



Ecuador – Junio 2017 - ISSN: 1696-8352

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH

***Cisneros Silva Lizeth Viviana
Guananga Rodríguez Bryan Guillermo**

[*liz_viviana_cisneros@hotmail.com](mailto:liz_viviana_cisneros@hotmail.com) @yahoo.es-bryangr@yahoo.es
+aguaman41@yahoo.es
++calvarez@yahoo.es

*Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Facultad de Mecánica
Riobamba, Ecuador

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Cisneros Silva Lizeth Viviana y Guananga Rodríguez Bryan Guillermo (2017): "Elaboración e implementación de procedimientos de mantenimiento programado para la maquinaria del taller de CAD - CAM de la facultad de mecánica de la ESPOCH", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (junio 2017). En línea:

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/cad-cam-esPOCH.html>

RESUMEN

El taller de CAD-CAM de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH actualmente cuenta con una variedad de equipos de alta tecnología en cuanto a procesos de manufactura asistida por computadora se refiere. Sin embargo la maquinaria del taller opera sin contemplar procedimientos de mantenimiento preventivo, ni lleva un registro de actividades relacionadas con reparaciones y costos, acortando con ello el tiempo de vida útil que estas poseen. Por este motivo surge la necesidad de elaborar el presente proyecto a partir de un plano de ubicación de equipos y máquinas, de las cuales se detallaron sus especificaciones técnicas y se evaluó su estado técnico actual. A continuación se crearon las actividades de mantenimiento, mediante el método basado en instrucciones del fabricante. Con estas actividades se efectuó el plan de mantenimiento por medio del diseño de un software con la capacidad de reprogramar automáticamente el cronograma de actividades y llevar un registro de cumplimiento de las mismas. Finalmente se realizó un listado de las operaciones a seguir para la correcta ejecución de cada actividad, especificando en conjunto los materiales, herramientas, equipo de protección personal y costos involucrados en la labor. Con la implementación de este proyecto se obtuvo un eficiente sistema de control y gestión de mantenimiento, capaz de llevar la documentación apropiada para sus respectivos registros, garantizando así el buen estado de la maquinaria y un normal desarrollo académico – práctico del taller de CAD – CAM. En tal virtud se recomienda la contratación de un técnico de mantenimiento por parte de la institución para el cumplimiento de los procedimientos establecidos en el presente proyecto.

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PLANO DE UBICACIÓN, PROCEDIMIENTOS, MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA, CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, TALLER DE CAD-CAM, MÁQUINAS-HERRAMIENTAS, SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

ABSTRACT

The CAD-CAM workshop of the Faculty of Mechanics of the ESPOCH currently has a variety of high-tech equipment assisted by computer for manufacturing processes. However, the workshop machinery operates without preventive maintenance procedures, nor does it keep track of activities related to repairs and costs, thus shortening the useful life of the workshop. For this reason the need to elaborate the present project from a plan of location of equipment and machinery, from which its technical specifications was detailed and its current technical state was evaluated. Maintenance activities were then created using the method based on the manufacturer's instructions. With these activities, the maintenance plan was carried out by means of the design of software with the ability to automatically reprogram the schedule of activities and keep a record of compliance with them. Finally, a list of the operations to be followed for the correct execution of each activity was made, it was specified together the materials, tools, personal protection equipment and costs involved in the work. With the implementation of this project an efficient maintenance control and management system was obtained, it is able to carry the appropriate documentation for its respective records, thus guaranteeing the good state of the machinery and a normal academic-practical development of the CAD-CAM workshop. Therefore, it is recommended that a maintenance technician be hired by the institution to comply with the procedures established in this project.

KEYWORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, LOCATION PLAN, PROCEDURES, COMPUTER-AIDED MANUFACTURING, ACTIVITY SCHEDULE, CAD-CAM WORKSHOP, MACHINES-TOOLS, MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM.

1 INTRODUCCIÓN

La maquinaria del taller CAD - CAM de la facultad de mecánica de la ESPOCH es vital, por la importancia en una asignatura específica de profesionalización, para los estudiantes, que por medio de esta cátedra adquieren conocimientos de manufactura asistida por computadora, en tal virtud impulsa la necesidad de elaborar procedimientos de mantenimiento programado; entendiéndose como tal, al conjunto de procesos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento que poseen fechas establecidas con periodicidad fija, asegurando así la confiabilidad del taller y reduciendo el tiempo y costes que puedan generarse por mantenimiento correctivo.

