



Julio 2018 - ISSN: 1696-8352

REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE LA FIABILIDAD A LOS MONTACARGAS DE PASILLOS ESTRECHOS EN UNA EMPRESA DE SEVICIOS EN EL PUERTO MARÍTIMO DE GUAYAQUIL

Stalin Eduardo Nuela Sevilla¹,
Profesor Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
nuelasevilla@yahoo.es

Ángel Daniel Larrea Moreano²
Profesor Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
angd18@hotmail.com
COTECNA DEL ECUADOR S.A.

Inspector de equipos industriales por más de seis años relacionados con el sector alimenticio, petrolero, logístico y carga, cementero, etc.

Dirección del autor principal (*): Ambato, barrio San Isidro calle Alfonso Troya y plazoleta, teléfono 0980440713, email: nuelasevilla@yahoo.es.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Stalin Eduardo Nuela Sevilla y Ángel Daniel Larrea Moreano (2018): "Reducción de costos de mantenimiento mediante la aplicación de la ingeniería de la fiabilidad a los montacargas de pasillos estrechos en una empresa de servicios en el puerto marítimo de Guayaquil.", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (julio 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/07/reduccion-costos-mantenimiento.html>

RESUMEN

El mantenimiento es la Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida (EN 13306), a su vez, se clasifica en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, como se puede evidenciar, el mantenimiento busca que los equipos cumplan su función, y así asegurar la producción y la generación de utilidades para la misma.

Para poder implementar el mantenimiento existen diferentes estrategias, una de ellas se enfoca al mantenimiento proactivo, el mismo que busca prevenir los fallos, y en el caso de que se presenten, analizarlos y establecer medidas para que no vuelvan a suceder. Es por ello que se

¹ Ingeniero Industrial, Magister en gestión del mantenimiento industrial, Magister en Seguridad Salud y Ambiente Laboral, Auditor interno de sistema integrado de gestión.

² Ingeniero de Mantenimiento, Magister en Gestión del Mantenimiento Industrial

pretende implementar el mantenimiento proactivo a los equipos montacargas del servicio portuario en la ciudad de Guayaquil-Ecuador.

Para implementar la estrategia mencionada es necesario saber que a la Capacidad de un elemento de desarrollar una función requerida bajo unas condiciones dadas durante un intervalo de tiempo determinado, se lo conoce como Fiabilidad, según la norma EN 13306.

La fiabilidad es un indicador de mantenimiento que permite evaluar la efectividad del mismo. En el presente caso de estudio se realizó el estudio de fiabilidad a los montacargas de pasillos estrechos con el propósito de reducir los fallos de los equipos debido a la baja fiabilidad y el impacto económico a la empresa.

Para poder llevar a cabo este estudio se procedió de la siguiente manera: Se recolectó los datos de diez montacargas por medio de inspecciones in situ de los equipos, estos datos deben contemplar el uso que se da a los equipos como sus datos de placa.

Con los datos, se realizó el análisis de las funciones de cada elemento del montacargas para determinar sus fallos funcionales sean totales o parciales. Una vez establecidos los fallos se realizó un análisis de los modos de fallo que se pueden presentar para cada fallo establecido.

Una vez que se tuvo las funciones, los fallos, los modos de fallo, se evalúan las consecuencias operacionales y no operacionales. Realizado lo anterior se procedió al cálculo de los tiempos medios entre fallos que han ocurrido en el periodo 2014-2015. Con los parámetros calculados se pudo determinar una frecuencia para realizar las inspecciones a los sistemas hidráulicos, eléctrico, estructural y de movimiento que conforman el equipo, previo a la ocurrencia de los fallos estudiados, para poder realizar las inspecciones, se deben considerar los parámetros contemplados en las normas técnicas ANSI B56.1 de Estados Unidos, NTP 715 de España, y NT 22 de Ecuador. Los tiempos medios entre fallo del sistema hidráulico es 819 horas, el sistema eléctrico en 1027 horas, el sistema de movimiento en 820 horas y el sistema estructural en 821 horas; el sistema eléctrico presenta un total de 103, 5 horas, seguido del sistema hidráulico con 97,5 horas de fallo, el sistema de movimiento con 50 horas, y el sistema estructural con 47,5 horas de fallo. Se concluye que las pérdidas económicas debido a los fallos en los equipos se ven reducidos sí se aplica el mantenimiento proactivo y específicamente el análisis de fiabilidad, estableciendo así actividades de mantenimiento proactivas, previo el análisis de su factibilidad. Como recomendación del proyecto es necesario implementar el plan de mantenimiento propuesto a los equipos de levantamiento de carga de la empresa de servicios portuarios Ecuastibas.

