



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“METODOLOGIAS PARA LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO”: una revisión de la literatura
científica en los últimos 11 años.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autores:

Flores Morales, Francys Palmira

Ruíz Escobar, Paolo

Asesor:

Ing. Bernardo Céspedes Panduro

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

Para nuestras familias y para aquellos que nos apoyaron para la elaboración de este documento.

AGRADECIMIENTO

Aquellos que contribuyeron a nuestra mejora académica.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 – Preguntas para referencia bibliográficas	12
TABLA 2 - Preguntas de investigación y motivación	13
TABLA 3 - Criterios de búsqueda.	13
TABLA 4 - Formulario para extracción de datos	15
TABLA 5 - Resultados de búsqueda.....	16
TABLA 6 - Resultados del proceso de selección de estudios	17
TABLA 7 – Ejemplo de extracción de datos	18
TABLA 8 - Consolidado de artículos usados para la investigación.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	18
Figura 2	19
Figura 3	20
Figura 4	28
Figura 5	29
Figura 6	30
Figura 7	31

RESUMEN

La adecuada implementación y aplicación de una gestión de mantenimiento contribuye al mejoramiento de la calidad para la productividad de cada empresa; es por ello que el mantenimiento es actividad propia de la ingeniería que emplea una variedad de recursos para su efectividad, en este artículo se presenta una revisión sistemática de la literatura sobre la gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta los conceptos generales para su desarrollo, los cuales pueden ser ubicados en la introducción de este artículo, así mismo daremos a conocer los tipos de mantenimientos existentes y sus respectivos conceptos. Durante la búsqueda de información se utilizaron criterios de selección de los estudios, se utilizó un proceso de selección de información relevante. Por otro lado en los resultados de este estudio identificaremos las metodologías usadas en los últimos 11 años, por siguiente mencionaremos cuáles han sido las herramientas de apoyo para cada metodología en su implementación.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, gestión, herramientas, metodología indicadores, Revisión sistemática.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que hoy en día la gran mayoría de las empresas tratan de utilizar todas sus capacidades para poder aumentar su productividad y ser más competitivas con el fin de ingresar a mercados más extensos, dinámicos y exigentes. Según Ortiz, Rodríguez e Izquierdo (2013) refieren que para que las empresas logren sus objetivos requieren de exigentes cualidades, como es la innovación tecnológica, además del desarrollo de nuevas prácticas de gestión orientadas a mejorar la eficiencia y productividad de los procesos y de esta manera alcanzar una mayor rentabilidad de la inversión realizada.

Para lograr aquellos objetivos dentro de la empresa, se requiere tener una maquinaria instalada en óptimas condiciones, sin embargo la presencia de averías y fallas trae como consecuencia aumento en costos de operaciones e incluso hasta grandes pérdidas de activos. Por ello se generó un nuevo concepto que a lo largo del tiempo se inició como reparaciones en caso de averías y fue evolucionando por generaciones con revisiones periódicas, planificaciones y control, hasta lograr que se diseñen modelos para la mejorar fiabilidad seguridad de la maquinaria instalada, de esta manera cumplir con las expectativas de cada compañía, según Gonzales (2003) refiere que el mantenimiento tiene como finalidad conservar o restituir una maquina (ítem) a las condiciones adecuadas para que cumplan sus funciones determinadas, mediante un conjunto de actividades técnicas y administrativas. Por lo consiguiente se puede añadir que el mantenimiento se ha considerado como un proceso de apoyo a la producción ya que los procesos productivos se les exigen más eficacia y calidad, y a su vez el mantenimiento busca alargar la vida útil de una máquina de forma rentable para cada compañía.

Olarte, Botero y Cañón (2010) señalan que el mantenimiento toma importancia a partir de los años 30 cuando Henry Ford implementó en su compañía un área para las actividades de reparación de los equipos que pertenecían a su sistema de producción, con el transcurrir de los años se pudo entender la importancia de que tiene el mantenimiento dentro de las líneas de producción respecto a las ganancias de cada empresa. Así mismo podemos decir que la importancia del mantenimiento reside en la necesidad que tienen las compañías de conservar todas sus maquinarias e instalaciones trabajando de manera continua y eficiente, se debe tener en consideración los costos que extras que se van a producir para la empresa.

Como también debemos tener en cuenta, que para llevar a cabo el correcto funcionamiento de los equipos que se involucran dentro del sistema de producción en una compañía, se debe contar con recursos para mejorar el área de mantenimiento, como lo es una mano de obra especializada; es decir personal capacitado en las actividades que involucren la prevención detección de fallas así poder garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos dentro del proceso de producción.

Así mismo Espinosa y Salinas (2009) indican que unos de los factores que influyen de negativamente en la implementación de una gestión de mantenimiento es el desconocimiento, o desconocer por completo el ambiente tecnológico y humano que está presente dentro de una organización, es por eso que se valora la importancia de tener personal altamente calificado para el área de mantenimiento.

Los tipos de mantenimiento han ido desde correctivos hasta predictivos, Braun (1998) denomina mantenimiento correctivo como al conjunto de actividades que están destinadas a corregir fallas imprevistas en primera instancia, así como también las

correcciones del diseño de los equipos y otras funciones principales para contribuir a la seguridad dentro de una operación y pueda ser más eficiente. (Citado en Primero et al., 2015, p4). Así mismo Navarrete (1999) describe al mantenimiento preventivo como un conjunto de actividades de carácter técnico y organizado que se llevan a cabo en un mantenimiento y son elaboradas según un plan que asegura el trabajo constante del equipo. (Citado en Primero et al., 2015, p5).