En la actualidad el taller de CAD CAM no cuenta con procedimientos de mantenimiento programado, por tanto se pone en riesgo, no solo a la maquinaria disponible, sino también al recurso humano, que se ve expuesto a sufrir accidentes por mal funcionamiento de los equipos.

2 MÉTODO Y MATERIALES

La elaboración de los procedimientos de mantenimiento programado, está desarrollada en función de cumplir con los elementos básicos de una buena planificación, es decir, establecer el ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Dónde?

El ¿Qué? Se obtiene de la elaboración de la tarjeta de mantenimiento para lo cual se ha utilizado el método basado en instrucciones del fabricante y el método basado en instrucciones genéricas, debido a que el método por análisis de fallos es imposible al no disponer de un historial de averías.

El ¿Cuándo? Se ha obtenido del desarrollo de un cronograma de actividades, para lo cual se ha diseñado un software con la capacidad de fijar las fechas con las que las actividades de mantenimiento deben efectuarse, en función de su periodicidad y registros de actividades cumplidas ingresados al mismo. Obteniendo con ello flexibilidad en la planificación establecida.

El ¿Cómo? Se ha desarrollado por medio de especificar procedimientos, materiales, equipo de protección individual, costos y herramientas de cada actividad de mantenimiento, además de establecer la documentación asociada a los procedimientos de mantenimiento, tomando en consideración las recomendaciones de la Norma ISO 9001 "Procedimientos de Mantenimiento de Equipos y Máquinas".

Finalmente el ¿Dónde? Establece un plano de ubicación para localizar las máquinas en el taller, mediante codificación apropiada para cada una.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados de la observación previa.

En cuanto a las máquinas presentes en el taller de CAD-CAM se tiene al torno CNC Smart-Turn y la Rectificadora Wotan de la Figura 1 y Figura 2. Respectivamente, ambas provienen de una donación por parte de la empresa SERTECPET S.A y desde el momento de su llegada se encuentran en un estado no funcional, debido a q la institución no ha dispuesto ningún proyecto destinado a su rehabilitación, no han sido tomadas en cuenta en la planificación del mantenimiento.



Figura 1. Torno CNC Smart-Turn/285.



Figura 2. Rectificadora Wotan

También cuenta con 3 centros de mecanizado vertical de tres, cuatro y cinco ejes de la Figura 3. Figura 4. Y Figura 5. Respectivamente, de los cuales solo el centro de mecanizado Bridgeport se encuentra en operación, debido a que los otros dos centros de mecanizado son de reciente adquisición y aún no han sido puestos a disposición de los estudiantes.



Figura 3. VMC Bridgeport.



Figura 4. VMC Romi D600



Figura 5. VMC Romi DCM620 5X

Otra máquina de adquisición reciente que ya se encuentra en operación, es el Torno CNC de la Figura 6. La disposición de información de las máquinas hasta aquí mencionadas proviene de los manuales de usuario proveídos por los fabricantes.



Figura 6. Torno CNC CLK6140D/2

La máquina de Electroerosión CNC y la troqueladora de la Figura 7 y Figura 8. Respectivamente, han sido restauradas recientemente por parte de tesistas de la escuela de Ingeniería Industrial, sin embargo por ya tener varios años de haber sido lanzadas al mercado, la información disponible sobre las mismas es muy limitada y la ESPOCH tampoco guarda documentación técnica, por tanto la planificación del mantenimiento para esta maquinaria amerita el uso del método basado en instrucciones genéricas.



Figura 7. Máquina de Electroerosión TOP EDM



Figura 8. Troqueladora SMERAL

Dos compresores son los encargados del suministro de aire comprimido de las máquinas descritas anteriormente, los cuales se muestran a continuación:



Figura 9. Compresor SCHULZ



Figura 10. Compresor Energair2

Finalmente en el taller se ubica una pequeña área de cerrajería en donde se encuentra maquinaria convencional (Taladro vertical, soldadora, sierra sensitiva, esmeril, compresor), en esta maquinaria es donde se evidencia mayor deterioro, no obstante se encuentran en funcionamiento y a pesar de no estar relacionada con los procesos de manufactura asistida por computadora, han sido tomados en cuenta en la planificación por encontrarse dentro del taller.