Palabras clave: <INGENIERÍA DE FIABILIDAD><MONTACARGAS><INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO><EMPRESA ECUAESTIBAS><PLAN DE MANTENIMIENTO ><><LOGÍSTICA EN PUERTOS><GUAYAQUIL (CANTÓN) >

SUMMARY

Maintenance is the combination of all technical, administrative and management actions, during the life cycle of an element, intended to conserve it or return it to a state in which it can perform the required function (EN 13306), in turn, it is classified as preventive maintenance and corrective maintenance, as could be evidenced, maintenance seeks equipment to fulfill its function, and thus ensure production and the generation of profits for it.

To implement maintenance there are different strategies, one of them focuses on proactive maintenance, the same that seeks to prevent failures, and if they arise, analyze them and establish measures so that they do not happen again. That is why it is intended to implement proactive maintenance to the forklift service of the port service in the city of Guayaquil-Ecuador.

To implement the aforementioned strategy it is necessary to know that the ability of an element to develop a required function under given conditions during a certain time interval is known as Reliability, according to EN 13306.

Reliability is a maintenance indicator that allows to evaluate its effectiveness. In the present study case, the reliability study was carried out on narrow aisle trucks in order to reduce equipment failures due to the company's low reliability and economic impact.

In order to carry out this study, we proceeded in the following manner: We collected the data from ten forklifts by means of on-site inspections of the equipment, this data should contemplate the use that is given to the equipment as its plate data.

With the data, the analysis of the functions of each forklift element was performed to determine its total or partial functional failures. Once the failures were established, an analysis was made of the failure modes that can be presented for each established failure.

Once the functions, failures, failure modes have been taken into account, the operational and non-operational consequences are evaluated. Once the above was done, the average time between failures that occurred in the 2014-2015 period was calculated. With the parameters calculated it was possible to determine a frequency to carry out the inspections of the hydraulic, electrical, structural and movement systems that make up the equipment, prior to the occurrence of the failures studied, in order to carry out the inspections, the parameters contemplated must be considered. In the technical standards ANSI B56.1 of the United States, NTP 715 of Spain, and NT 22 of Ecuador. The average times between failure of the hydraulic system is 819 hours, the electrical system in 1027 hours, the movement system in 820 hours and the structural system in 821 hours; the electrical system presents a total of 103, 5 hours, followed by the hydraulic system with 97.5 hours of failure, the motion system with 50 hours,

and the structural system with 47.5 hours of failure. It is concluded that the economic losses due to equipment failures are reduced if proactive maintenance is applied and specifically the reliability analysis, establishing proactive maintenance activities, after analyzing their feasibility. As a recommendation of the project, it is necessary to implement the proposed maintenance plan for the cargo lifting equipment of the port services company Ecu aestibas.

Keywords: <ENGINEERING RELIABILITY> <Counterbalance> <ENGINEERING MAINTENANCE> <COMPANY ECUAESTIBAS> <PLAN MAINTENANCE> LIFTING OF CAEGAS> <SOFTWARE MAINTENANCE> <LOGISTICA IN PORTS

INTRODUCCION

La empresa donde se realizó el estudio es una sociedad ecuatoriana constituida como sociedad anónima. Inicia operaciones en el año 1995 y sus principales actividades están relacionadas con los servicios portuarios a la carga y a las naves en todos los puertos ecuatorianos. Dentro de ellas se cuentan: remolcadores, estiba / desestiba, almacenaje de contenedores y carga general, depósito y talleres de contenedores, grúas móviles, equipos portuarios y logística.