Por ultimo según Villarón; Pineda y Pérez (2007) indican que el mantenimiento predictivo consiste en el monitoreo permanente del grado de desgaste de un equipo o unidad, y con base en mediciones efectuadas con una variedad de instrumentos se pueda predecir el tiempo de funcionalidad que el bien puede subsistir antes de un paro o alguna falla inevitable.

Según Herrera y Duany (2016) nos indica que es preciso analizar y procesar la información que nos llega al área de mantenimiento, para poder organizar y controlar la gestión de mantenimiento, así mismo buscar la forma más eficiente con el mínimo de costo que garantice el desempeño del mantenimiento y así cumplir la misión fundamental de los especialistas que organizan y controlan dicha gestión. De la misma manera comprendemos que la capacidad y calidad de un servicio de mantenimiento es un factor importante para el buen desarrollo de la gestión y alcanzar los lineamientos de la empresa.

Amendola (2006) indica que el objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento consiste en incrementar la disponibilidad de activos, a bajo costo permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro del contexto operacional, es por eso que se requiere desarrollar e implementar modelos reales factibles dentro de cada organización, para llevar a cabo esta gestión real, se debe incluir todas las actividades

relacionadas con los objetivos, prioridades de mantenimiento, esto ayudará a la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento, así mismo se tendrá una mejora continua, además de tener en consideración los aspectos económicos para la organización.

Viveros; Stegmaier; Kristjanpoller; Barbera y Crespo (2013) indican que la gestión de mantenimiento no es un proceso aislado, sino que es un sistema linealmente dependiente de factores internos y externos de la organización, para lograr una mejora continua del proceso de gestión de mantenimiento se debe incorporar conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo para la toma de decisiones en el área de mantenimiento.

Herrera y Duany (2016) señalan que la implantación de un sistema de información de mantenimiento computarizado en una organización puede tener unos niveles de eficiencia de un 80 %, lo cual nos indicaría un alto índice de reducción de esfuerzo en los recursos humanos, así como la reducción de materiales e inventarios. Así mismo afirman que en la actualidad los países latinoamericanos han tenido problemas en la gestión de mantenimiento y se debe tener en cuenta que un modelo de Gestión de mantenimiento debe de estar alineado con los objetivos que tiene propuesta una empresa de esta manera dicha gestión será eficaz, eficiente y oportuna. Para ello se pretende dar solución a la deficiencia en la planificación, control y evaluación de la gestión de mantenimiento, dando a conocer y entender las actividades dentro de los procesos necesarios para desarrollar una correcta gestión de mantenimiento en una organización, además dar a conocer las herramientas de apoyo para mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento y los principales indicadores que consideran para el desarrollo de la misma.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Para el caso de este estudio la metodología usada es una revisión sistemática de la literatura científica de la cual según Kitchenham (2004) define que una revisión sistémica como una investigación científica en donde se integra una unidad de análisis de estudios originales, tomadas como fuentes primarias, para luego darse a conocer como estudios secundarios, por constituyen una herramienta esencial ese trabajo de estudio, a su vez Kitchenham (2009) nos refiere que el objetivo de la revisión es evaluar revisiones sistemática de la literatura, eso convierte a este estudio en una revisión de la literatura terciaria.

a) Preguntas de investigación

Luego de definir los conceptos sobre las revisiones sistemáticas, tomamos como fundamento que las revisiones de la literatura científica son una estrategia de recopilación de información que surge de la necesidad de conocer de manera explícita los resultados de una investigación, por lo tanto procedemos primero a plantear las preguntas para definir la búsqueda de la literatura relevante donde podamos descartar los artículos que no corresponden a nuestra línea de tiempo en la investigación y por ultimo plantearemos las preguntas referentes a nuestra investigación. Tomando en cuenta el tipo de diseño, el idioma.

TABLA 1 – Preguntas para referencia bibliográficas

Id	Pregunta	Motivación
PRB - 1	¿Corresponde con la línea de evolución de la investigación?	Establecer una línea tiempo que corresponda con los años definidos, titulo, etc.
PRB - 2	¿Cuáles son las publicaciones que se han encontrado enlazados con el objetivo de estudio?	Identificar si la publicación corresponde con el objetivo de estudio.

TABLA 2 - Preguntas de investigación y motivación

Id	Pregunta	Motivación
PI - 1	¿Que tanto se conoce de la gestión de mantenimiento en los últimos 11 años?	Conocer qué tipo de información se maneja sobre la gestión de mantenimiento.
PI -2	¿Qué metodologías se aplican un programa de gestión de mantenimiento en los últimos años?	Conocer que metodologías se aplican en la actualidad.
PI-3	¿Qué tipos de herramientas se implementan para los programas de mantenimiento?	Saber qué tipos de herramientas de apoyo se utilizan en una gestión de mantenimiento.
PI-4	¿Cuáles son los principales indicadores para una gestión de mantenimiento?	Identificar los indicadores importantes que permitan mejorar la gestión de mantenimiento.

b) Proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda usado fue electrónico, verificando las revisiones sistemáticas encontradas en la base datos de Redalyc, Scielo, Dialnet, Scopus, Science Direct y repositorios de diversas universidades, así mismo se tuvo que utilizar de operadores como AND y OR para afinar la búsqueda en dichas bibliotecas virtuales.

TABLA 3 - Criterios para la búsqueda.

