PLAN DE LUBRICACIÓN
---	----------------------------

ACTIVIDAD: Inspección o Relleno y Cambio

CLAVES

I: Inspección y/o relleno
C: Cambio de lubricante
D: Diaria
W: Semanal
H: horas

Q: Quincenal
M: Mensual
S: Semestral
A: Anual

NOTA: Una bombeada de la grasera manual equivale a un gramo de grasa utilizado.

ALMACENAMIENTO YESO / CLINKER Y PUZOLANA (AREA 102)

CODIGO	EQUIPO	PARTE A LUBRICAR	TIPO ACEITE	SISTEMA	FRECUENCIA	CANTIDAD
18.11.4.1 VE1	Ventilador en recepción de materias primas	- Motor TECO: Rodamientos 6312. - Chumaceras GLH SN 517	REGAL AFB 2 MULTIFAK EP 2	Grasera a presión	I: Q C: 2 A I: 2M	15 gr. Cada rodamiento 50 gr. Cada chumacera
18.11.4.1 AP1	Alimentador de placas	- Motor RELIANCE, rodamientos: 30BC02J30X / 25BC02J30X - Reductor FALK 2040FZ3A - Transmisión: Piñón/cadena - Chumaceras tambor de cola y cabeza. - Rodillos de carga y retorno	REGAL AFB 2 MEROPA 220 ACEITE USADO MULTIFAK EP 2	Grasera a presión Salpique Baño Grasera a presión Rod. Sellados	I: Q C: 2 A I: M C: S I: M I: Q C: 2 A	10 gr. Cada rodamiento 9 lts. 10 lts. 80 gr. Cada chumacera
18.11.4.1 BT1	Banda transportadora de 36"	- Motor HOSTILE - Reductor FALK 2307J25 - Chumaceras tambor de cola y de cabeza. - Rodillos de carga y retorno	MEROPA 220 MULTIFAK EP 2	Rod. Sellados Salpique Grasera a presión Rod. Sellados	C: 2 A I: M C: S I: Q C: 2 A	10 gr. 8 lts. 65 gr. Cada chumacera

Figura 8. Plan de Lubricación.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Lista de lubricantes empleados en la Planta de Molienda de Cemento ROCACEM

ACEITES				
Norma ISO VG DIN 51519 (mm ² /s / 40 °C)	Norma DIN 51502	Cantidad (lts)	TEXACO	SHELL
ISO VG 32	HLP 32	25	RANDO HD 32	TELLUS OIL 32
ISO VG 46	HLP 46	600	RANDO HD 46	TELLUS OIL 46
ISO VG 32	CLP 32	120	REGAIL OIL 32	TELLUS 32
ISO VG 68	CLP 68	25	REGAIL OIL 68	TELLUS 68
ISO VG 100	CLP (F) 100	30	MEROPA 100	OMALA OIL 100
ISO VG 220	CLP (F) 220	560	MEROPA 220	OMALA OIL 220
ISO VG 320	CLP (F) 320	585	MEROPA 320	OMALA OIL 320
ISO VG 460	CLP (F) 460	40	MEROPA 460	OMALA OIL 460
ISO VG 680	CLP (F) 680	50	MEROPA 680	OMALA OIL 680
GRASAS				
NLGI - KI DIN 51818	Norma DIN 51818	Cantidad (Kg)	TEXACO	SHELL

NLGI 2	KP (F) 2N-20	200	MOLYTEX EP 2	ALVANIA FETT G 3
NLGI 3	K3K-20	60	REGAL AFB 2	ALVANIA EP FETT 2
NLGI 0/00	OGPF 0/00 G - 20	25	CRATER PREMIUM 0	FETT S. 8327

Fuente: Elaboración propia

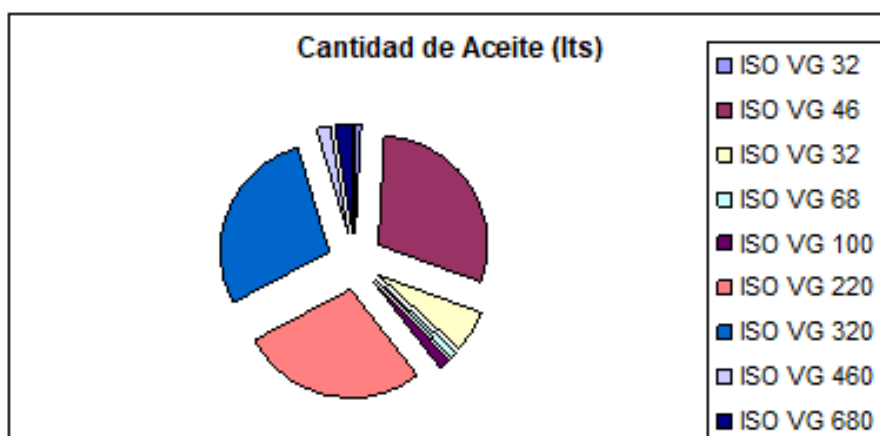


Figura 8. Gráfico de aceites utilizados.

Fuente: Elaboración propia

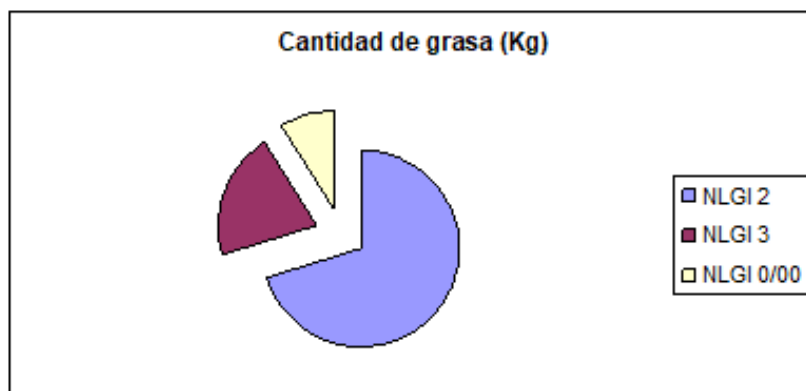


Figura 9. Gráfico de aceites utilizados.