Se tiene en la empresa equipos de la marca CROWN con capacidad de 2000 kg y que en los años analizados presentan fallas recurrentes en los sistemas eléctricos, hidráulicos, estructural y de movilidad, fallos que han desencadenado a que el equipo llegue a estar parado en su totalidad perdiendo horas de producción en el manejo de cargas dentro del puerto de Guayaquil. La empresa ha registrado pérdidas económicas que provienen de la parada de equipos debido a los fallos que en estos se han presentado y que por la presencia de dichos fallos se ha recurrido a las tareas de mantenimientos correctivos. Hasta inicios del 2016 no se contaba con ningún plan de mantenimiento que pudiese dar gestión a los montacargas existentes en la empresa.

El hecho de que la empresa no contara con mantenimientos preventivos la llevaba a la generación de GASTOS redundantes para reparar los equipos, lo que hacía que no generen una ganancia aceptable en comparación al potencial que deberían tener los equipos.

Para asegurar que los equipos disminuyan sus tiempos de parada se debe aplicar mantenimiento a los equipos, ya que el mantenimiento tiene como objetivo asegurar que los equipos cumplan sus funciones y reducir los costos que generen las paradas de los mismos.

El propósito de realizar el estudio de fiabilidad es determinar qué equipo ha sido el que no ha funcionado adecuadamente por el periodo establecido y como segundo objetivo el generar un plan de mantenimiento, aplicarlo y evaluar si se han reducido los costos de mantenimiento y generado ganancias para la empresa a lo largo del primer trimestre del año 2016. Con la aplicación de la ingeniería de la fiabilidad se logró el aumento de la disponibilidad operativa de los montacargas de pasillo estrecho y también se redujo el número de fallos para que la maquina quede totalmente parada en el trabajo día a día.

ESTUDIO DE FIABILIDAD

Para el análisis de la fiabilidad se emplearon actividades de mantenimiento como realizar inspecciones de componentes o piezas según los tiempos medios entre fallos que se han calculado para reducir la posibilidad de avería del montacargas. Para lograr este aumento de disponibilidad, se tuvo en cuenta las instrucciones dadas por el fabricante, las establecidas por las normativas internacionales, las características del equipo y las condiciones de utilización.

El mantenimiento realizado pudo ser hecho gracias a la utilización de un software que fue parte del estudio y que hoy está al alcance de la empresa pues al no contar con un software específico de manteniendo se aprovechó las herramientas que se tiene en la actualidad, que para el caso de la empresa fue el uso de Excel en donde se alimenta los datos de los equipos al final de cada jornada de trabajo y cuyos datos son los que el software va almacenando y procesando y a su vez mostrando al usuario el momento más próximo para realizar inspecciones o mantenimiento sin que el fallo llegue a materializarse.

El análisis de fiabilidad se lo desarrolla siguiendo la siguiente metodología:

- a) Fase previa: Recolección de datos.
- b) Fase 0: Funciones y especificaciones.
- c) Fase 1: Listado de codificaciones
- d) Fase 2: Determinación de fallos.
- e) Fase 3: Determinación de los modos de fallo.
- f) Fase 4: Estudio de las consecuencias de los fallos. Criticidad.
- g) Fase 5: Determinación de las medidas preventivas.

- 1) Fase previa: Recolección de datos.

En esta fase se determina el número de equipos que tiene la empresa su categoría, clase o tipo, de acuerdo a la forma que la empresa los clasifique o los identifique, para el caso de ECUAESTIBAS, los montacargas se los clasifica por su fuente de propulsión, que para el caso de la empresa son eléctricos, y en función de la capacidad, que son de dos toneladas (tabla 1). Además de considerar el contexto operacional de los mismos para poder establecer su funcionamiento óptimo.

Tabla 1.- Listado de montacargas ECUAESTIBAS

CODIGO	MARCA	MODELO	FECHA DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD
MC1	Crown	RD 5200	2002	2T
MC2	Crown	RD 5200	2002	2T
MC3	Crown	RD 5200	2002	2T
MC4	Crown	RD 5200	2005	2T
MC5	Crown	RD 5200	2005	2T
MC6	Crown	RD 5200	2005	2T
MC7	Crown	RD 5200	2009	2T
MC8	Crown	RD 5200	2009	2T
MC9	Crown	RD 5200	2009	2T
MC10	Crown	RD 5200	2009	2T

Fuente: Empresa.

2) Fase 0: Funciones y especificaciones.