3.2 Resultados de la evaluación técnica.

Es de gran utilidad para la institución disponer de un documento donde se refleje el estado de la maquinaria que posee, información que es de gran provecho para la realización eficaz del plan de mantenimiento, pues da una idea del tiempo de vida útil que el equipo posee o el tiempo que puede operar antes de necesitar una acción de reparación. La elaboración de este documento, inicia a partir de una evaluación técnica del estado de determinado equipo, en él se establecen parámetros de evaluación los cuales se determinan mediante una estimación técnica, la cual debe ser realizada por personas capacitadas con conocimientos que les permitan dar una opinión válida sobre el estado de cada parámetro a evaluar.



Figura 11. Resultado evaluación técnica

Como se puede apreciar en la Figura 11. El estado general en que se encuentra la maquinaria del taller de CAD-CAM es “Regular”, con un porcentaje promedio de 71,15%, lo que indica que las máquinas están en un estado óptimo y funcional, al comprobar que ninguna máquina se clasifica en la categoría de malo o muy malo, por lo que no amerita actividades mayores de mantenimiento correctivo, siendo suficiente acatarse a las actividades establecidas por el presente proyecto.

4 DISCUSIÓN

A partir de los resultados de la observación previa y la evaluación de estado técnico se procede a elaborar la planificación de los procedimientos de mantenimiento en conjunto con toda la documentación asociada.

El primer paso es la codificación de documentos y máquinas, con el objetivo de poder diferenciarlos dentro del sistema.

Adicionalmente, es necesario elaborar el plano de ubicación de las máquinas tomadas en cuenta para la planificación del mantenimiento, en el cual se identifica cada máquina mediante su codificación designada.

Mediante investigación documental se establecen las fichas técnicas. Este documento consiste en la especificación de los datos técnicos de cada equipo y contiene un detalle de sus parámetros de funcionamiento, lo cual es de suma importancia si se quiere obtener información sobre el diseño del equipo, capacidad, consumo energético, entre otros. Información que puede ser de ayuda para realizar una evaluación de funcionamiento o para establecer las condiciones bajo las cuales el equipo debe trabajar.

Adicionalmente, contiene un listado de repuestos que es conveniente para el taller disponer para la realización eficiente de las actividades de mantenimiento.

4.1 Tarjeta de mantenimiento

Esta tarjeta establece las actividades de mantenimiento que deben cumplirse en cada equipo, indicando la parte de la máquina en la cual se llevará a cabo y la frecuencia o periodicidad de la actividad.

De esta manera se establecieron un total de 174 actividades de mantenimiento para toda la maquinaria del taller de CAD-CAM.

4.2 Procedimientos de las actividades de mantenimiento

Se ha procedido a especificar procedimientos ordenados mediante los cuales se puede dar ejecución a cada actividad fijada en la tarjeta de mantenimiento, es decir, la descripción de la secuencia de operaciones que el técnico de mantenimiento deberá efectuar para el cumplimiento de determinada actividad. Y en conjunto a ellas se especifica los materiales, herramientas, equipo de protección individual y los costos necesarios para dar cumplimiento a cada una de las actividades.

Este documento que se proporcionará al taller de CAD-CAM será de gran ayuda para tener una clara idea de la manera en que se debe llevar a cabo el cumplimiento de las actividades, aumentando así su eficacia y agilizando su realización.

4.2.1 Costo de las actividades de mantenimiento. El costo total por realización de cada actividad está conformado por la suma de varios sub-costos, en los cuales se toma en cuenta distintos factores tales como: materiales, herramientas, equipo de protección y mano de obra.

Tanto los materiales como la mano de obra, son clasificados en la categoría de costos variables. Mientras que las herramientas y el equipo de protección individual se catalogan como costos fijos, puesto a que su depreciación será la misma sea que se las ocupe o no.

4.2.1.1 Costos variables. Una vez claro que para este cálculo, se debe sumar los costos de materiales y mano de obra, el primer paso es asignar valores estimados basados en los precios del mercado para todos los materiales recopilados de las actividades de mantenimiento. Después de establecidos los costos de los materiales, se procede a hacer el cálculo de mano de obra, el cual está íntimamente relacionado con el tiempo que la actividad necesita para su realización, por tanto es necesario dar una estimación mediante carácter técnico del tiempo que cada actividad tomará, y así mediante una relación con el salario de la persona que se designará para esta función, calcular el costo de mano de obra por actividad, teniendo en cuenta que según la ley de escalafón del Ecuador, el sueldo mínimo para los profesionales técnicos es de 1200 dólares más beneficios de ley, que corresponden al 12,15% por aporte al seguro más el décimo tercero y décimo cuarto que fijarán un total de 1477,05 dólares lo que representa el costo mensual por mano de obra.