Bibliotecas Virtuales	Palabras claves	Tipo de documento	Idioma	Tiempo de publicación
Redalyc	Mantenimiento, gestión; Herramientas, metodología	Revisiones sistemáticas / Revistas	Español	No mayor a 11 años de antigüedad
Scielo	Mantenimiento, gestión, metodología	Revisiones sistemáticas/Revistas	Español/ Ingles	
Dialnet	Mantenimiento, gestión, Indicadores, metodología	Revisiones sistemáticas	Español/ Ingles	
Science Direct	Mantenimiento, gestión, Metodología	Revisiones sistemáticas	Español	
Science Direct	Systemaic reviews, engineering	Revisiones sistemáticas	Ingles	

c) Criterios de inclusión y exclusión

Se toma en cuenta los artículos que fueron publicados en las bases de datos científicas a mencionadas en la tabla anterior entre los años 2001 y 2017, se tomaran como criterio de inclusión, que las revisiones sistemáticas estén relacionadas con nuestras preguntas de investigación, es decir que se evalúen las metodologías, las herramientas e indicadores usados para mejorar la gestión de mantenimiento, así como también que en su contenido describan modelos de análisis de impacto implicados en el tema de investigación, así mismo deberán pasar por un criterio de calidad, es decir cuestionamiento si el método cumple con lo requerido para la investigación.

Se excluirán documentos que no cuenten con suficientes referencias bibliográficas, documentos duplicados del mismo tema de estudio, revisiones sistemáticas que no describan su procedimiento (estructura) y que no se ajusten a las preguntas de investigación.

d) Extracción de datos

La selección de información fue aplicada considerando los criterios de inclusión y exclusiones, eso permitió saber que artículos se podrían tomar en cuenta para la revisión sistemática. Además de realizar resúmenes de los principales artículos que incluyen las preguntas de investigación. Sin embargo según Kitchenham (2007) como estrategia de extracción de datos relevantes para las preguntas de investigación planteadas se debe hacer uso de tabla basada en los criterios brindados por Kitchenham.

TABLA 4 - Formulario para extracción de datos

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador		
Fuente		
Título		
Autores		
Publicación		
Año de publicación		
Tipo de documento		
Objetivo		
Características de los modelos		
Atributos analizados		
Área de investigación		

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Luego de definida la metodología, y de acuerdo a la guía de Kitchenham, se procede a recopilar los resultados de la búsqueda, ese resultado se dividirá en 5 partes, en donde se detallaran las actividades realizadas para la ejecución de la revisión sistemática.

a) La obtención de resultados de la búsqueda

Según lo detallado en el capítulo anterior se mostrará los resultados del procedimiento de búsqueda, la utilización de los conectores boléanos para la búsqueda de los artículos en algunos casos se tuvo que modificar la cadena de búsqueda, para lograr la cantidad de resultados obtenido debido a que con eso se obtuvo una gran cantidad de estudios.

TABLA 5 - Resultados de búsqueda

Base de datos	Fecha	Total
Redalyc	No mayor a 11 años	2588
Mantenimiento or gestión or metodología		
Scielo	No mayor a 11 años	203
Mantenimiento and gestión or or metodologia or indicadores		
Dialnet	No mayor a 11 años	1964
Mantenimiento, gestión or metodología or herramientas		
Science Direct	No mayor a 11 años	20
Mantenimiento or gestión or herramientas		
Science Direct	No mayor a 11 años	6
Systemaic reviews and engineering		

b) Selección de estudios principales

En esta etapa se procederá a seleccionar los estudios principales de la búsqueda, se tomara en cuenta en primer lugar el “título” del artículo con la finalidad de que no se encuentren archivos repetidos, debido a que se encontraron algunos estudios en Scielo, que se encontraban dentro de la búsqueda de Redalyc, como segunda etapa, se procedió a revisar los títulos seleccionados con el fin de excluir los que no son relevantes. Como tercera etapa, se procedió a la revisión de los resúmenes de los estudios, para excluir los títulos que no

contengan información relevante en su contenido, y que no presentan un aporte significativo, incluyendo la introducción, los objetivos de investigación y conclusiones.

TABLA 6 - Resultados del proceso de selección de estudios

Bibliotecas Virtuales	Idioma	Artículos obtenidos	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Años
Redalyc	Español	588	740	40	18	2008,2009,2010, 2011, 2012,2013, 2007,2009, 2015, 2016, 2017
Scielo	Español/ ingles	203	106	23	13	2008, 2009,2011, 2012,2013,2014, 2015,2016, 2017
Dialnet	Español/ Ingles	250	170	20	6	2016, 2017, 2012
Science Direct	Español	20	25	8	2	2011, 2014
Science Direct	Ingles	6	4	2	1	2010
Totales		4708	1463	93	40	

c) Extracción de datos relevantes

En esta sección se utilizaron los criterios de inclusión y exclusión definidos en el capítulo II, fueron aplicados a los artículos seleccionados de estudios principales, además según Kitchenham (2007) nos sugiere que la extracción de datos relevantes debe ser mediante un formulario diseñado para dicho propósito, con la finalidad de responder las preguntas de investigación planeadas para esta revisión sistemática.