Cada uno de los elementos que conforman el montacargas tienen una función determinada, la cual debe realizarse para el buen desenvolvimiento del equipo, en este punto se hace un reconocimiento de los componentes del montacargas y equipos estudiados, para establecer la función de cada uno de ellos.

3) Fase 1: Listado y codificación de elementos de los montacargas

Se dio una codificación a los elementos del equipo con el que se analizó de manera más simplificada. La codificación que se da a los diferentes sistemas y sus elementos es en base a las letras iniciales que lo conforman (tabla 2).

Tabla 2.- Codificación de elementos

Sistema Eléctrico	Se	Sistema hidráulico	Sh	Sistema estructural	Ss	Sistema de movimiento	SM
Batería	SEBT	Tanque	SHTQ	Chasis	SSCH	Ruedas	SMRD
Cables	SECB	Filtro	SHFT	Horquillas	SSHQ	Frenos	SMFR
Conexiones	SECC	Bomba	SHBB	Mástil	SSMT		
Motor bomba	SEMB	Mangueras	SHMG	Cadenas	SSCD		
Motor tracción	SEMT	Acoples	SHAP	Rodamientos de mástil	SSRD		
		Cilindros de elevación	SHCI				

Fuente: Empresa.
Elaborado por el autor (2016).

4) Fase 2: Determinación de los fallos

Un fallo es la incapacidad de un ítem para cumplir alguna de sus funciones (EN 13306). Por ello se dijo en el apartado anterior que sí se realiza correctamente el listado de funciones, es muy fácil determinar los fallos. En esta etapa se deben determinar los fallos funcionales, que contemplan fallos totales (cese de la función) y fallos parciales (el equipo o elemento no puede realizar su función al 100%).

5) Fase 3: Determinación de los modos de fallo

Una vez determinados todos los fallos que pueden presentar un sistema, un subsistema o uno de los equipos significativos que lo componen, deben estudiarse los modos de fallo. El modo de fallo es la manera en que ocurre un fallo (EN 060300). En otras palabras se puede definir como un evento que lleve al fallo sea a un elemento o un equipo. En este punto se debe establecer cuáles pueden ser los modos de falla para las fallas funcionales sean totales o parciales de los equipos.

6) Fase 4: Estudio de las consecuencias de los fallos. Criticidad.

Durante los años 2014 y 2015 se tuvieron mantenimientos correctivos en los montacargas que se originaron de uno u otro elemento que comprende el equipo, los fallos se los ha agrupado en función de los sistemas a los que pertenecen.

Tabla 3.- Horas de fallo en función de cada sistema.



Fuente: Empresa.
Elaborado por el autor (2016).

La siguiente operación es determinar los efectos de cada modo de fallo y, una vez determinados, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias. La primera pregunta a responder en cada modo de fallo es, pues: ¿qué pasa si ocurre? Con esta explicación, se está en condiciones de valorar sus consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, para la producción y para el mantenimiento.

Tabla 4.- Matriz de criticidad montacargas Empresa

	SE1	SE2	SE3	SE5	SE6	SE7	SH4	SS2	SS3	SS4	SS5	SM1	SM3
Calificación Mantenimiento	2	4	2	4	2	4	2	2	4	2	2	6	1

Fuente: Empresa.
Elaborado por el autor (2016).

Con la calificación hecha, se pudo ver que los sistemas que más problemas económicos causan son el sistema eléctrico y el sistema hidráulico.

RESULTADOS

Una vez hecho las fases del mantenimiento, definición y función de los elementos, codificación, determinación de los fallos, determinación de los modos de fallos, criticidad de los fallos, tiempo medio entre fallos, se dio inicio a una propuesta de mantenimiento que reduzcan las pérdidas económicas por mantenimientos correctivos. Se planteó lo siguiente:

- a) Inspecciones

- b) Mantenimiento
- c) Base de datos

Inspecciones

Las inspecciones de los montacargas se lo hicieron al 50 % de los tiempos medios entre fallos para poder advertir cualquier anomalía que se pueda presentar en los componentes, para esto se hizo un control electrónico y físico del número de horas que está funcionando el montacargas.

Para este trabajo se tomaron criterios de inspección de la normativa ANSI B56.1, a más de los que se ha analizado en el estudio y que pide lo mencionado en la tabla 5.

Tabla 5.-Frecuencias de inspección de los montacargas.