Con este rubro, solo se hace una relación del salario del técnico encargado de cumplir las actividades con el tiempo que cada una de ellas requiere, obteniendo con esto el costo de mano de obra por cada actividad.

Es necesario entender que tanto el costo de materiales como el de mano de obra serán de carácter variable en actividades de inspección. La explicación de esta afirmación está en que al realizar una inspección, existe la probabilidad de que no se encuentren averías, y con esto se dé por terminada la actividad sin consumir ni materiales ni tiempo extras. No obstante, se debe tener en cuenta que también existe la probabilidad de encontrar averías, lo cual alargará el tiempo de la actividad y requerirá uso de materiales adicionales.

Es decir que las actividades de inspección consumirán tiempo y materiales diferentes dependiendo de si se identifica o no la presencia de anomalías con su realización. Por este motivo, con el fin de dar la mayor precisión posible al cálculo de los costos por actividad, se ha hecho un análisis apoyado en el método CBM “Mantenimiento basado en condiciones” para el cálculo de frecuencias de mantenimiento.

El método propone que la posibilidad de encontrar fallas al realizar una inspección está aproximadamente alrededor del 29% siempre y cuando la periodicidad con la que se fije hacer las rutinas de inspección se fundamente en cálculos adecuados basados en métodos de prevención de daños, el cual es el caso de la periodicidad de las actividades establecidas en el presente proyecto, pues adoptan las recomendaciones del fabricante que con seguridad hizo uso de métodos válidos para la realización de sus propuestas.

Por tanto al adoptar este valor de probabilidad, se procede a calcular el costo de las actividades de inspección, que serán igual al costo en caso de no encontrar averías más el costo adicional en caso de encontrarlas multiplicado por un factor de 0,29.

4.2.1.2 Costos fijos. La determinación de los costos fijos nace a partir de la recopilación de todas las herramientas y equipo de protección personal para posteriormente establecer su precio individual.

Con estos datos, se ha calculado un costo total en herramientas y equipo de protección personal por 557,95 dólares. Para la asignación del costo fijo a cada actividad, se ha repartido este valor para las 174 actividades, estableciendo un año como tiempo de vida útil de las mismas, por lo que el valor obtenido se divide para la cantidad de veces que se efectúe cada tarea en el año, dando como resultado el costo fijo de la realización de la actividad individual.

Finalmente se calcula el costo total por realizar cada actividad, sumando el costo fijo con el costo variable.

4.3 Plan anual de mantenimiento programado de equipos y máquinas

El desarrollo del plan anual de mantenimiento programado se lo consigue a través de la información de la tarjeta de mantenimiento, pues esta contiene las actividades de cada equipo y con la periodicidad que las mismas deben ser efectuadas. El plan de mantenimiento programado no es más que establecer fechas para que se dé cumplimiento a cada una de ellas.

Un plan de mantenimiento programado eficaz, debe tener la particularidad de ser flexible, es decir que pueda sujetarse a cambios sin perder efectividad en lo que propone. La explicación de este aspecto viene del punto de vista de diferenciar la teoría de la realidad. Teóricamente, la maquinaria será sujeta a un funcionamiento de equis horas diarias continuamente, en los que al cumplir cierto tiempo de funcionamiento debe darse ejecución de una actividad de mantenimiento, la cual llegará siempre a tiempo sin dificultad alguna.

La realidad es que no todos los días del año se trabaja en igual medida, bien puede haber semanas o incluso meses que una máquina se pueda encontrar fuera de servicio y cumplir un

cronograma fijo a pesar de que por algún percance la maquinaria no haya sido utilizada, puede no ser lo adecuado desde un punto de vista económico.

Siendo el objetivo de este proyecto entregar al taller de CAD-CAM un plan de mantenimiento programado que cumpla con la característica de ser flexible, y sea capaz de adaptarse a la realidad del taller, se ha desarrollado el plan de mantenimiento programado mediante el diseño de un software capaz de reprogramar automáticamente todo el cronograma de actividades, en caso de que el taller por cualquier motivo no haya cumplido a cabalidad con las tareas que ya están fijadas en el plan, o en su defecto que no hayan sido cumplidas deliberadamente por alguna opinión técnica, que determine que alguna actividad de mantenimiento no amerite llevarse a cabo.