Fuente: Elaboración propia

A través de un análisis del consumo anual de lubricantes, se definió un stock de bodega ajustado a las necesidades reales, evitando compras excesivas o de emergencia. Asimismo, se realizó un análisis comparativo de proveedores, seleccionando como principal proveedor a TEXACO por su relación costo-beneficio, lo que generó ahorros directos en la adquisición de lubricantes.



Impacto del Proyecto

Impacto Práctico: El plan provee al personal de mantenimiento un marco de trabajo claro y sistemático, migrando de un modelo reactivo a uno preventivo y planificado. La estandarización de tareas mejora la eficiencia y el control sobre las operaciones diarias de mantenimiento.

Impacto Económico: La implementación se traduce directamente en una reducción de costos operativos. Esto se logra a través de la disminución de paradas no programadas, la optimización del consumo de lubricantes, la extensión de la vida útil de los componentes y una mejor gestión de los inventarios. Así como el de tratar de tener un solo proveedor de los lubricantes.

Impacto Tecnológico: La adopción de un sistema de mantenimiento computarizado como herramienta central moderniza la gestión del mantenimiento. Facilita el almacenamiento de grandes volúmenes de datos, automatiza la planificación y permite la monitorización de indicadores de desempeño (KPIs), alineando a la planta con las mejores prácticas de la Industria 4.0.

CONCLUSIONES

Para la planificación técnica en el área de la lubricación en lo que se refiere a las frecuencias de cambio, generalmente se ajustan a lo prescrito por los fabricantes en sus respectivos manuales de mantenimiento. Sin embargo, estos tiempos deberán ser revisados de acuerdo con el estado de la maquinaria y a las condiciones de operación que lo rodean.

La implementación de un plan de lubricación, demostró ser una estrategia altamente efectiva para una planta de molienda de cemento de proceso continuo. Esto permitió priorizar de manera eficiente los esfuerzos y recursos hacia los equipos, maximizando el impacto de las acciones de mantenimiento.

La estandarización de las tareas de lubricación mediante fichas técnicas y cronogramas detallados, junto con la programación de análisis de aceite, constituye la base de un mantenimiento preventivo y predictivo robusto. Este enfoque no solo reduce la probabilidad de fallos inesperados, sino que también optimiza el consumo de lubricantes y los costos asociados.

Finalmente, se recomienda el uso del historial de fallas para refinar periódicamente las frecuencias y tareas lubricación y de mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín P. (2004). *Lubricación industrial y automotriz*. Editorial Omega. 3ra Edición. España
- Álvarez García Emilio. (1999). *Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación*. Ediciones Universidad Central de Las Villas. Santa Clara. Cuba.
- CONCEPTO. (10 de junio de 2015). *Mantenimiento Preventivo*. <https://concepto.de/mantenimiento-preventivo/#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20mantenimiento>.
- Cuadrado S. Edwin. (2000). *Mantenimiento y Lubricación*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- OFICEMEN. (19 de febrero de 2002). <https://www.oficemen.com/el-cemento/proceso-de-fabricacion/>.
- FAG. (2000). *Catálogo de Rodamientos WL 41 520/3 SB*. España



- FALK. (2001). *Manuales de Mantenimiento de Reductores de velocidad Tipos GHB, Y, YB & YBX*. Milwaukee - USA
- FAM. (2001). *Manuales de Mantenimiento STACKER*. (1^{ra} Edición Vols. 1 – 4). Alemania. Uso Interno La Cemento Nacional.
- FAM. (2001). *Manuales de Mantenimiento RECLAIMER*. (1^{ra} Edición Vols. 1 – 5). Alemania. Uso Interno La Cemento Nacional.
- García O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Ediciones de la U. Bogotá.
- GEBR. PFEIFFER AG. (2001). *Manuales de Mantenimiento Molino MPS 4250 BC*. (1^{ra} Edición Vols. 1 – 9). Alemania. Uso Interno La Cemento Nacional.
- González P. W. (2000). *Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo de Planta de Molienda de Cemento "Latacunga" Grupo La Cemento Nacional*. Informe Técnico. La Cemento Nacional. Uso Interno La Cemento Nacional.
- Sués cum G. (2002). *Manual de Codificación Grupo LCN*. Informe Interno. La Cemento Nacional.
- LCN (La Cemento Nacional). (2001). *Manual de Mantenimiento*. Informe Interno. La Cemento Nacional.
- Salazar E y Villagómez P. (2001). *Planificación y Programación Técnica de la Lubricación en Sistemas y Equipos de la Planta N° 2 de la Empresa Cemento Chimborazo C. A.* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)]. Repositorio a partir del 2010.
- SKF. (2002). *Catálogo de Rodamientos de Bolas y Rodillos*. Suecia.
- TEXACO. (2002). *Informe de Lubricación*. Informe Técnico. Uso Interno La Cemento Nacional.
- TRIBOLOGY TECH LUBE. (2000). *Vademécum de Lubricación*. TRIBOLOGY TECH LUBE. Quito – Ecuador.
- Trujillo C Gerardo. (6 de agosto de 2010). *La lubricación como elemento fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial*. [http:// confiabilidad.net/articulos/la-lubricacion-como-elemento-fundamental-delmantenimiento-de-clase-mundial/](http://confiabilidad.net/articulos/la-lubricacion-como-elemento-fundamental-delmantenimiento-de-clase-mundial/)