TABLA 7 – Ejemplo de extracción de datos

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	PRB-1
Fuente	Redalyc	PRB-1
Título	Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento.	PRB-1
Autores	Herrera G.M., Duany A.Y.	PRB-1
Revista	Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal	PRB-1
Año de publicación	2016	PRB-1
Tipo de publicación	Artículo de organización del trabajo y de la producción	PRB-2
Objetivo del análisis	La implementación de una metodología para la gestión de mantenimiento asistido por computadora a través del desarrollo de un programa de mantenimiento.	PI-2
Características	La investigación se basa en el método de Kant y la metodología implementa sus dos primeros niveles.	PI-2
Atributos analizados	Herramientas usadas en la investigación: flujos de trabajo, estructura organizativa, diagrama de causa y efecto, gráficos de resultados	PI-3
Dominio de la aplicación	Ingeniería Industrial	-

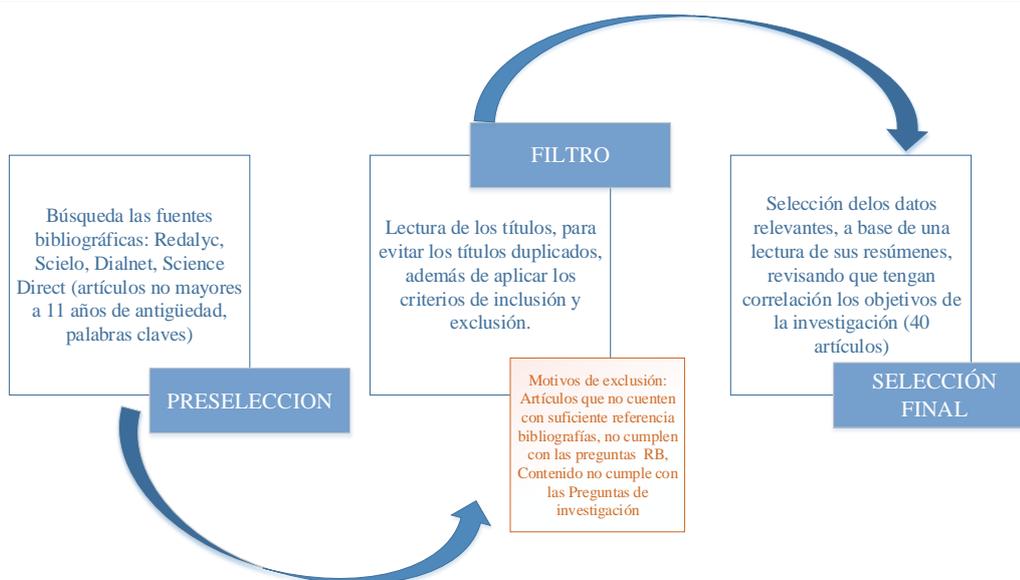


Figura 1 – Diagrama de selección de información

d) Análisis de los referentes bibliográficos

1. Pregunta de referencia bibliográfica (PRB–1)

¿Corresponde con la línea de evolución de la investigación?

Como observamos en la Fig. 1 nuestra búsqueda de información tiene un porcentaje del 17.5% en el 2016, con 7 publicaciones encontradas para su relación al total.



Figura 2

2. Pregunta de referencia bibliográfica (PRB–1)

¿Cuáles son las publicaciones que se han encontrado enlazados con el objetivo de estudio?

En la siguiente imagen, vemos la distribución de las fuentes bibliográficas seleccionadas que cumplen con el objetivo de estudio. Observamos que el mayor porcentaje de la fuente es Redalyc con 45%.



Figura 3

e) Sintonización de datos

Luego de realizada la extracción de datos para la investigación según la metodología mencionada en el capítulo II, se escogieron 40 artículos en los cuales se presentan las metodologías y conceptos referentes a la gestión de mantenimiento y al uso de las herramientas que aporten a su ejecución.

TABLA 8 - Consolidado de artículos usados para la investigación

Autores	Título	Año	Fuente del título	Fuente	País
Herrera G.M., Duany A.Y.	Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento.	2016	Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal	Dialnet	La Habana, Cuba
Espinoza F.F., Salinas G.E.	Evaluación de la madurez de la función mantenimiento para implementar innovaciones en su gestión.	2009	Información tecnológica	Scielo	Chile
Espinoza F.F., Salinas G.E., Dias, A.	Un procedimiento para evaluar el riesgo de la innovación en la gestión del mantenimiento industrial.	2012	Revista chilena de ingeniería	Scielo	Arica, Chile

Gutiérrez V., Enrique J.	Importancia de las herramientas administrativas requeridas para la planeación y gestión de las actividades de mantenimiento hospitalario en las instituciones de salud.	2010	Umbral Científico	Redalyc	Bogotá, Colombia
García Alcaraz, Jorge Luis	Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total.	2011	Revista Facultad de Ingeniería universidad de Antioquia	Redalyc	Medellín, Colombia
Viveros P., Segmaier R., Krisjanpoller F., Barbera L., Crespo A.	Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo	2013	Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería	Redalyc	Arica, Chile
Olarte W., Botero M., Cañon B.	Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción	2010	Scientia Et Technica	Redalyc	Pereira, Colombia
Vega de la cruz L., Nieves A.,	Procedimiento para la Gestión de la supervisión y monitoreo del Control Interna	2016	Ciencias Holguín	Redalyc	Holguín, Cuba
Torres A., Rivero J.	Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad	2008	Revisa de ingeniería Mecánica	Redalyc	Ciudad de La Habana, Cuba
Arbildo López, Aurelio	El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento	2011	Ingeniería Industrial	Redalyc	Lima, Perú
Villarón J., Pineda D., Pérez E.	La innovación tecnológica en el área del mantenimiento y sus resultados. Estudios de casos.	2007	Investigación Administrativa	Redalyc	Distrito Federal, México
Olarte W., Botero M.,	La detección de ultrasonido: una técnica empleada en el mantenimiento predictivo	2011	Scientia Et Technica	Redalyc	Pereira, Colombia
Fernando F. Espinosa y Gonzalo E. Salinas	Selección de Estrategias de Mejoramiento de las condiciones de Trabajo para la Función Mantenimiento Utilizando la Metodología MCDA Constructivista	2013	Información Tecnológica	Scielo	Talca-Chile