Sistema	Que inspeccionar	Que buscar	Frecuencia (horas)
Eléctrico	Batería	Falta agua de batería	513
Eléctrico	Batería	Sulfatación de la placa, corrosión del conductor	343
Eléctrico	Cables	Desgaste del recubrimiento	1029
Eléctrico	Cables	Desgaste de los acoples	1030
Eléctrico	Cables	Oxidación de los conectores	515
Eléctrico	Motor Hidráulico	Atascamiento de eje	1028
Eléctrico	Motor hidráulico	carbones desgastados	514
Eléctrico	Motor tracción	Atascamiento de eje	1028
Eléctrico	Motor Tracción	carbones desgastados	514
Hidráulico	Filtro de aceite	Deterioro de elemento filtrante	409
Hidráulico	Bomba de presión	Fuga de aceite en bomba	205
Hidráulico	Mangueras	Rotura de manguera	1028
Hidráulico	Acoples de mangueras	Roscas dañadas	1028
Hidráulico	Acoples de mangueras	falta de ajuste	343
Hidráulico	Cilindros de elevación	Desgaste de empaques	1028
Estructural	Chasis	Pernos flojos	343
Estructural	Horquillas	Fisuras en horquillas	1029
Estructural	Cadena	Lubricación incompleta	343
Estructural	Cadena	Oxidación de eslabones	412
Movimiento	Llantas	Desgaste de la banda de rodadura	410
Movimiento	Frenos	Desgaste de zapatas o pastillas de freno	684
Movimiento	Frenos	Falta de líquido de freno	515

Fuente: Empresa.
Elaborado por el autor (2016).

Se realizó los mantenimientos previo una orden de trabajo que se emite al 97% del tiempo medio entre fallo teniendo como máximo de aviso de orden de trabajo el 99% y se tiene como alerta de que el mantenimiento del ítem debe ser realizado inmediatamente cuando el tiempo medio entre fallo esté entre el 99 y el 100%.

Tabla 6.- Tiempo máximo para realizar el mantenimiento

TRANSCURSO DE DIAS							DIA 102
HODOMETRO							4944
SISTEMA	ELEMENTO	CODIGO	MODO DE FALLO	MTBF	MTBF + HA	99 % (MTBF + HA)	816
Hidráulico	Acoples	SHAP	Falta de ajuste	687,0	4815,0	4808,1	4944
Hidráulico	Filtro	SHFT	Deterioro de elemento filtrante	819,6	4947,6	4939,4	4944
Movimiento	Ruedas	SMRD	Desgaste de la banda de rodadura	820,6	4948,6	4940,4	4944
Estructural	Cadenas	ETCD	Falta de lubricación	824,6	4952,6	4944,4	4944
Eléctrico	Batería	SEBT	Falta agua de batería	1027,0	5155,0	5144,7	4944
Eléctrico	Motor bomba	SEMB	carbones desgastados	1028,0	5156,0	5145,7	4944

Fuente: Empresa.

Base de datos.

De acuerdo a lo que se mencionó anteriormente, la empresa no cuenta al momento con un software que pueda ayudar en la gestión del mantenimiento de los montacargas, por lo que este estudio tendrá el manejo de datos en el programa Excel que resulta una herramienta de gran ayuda para gestionar de manera adecuada el mantenimiento de los equipos que estén a cargo de la empresa.

En esta base de datos se registrará:

- a) Fecha que se realiza la inspección o mantenimiento
- b) Tipo de trabajo que se realiza: Inspección o mantenimiento.
- c) Código de montacargas.
- d) Hodómetro que marca el día del trabajo realizado.
- e) Persona que realiza la inspección o mantenimiento.
- f) Operador asignado en la fecha de la inspección.
- g) Sistema que es objeto del trabajo.
- h) Elemento que es objeto del trabajo.
- i) Hallazgos.
- j) Trabajo realizado.
- k) Observaciones.

CONCLUSIONES

Los pasos para la aplicación de la ingeniería de la fiabilidad se las puede aplicar tal como se lo ha visto en este estudio, y son: Codificar los elementos, Determinar las funciones de cada elemento, Determinar los fallos de cada elemento, Establecer los modos de fallo de cada elemento, Establecer la criticidad de cada elemento y Determinación de medidas preventivas.