García G., Vizcaíno R., Rescala J.	Técnicas de diagnóstico en mantenimiento de los servicios de hemodiálisis	2009	Ingeniería Industrial	Redalyc	La Habana, Cuba
Acosta H., Troncoso M.	Auditoría integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo	2011	Ingeniería Mecánica	Science Direc	Universidad Tecnológica de México (UNITEC)
De Souza L., Oliveira T., Nunes H., Oliveira V. Garcia H., Cardoso C.	Modeling a computer application for management of maintenance activities of unpaved roads	2015	Revista Árvore	Redalyc	Viçosa, Brasil
Oliva, Karim; Arellano, Madelein; López, María; Soler, Karen	Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia	2010	Revista Venezolana de Gerencia	Redalyc	Maracaibo, Venezuela
Ortiz A., Rodríguez C., Izquierdo H.	Gestión de mantenimiento en pymes industriales	2013	Revista Médica de Chile	Redalyc	Maracaibo, Venezuela
Estupiñán S., Vargas I.	Mainpack 10.0. Software para la gestión de la actividad de mantenimiento en la industria azucarera	2015	ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar	Redalyc	Ciudad de La Habana, Cuba
Vargas I., Estupiñán S., Díaz A.	Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar	2017	ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar	Redalyc	Ciudad de La Habana, Cuba
Herrera M., Duany A., Abreu A.	Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento	2014	Revista Facultades de Ingeniería	Science Direc	Universidad de concepción, Chile
Fonseca M., Holanda U., Cabral J., Reyes T.	Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants	2015	Dyna	Redalyc	Medellín, Colombia
Ángel P. Sánchez - Rodríguez	La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento	2010	Ingeniería Mecánica.	Scielo	

Orozco W., Narváz G., García W., Quintero A.	Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia	2017	Revista Ingeniería Biomédica	Scielo	Envigado, Colombia
M. Trujillo , F. E. Salazar , M. E. Andrade	Politics for the Integration of the Activities of Insurance Metrological to the Process of Maintenance of Biomedical Equipments	2015	Revista Ingeniería Biomédica	Scielo	Colombia
Kitchenham B., Brereton O., Budgen D., Turner M., Bailey J., Linkman S.	Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review	2010	Information and Software Technology 51	Science Direc	Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
Naji A., Beidouri Z., Oumami M., Bouksour O.	Maintenance management and innovation in industries: a survey of moroccan companies	2016	International Journal of Innovation	Redalyc	Valdivia, Brasil
Primero P., Díaz J., García L., González A.	Manual para la Gestión del Mantenimiento correctivo de equipos Biomédicos en la fundación Valle del Lili	2015	Revista Ingeniería Biomédica	Scielo	Envigado, Colombia
Gondres I., Lajes S., Del Castillo A.	Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte	2017	Ingeniare. Revista chilena de ingeniería	Scielo	La Habana, Cuba
Gonzalo M., Ardila M., Ardila D., Rodríguez D., Hincapié A.	La gerencia del mantenimiento: una revisión	2016	Dimensión Empresarial	Scielo	Medellín, Colombia,
Rodríguez E., Bonet C., Pérez L.	Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga	2013	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	Scielo	La Habana, Cuba
Troncoso M., Acosta H.	El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor	2011	Ingeniería Mecánica.	Scielo	La Habana, Cuba
Yadin David	Trends in clinical engineering practices	2008	Revista Ingeniería Biomédica	Scielo	Medellín, Colombia

Abreu J., Ventura P., Fernandes S., Zacarias M.	Bussiness Process Improvement on maintenance management: A case study	2013	Procedia Technology 9 (2013) 320 – 330	Science Direct	Portugal
García G.; González H., Cortés E.	Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial	2009	Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia	Redalyc	Medellín, Colombia
Albán L., Lara E.	Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico	2017	Revista Publicando	Dialnet	
Uzcátegui J., Varela A., Díaz J.	Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC	2016		Dialnet	
Díaz A., Del Castillo A.; Villar L.	Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio	2016	Ingeniare. Revista chilena de ingeniería,	Dialnet	La Habana, Cuba.
Machado L., Gonzales M., Carrazo N., Duarte A., Ávila L., Pires N., Celso F.	The methodology of machinery and equipment maintenance adopted by the textile industries located in the Zona da Mata Mineira	2016	Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 25 N° 1, 2017, pp. 134-142	Dialnet	Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil
Pedro L. Alfonzo; Sonia I. Mariño; Maria V. Godoy	Propuesta de aplicación de SCRUM para gestionar el proceso de mantenimiento del software: estudio preliminar	2012	Técnica Administrativa	Dialnet	Buenos Aires

f) Respuestas a las preguntas de investigación

1. Pregunta de investigación 1(PI-1)

¿Que tanto se conoce de la gestión de mantenimiento en los últimos 11 años?

Actualmente se tiene mayor conocimiento respecto a la gestión de mantenimiento, debido a que existen muchos artículos referentes al tema, que se han especializado en distintas metodologías, según nuestra investigación dentro de marco de tiempo encontramos muchos estudios respecto a la importancia de la gestión de mantenimiento.

Según Díaz, Del Castillo y Villar (2016) nos dicen que implementar tiene componentes claves como el compromiso de la administración de la empresa antes de iniciar la implementación, así como la identificación de las debilidades amenazas del departamento.

Según Abreu et al. (2013) nos dice que la gestión del mantenimiento juega un importante papel en mejorar la eficiencia general de una organización ayudando a mantener la continuidad y evitar los costosos tiempos de inactividad.

2. Pregunta de investigación 2(PI-2)

¿Qué metodologías se aplican un programa de gestión de mantenimiento en los últimos años?

La gestión del mantenimiento está sujeta al proceso de producción o servicio que se realice es por eso que aquí detallaremos algunos métodos encontrados durante la investigación:

Mantenimiento productivo total (TPM)

Esta metodología se centra en la eliminación de pérdidas provocadas o entrelazadas con los paros, calidad costes de producción en los procesos. E TPM, se encarga, de no solo de producir y reparar sino de una gestión continua

incluyendo el cuidado, limpieza y mantenimientos preventivos, para evitar las averías o accidentes.

Mantenimiento multicriterio de apoyo a la decisión - constructiva (MCDA)

Como nos mencionan Espinosa y Salinas (2013) es un método que dispone de aplicaciones para generar auditorias para el mantenimiento preventivo, la generación de prioridades para las actividades de reparación y evaluación del mantenimiento en infraestructuras. Su procedimiento nos ayudara a definir las áreas de preocupación de las personas que ejecutan los programas de mantenimiento en cada organización, con las condiciones actuales de trabajo y de implementar las acciones necesarias para el desarrollo de mejoras en los múltiples factores que influyen en la eficiencia del mantenimiento. Así mismo

Mantenimiento centrado en la fiabilidad o confiabilidad (RCM)

Según Gondres, Lajes y Castillo (2017), el RCM permite de forma eficiente, optimizar los procesos de producción y disminuir al máximo, los posibles riesgos sobre la seguridad personal del ambiente, que existen dentro del contexto operacional. Además de que es un proceso para asegurar que los sistemas sigan haciendo lo que los usuarios requieren, cabe mencionar que se utiliza en establecimientos con niveles mínimo de seguridad, para su desarrollo implica el mantenimiento predictivo, monitoreo en tiempo real, mantenimiento Reactivo.

Así mismo Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2012) nos indican que la metodología RCM, es un método de amplia utilización a que permite determinar de manera efectiva las necesidades del mantenimiento de cualquier activo físico en su entorno de operación, propone la identificación de

los modos de falla que preceden a las posibles fallas de los equipos, de esa manera priorizar los mantenimientos preventivos.

Mantenimiento proactivo o Análisis Causa Raíz (ACR)

Es una metodología basada en la solución de problemas, evitando la recurrencia, es decir, es un proceso que se realiza de forma reiterativa para poder identificar las causas de una falla o avería. Es una metodología preventiva que ayuda a pronosticar los futuros eventos, permitiendo adoptar acciones correctivas que reducen el costo de la vida útil, mejorar la confiabilidad y seguridad.

La metodología denominada “5QS”

García; González; Cortés (2009) refieren que esa metodología contribuye al diseño e implementación de planes para mantenimiento, se construye con base en las respuestas dadas a los interrogantes planteados en cada una de cinco fases o etapas.

- Fase de diagnóstico: Se evalúa la realidad empresarial (policías, jerarquías, objetivos alcances, misión, misión) y se estudian los recursos potenciales.
- Fase para el diseño: En esta etapa se puede dimensionar, seleccionar o diseñar la combinación apropiada de gestión de mantenimiento y sus herramientas, que sean correlativas con las policías y visión de la organización.
- Fase de implementación: Se ponen a prueba las diferentes estrategias, herramientas, seleccionadas o diseñadas, teniendo como sustento los documentos de los procedimientos realizados.

- Fase de medición: Se definen los indicadores de gestión, de eficacia como que se desean medir.
- Fase de mejoras: Se establece el proceso de evaluación periódica, en base al soporte de las herramientas gerenciales que posee la institución apoyándose de los indicadores de gestión. Es una evaluación global la cual permite el mejoramiento continuo.

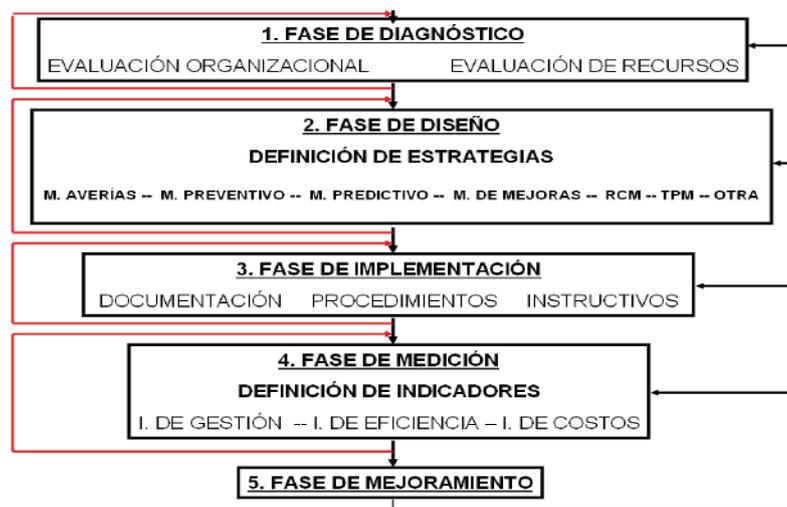


Figura 4

3. Pregunta de investigación 3(PI-3)

¿Qué tipos de herramientas se implementan para los programas de mantenimiento?

Diagrama de Ishikawa (o de causa efecto):

Es una herramienta muy utilizada para poder representar las causas de un problema y poder analizar e identificar las causas primarias. En ese tipo de técnica se requiere que se mencionen los recursos fundamentales del proceso, como lo son los equipos, materiales y el método de trabajo. Como se muestra en la imagen inferior.