De acuerdo al análisis de fallos realizado en los años 2014 y 2015, se tiene que el sistema eléctrico y el hidráulico son los más recurrentes, y también coincide con el número de tipos de fallo que tienen los montacargas. Así se puede decir que el sistema eléctrico es el que más horas de fallo tiene dando un total de 103,5 horas en el período analizado, seguido del sistema hidráulico que tiene 97,5 horas de fallo, a continuación está el sistema de movimiento con 50 horas, y por último el sistema estructural con 47,5 horas de fallo.

Las medidas preventivas para los equipos consisten en inspecciones determinadas por los tiempos medios entre fallos, con el fin de prevenir las paradas imprevistas, para estas inspecciones se establecieron según las normas, cuales son los puntos que se deben revisar, así como, que buscar en cada elemento. Según las normas: NT 22 de Ecuador, ANSI B56.1: de Estados Unidos, NTP 715 de España

Las pérdidas económicas de mantenimientos por paradas se ven reducidos si se aplica la ingeniería de la fiabilidad, así se tiene que en el periodo analizado se tuvo costos económicos de \$12,510 previo a implementar un plan de mantenimiento. Una vez implementado dio plan los costos de mantenimiento se vieron reducidos a \$3127,5. Por lo que se comprueba que la aplicación de mantenimiento en la empresa es la mejor opción para reducir gastos innecesarios y generar utilidades.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. (2009). Que es la fiabilidad? *REVISTA ABB 1/2009*, 1.

- ANSI. (11 de 11 de 2015). Powered and Nonpowered Industrial Trucks. *Safety Standard for Low Lift and High Lift Trucks*. QUITO.
- ECUAESTIBAS. (11 de JUNIO de 2015). *INICIO, ECUAESTIBAS*. Obtenido de <http://www.ecuaestibas.com/>
- EMERSON. (23 de 01 de 2015). *EMERSON*. Obtenido de <http://campuscurico.utralca.cl/~fepinos/CONCEPCION%20RCM%20MANTENIMIENTO%20CENTRADO%20EN%20CONFIABILIDAD.pdf>
- GARRIDO, S. G. (12 de 10 de 2015). *BOOKS. GOOGLE .COM*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=o5isJP5Pq8IC&pg=PA96&lpg=PA96&dq=La+primera+pregunta+a+responder+en+cada+modo+de+fallo+es,+pues:+%C2%BFqu%C3%A9+pasa+si+ocurre?&source=bl&ots=A6YYPQ1AMV_&sig=Eu4I4RGyMuHI-UaMnKtr1C1m6k&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwii3Nzy0MXQA
- INGEMAN. (09 de 06 de 2015). Técnicas de Ingeniería de Fiabilidad Aplicadas al Proceso de Optimización del Mantenimiento.
- INSHT. (10 de 10 de 2015). NTP 214. *NTP 214*.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (21 de 02 de 2015). NTP 715. *Carretillas elevadoras automotoras (III): mantenimiento y utilización*. Madrid, España.
- LOGÍSTICA, L. C. (01 de 10 de 2015). *Carretillas de pasillo estrecho: LRM*. Obtenido de LRM: www.lrmconsultorialogistica.es
- MILITAR STANDARD. (11 de 11 de 2015). HANDBOOK MIL-HDBK-2173 . *RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE REQUIREMENTS FOR NAVAL AIRCRAFT, WEAPONS SYSTEMS AND SUPPORT EQUIPMENT*.
- MINISTERIO DE TRABAJO. (11 de 11 de 2015). DSST-NT-22. *Medidas de Prevención en*. QUITO.
- MOUBRAY, J. (2004), *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* (segunda edición), ISBN 09539603-2-3.
- SEXTO, L. F. (15 de 10 de 2014). INGENIERÍA DE LA FIABILIDAD. *INGENIERÍA DE LA FIABILIDAD*.
- TRABAJO, I. D. (15 de 11 de 2015). *Carretillas elevadoras. Carretillas elevadoras*. Madrid, España.
- UNE EN 060300 (julio 2003), *Gestión de la Confiabilidad, Parte 3: Guía de aplicación, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*, AENOR

UNE EN 13306 (Marzo 2011), Terminología del Mantenimiento, AENOR