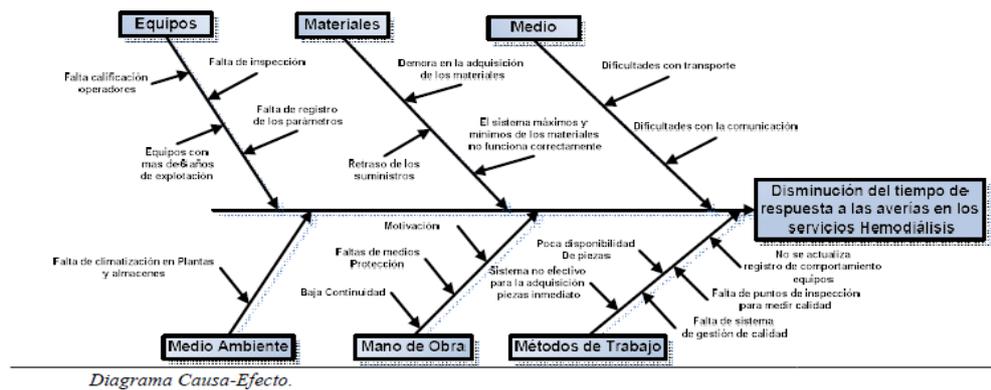


Figura 5

Diagrama de flujo

Es una herramienta ideal para organizar las actividades dentro de un proceso, la cual nos ayudará para conocer a detalle que es lo que requiere cada tipo de mantenimiento en su ejecución.

Check list

Esta herramienta es aplicable en varias metodologías debido a que es de gran utilidad, cuando se requiere auditar algún método con parámetros establecidos.

Diagrama de Pareto:

Es una herramienta para analizar las causas de las averías, según García; Vizcaíno; Rescala (2009) nos indican que es una técnica de diagnóstico que separa gráficamente los aspectos significativos de un problema, desde los más mínimos hasta los más graves, de manera que los especialistas pueden saber a dónde redirigir sus recursos para mejorar. Ejemplo:

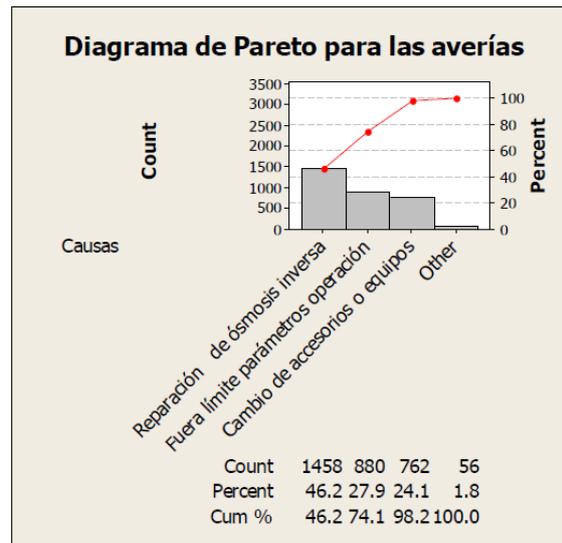


Diagrama de Pareto para las averías.

Figura 6

Tormenta de ideas:

Es una herramienta de recopilación de información la cual nos ayuda para el surgimiento de nuevas ideas para la solución del problema. Se deben enfocar en los principios de cada problema.

Histograma

Es un diagrama de barra que nos ayudan a describir la tendencia forma de distribución estadística de un indicador a evaluar.

Gestión de mantenimiento asistida por software (CMMS)

Es una herramienta software integrada que ayuda a la gestión de mantenimiento en su implementación dentro de una organización.

Abreau (2013) nos indica que la gestión de mantenimiento asistida por software, está dividido en 5 principales estructuras (CMMS):

- **Gestión de mantenimiento:** Es la responsable de la dirección de los servicios de mantenimiento, los cuales incluyen los procedimientos a seguir para la implementación.
- **Gestión de operaciones:** Se especifica el registro de las actividades relacionadas con el proceso como los mantenimientos preventivos, correctivos.
- **Administración de proyecto:** Es donde se guarda las especificaciones de contratos de los nuevos y actuales de un proyecto sobre mantenimiento e inversiones.
- **Administración del CMMS:** Es el responsable de la evolución desenvolvimiento de la información en el sistema.
- **Gestión de los conocimientos:** Garantiza la sostenibilidad de todos los procesos empresariales asociados a la organización, como es la documentación técnica, habilidades y capacitación adquiridas a lo largo de implementación CMMS.



Figura 7

4. Pregunta de investigación 4 (PI-4)

¿Cuáles son los principales indicadores para una gestión de mantenimiento?

Según, existen una variedad de indicadores para la medición de una gestión de mantenimiento eso va depender de la metodología que se implantará, sin embargo de forma general podemos decir que la calidad de servicio es importante, el cual nos proporciona excelencia en el buen desempeño del trabajo, es por eso que como referencia podemos mencionar:

- **Indicador de equipamiento:** tener un control de los equipos, nos permite medir los tiempos entre fallas, reparación, utilización, y disponibilidad.
- **Gestión productividad:** En ese sector se puede controlar el plan de mantenimiento, rendimiento y la eficacia.
- **Costos:** es importante tener como indicador los costos de cada tipo de mantenimiento, ya que nos indica que tan rentable es la inversión para la empresa.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

En esta revisión sistemática se da conocer las metodologías desarrolladas en estos 11 últimos años, debido al desarrollo tecnológico hoy en día el mantenimiento requiere de una variedad de recursos para su adecuada implementación y desarrollo, es por eso que una gestión de mantenimiento tiene que ir acorde a los procesos de producción o servicios que se realice dentro de una organización, para que de esta manera se puedan incrementar la eficacia y eficiencia en su producción. Por otra parte es importante conocer a fondo las actividades que corresponden al proceso de mantenimiento, mediante el uso de herramientas que permitan la medición futura de sus indicadores, es por ello que ese estudio también se ha mencionado las herramientas más usadas dentro de una gestión.

Además se ha puede concluir que tener conocimientos administrativos nos permite aprovechar mejor las herramientas que requieren las metodologías descritas, a que

Estudios de recopilación de información como es una revisión sistemática se debe de seguir realizándose y fomentándose, para promover el contacto y la interdisciplina de las facultades de ciencias e ingenierías.

REFERENCIAS

Acosta H., Troncoso M. (2011). Auditoría integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 107-118.

Albán L., Lara E. (2017). Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico. *Revista Publicando*, 4(10), 143-153.

Alfonzo P., Mariño S. & Godoy M. (2012). Propuesta de aplicación de SCRUM para gestionar el proceso de mantenimiento del software: estudio preliminar. *Técnica Administrativa*, 1(1).

Arbildo A. (2011). El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 1(29), 35-49.

Ardila, J., Ardila. M., Rodríguez, D. & Hincapié, D.A. (2016). La gerencia del mantenimiento: una revisión. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 127-142.

"De Souza L., Oliveira T., Nunes H., Oliveira R., Garcia H. & Cardoso C. (2015). Modeling a computer application for management of maintenance activities of unpaved roads; *Revista Árvore*, 39(4), 723-731"

Díaz A., Del Castillo A., Villar L. (2017). Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 306-313.

Espinosa F. & Salinas G. (2013). Selección de Estrategias de Mejoramiento de las Condiciones de Trabajo para la Función Mantenimiento Utilizando la Metodología MCDA Constructivista. *Información Tecnológica*, 24(3), 57-72.

Espinosa F. & Salinas G. (2009). Evaluación de la Madurez de la Función Mantenimiento para Implementar Innovaciones en su Gestión. *Información Tecnológica*, 21(3), 3-12.

Espinoza F., Salinas G. & Díaz, A. (2012). Un procedimiento para evaluar el riesgo de la innovación en la gestión del mantenimiento industrial. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(2), 242-254.

Estupiñán S. & Vargas I. (2015). Mainpack 10.0. Software para la gestión de la actividad de mantenimiento en la industria azucarera ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 49(2), 3-7.

Fonseca J., Holanda U., Cabral J., Reyes C. & Tirso L. (2015). Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants *Dyna*, 82(194), 139-149.

García G., Vizcaíno R. & Rescala J. (2009). Técnicas de diagnóstico en mantenimiento de los servicios de hemodiálisis. *Ingeniería Industrial*, vol. 30(1), 1-4.

García J. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2(60), 129-140.

García G., González S., Cortés H. & Elkin. (2009). Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), 137-150

Gondres I., Lajes S. & Del Castillo A. (2017). Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26(2), 192-202.

Herrera G., & Duany A. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 37(1), 2-13.

Herrera M., Duany A. & Abreu A. (2014). Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento. *Revista Facultades de Ingeniería*, 4(8), 48 - 54.

Kitchenham B., Pearl Brereton O., Budgen D., Turner M., Bailey J. & Linkman S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15.

Machado L., Gonzales M., Carrazo N., Duarte A., Meneguete L., Pires N. & Celso F. (2017). The methodology of machinery and equipment maintenance adopted by the textile industries located in the Zona da Mata Mineira. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), 134-142.

Naji A., Beidouri Z., Oumami M. & Bouksour O. (2016). Maintenance management and innovation in industries: a survey of moroccan companies, *International Journal of Innovation*, 4(2), 188-197

Olarte W. & Botero M. (abril, 2011). La detección de ultrasonido: una técnica empleada en el mantenimiento predictivo. *Scientia Et Technica*, 27(47), 230-23.

Olarte W., Botero M. & Cañon B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 26(44), 354-356.

Oliva K., Arellano M., López M. & Soler K. (2010). Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(49), 125-140.

Orozco W., Narváz G., García W. & Quintero A. (2017). Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 11(21), 21-25.

Ortiz A., Rodríguez C. & Izquierdo H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18(61), 86-104.

Primero D., Díaz J., García L. & González A. (2015). Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili. Revista Ingeniería Biomédica, 9(18), 81-87.

Rodríguez E., Bonet C. & Pérez L. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 22(2), 61-67.

Sánchez A. (2010). La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. Ingeniería Mecánica, 13(2), 72-78.

Torres A. & Rivero J. (2004). Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad. Revista de Ingeniería Mecánica, 7(2), 7-15.

Troncoso M. & Acosta H. (2011). El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor. Ingeniería Mecánica, 14(2), 140-150.

Trujillo M., Salazar F. & Andrade M. (2015). Politics for the Integration of the Activities of Insurance Metrological to the Process of Maintenance of Biomedical Equipments. Revista Ingeniería Biomédica, 9(18), 33-40.

Uzcátegui J., Varela A. & Díaz J. (Enero - Junio 2016). Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC. Respuestas, 21(1), 77-88.

Vargas I., Estupiñán S. & Díaz A. (2017). Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 10-16.

Vega de la Cruz L. & Nieves A. (2016.). Procedimiento para la Gestión de la Supervisión y Monitoreo del Control Interno. Ciencias Holguín, 22(1), 1-19.

Villamil J. (2010). Importancia de las herramientas administrativas requeridas para la planeación y gestión de las actividades de mantenimiento hospitalario en las instituciones de salud. *Umbral Científico*, 1(16), 40-46.

Villarón J., Pineda D. & Pérez E. (2007). La innovación tecnológica en el área del mantenimiento y sus resultados. Estudio de casos. Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás Distrito Federal, México, 1(99), 19-30.

Viveros P., Stegmaier, R., Kristjanpoller F., Barbera L. & Crespo A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138.

Yadin D. (2008). Trends in clinical engineering practices. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 15-20.