Con esto se consigue que en todo momento el taller cuente con la propuesta de un plan de mantenimiento programado ajustado a su realidad, siendo siempre eficaz y funcional, y no haya situación, inconveniente o dificultad que pueda hacer que el plan de mantenimiento propuesto como producto de este proyecto pueda ser invalidado.

A su vez se le ha adicionado al software la funcionalidad de llevar un registro de cumplimiento de actividades, historial que será una herramienta de gran ayuda para llevar un control del mantenimiento en el taller.

4.3.1 Diseño de un software de planificación programada del mantenimiento. El diseño del software parte de la utilización de Microsoft Excel, mediante su opción de programación del editor de Visual Basic

Una vez se haya accedido al programa se puede ver una interfaz de interacción, mostrado en la Figura 12. La interfaz está compuesta por tres cuadros combinados para la selección de la fecha, un cuadro combinado para selección de la máquina, cuatro selectores de casilla y siete botones.

Figura 12. Interfaz de interacción

El primer botón “Mostrar plan anual”. Hace el llamado del plan anual de mantenimiento programado para visualización del usuario. El plan que el software muestre, dependerá de las opciones seleccionadas en los cuadros combinados, pues mediante estos se permite la visualización de los planes anuales de las 13 máquinas, para 14 años, es decir que posee una base de datos almacenada de 182 planes anuales.

Figura 13. Botón (Mostrar plan anual)

El tercer botón de la interfaz de interacción “Ingresar cumplimiento de actividad”, permitirá registrar una actividad cumplida mediante un formulario. Sin embargo antes de acceder al formulario, se abrirá una ventana solicitando clave de autorización para evitar que personas no autorizadas ingresen datos al sistema.



Figura 13. Funciones del formulario de ingreso de registros

Terminado el proceso de ingresar al registro de datos el cumplimiento de una actividad, el programa procederá a ubicar dichas actividades en el plan anual correspondiente a la máquina y año que el usuario haya ingresado.

Después de ingresar en el plan anual el registro de las actividades cumplidas el programa procede a borrar las fechas programadas para cumplimiento de las mismas, y posteriormente realiza una reprogramación completa de las fechas fijadas de la actividad, a partir del último registro de cumplimiento. Es decir que el plan anual es reprogramado automáticamente adaptándose a la información que este reciba por parte del usuario, reprogramación que el software realiza para los 14 años que se encuentra en su base de datos.

En la sección de “Asesoría técnica” se tiene 4 botones que permiten visualizar información referente a la maquinaria o actividades de mantenimiento. El botón “Plano de ubicación” muestra el plano del taller de CAD-CAM con la codificación de cada máquina para su fácil identificación.

Los siguientes tres botones muestran la ficha técnica, los procedimientos de las actividades de mantenimiento o la hoja de lubricación de la máquina que se encuentre seleccionada en el cuadro combinado “Máquina”. Es decir que el programa guarda dicha información para cada una de las trece máquinas y mediante estos botones de la sección “Asesoría técnica” y el cuadro combinado “Máquina” se puede acceder a ellos.

Finalmente una última característica del software que cabe destacar es que ni el plan anual o el historial que posee, son modificables si no es mediante el formulario de registro de actividad, todas las celdas están protegidas contra escritura, para evitar que datos con información errónea sean ingresados, y peor aún que estos puedan causar conflicto en el funcionamiento del programa, garantizando con esto su protección contra el mal uso.

4.4 Hoja de Lubricación

Este documento contiene el detalle de los lubricantes requeridos para cada máquina, en conjunto con un equivalente directo que a pesar de tener un diferente nombre en el mercado, cumple con la misma normativa que el especificado por el fabricante. También indica mediante un gráfico el lugar por el cual deberá ingresarse el lubricante, la cantidad requerida y la frecuencia de cambio del mismo.

4.5 Registro o Historial de actividades.

El historial de actividades forma parte de los documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento, documento de gran importancia para llevar un control del mantenimiento del taller.

4.6 Orden de trabajo

La ejecución de una actividad en conformidad con los procedimientos de mantenimiento, inicia con la emisión de la orden de trabajo, por tanto disponer de un formato para la elaboración de este documento, es absolutamente necesario.

4.7 Solicitud de materiales y herramientas

Otro documento importante en la elaboración de los procedimientos de mantenimiento es la solicitud de materiales y herramientas, la cual debe ser elaborada en conjunto con la orden de trabajo, en ella se solicita a bodega la entrega de materiales y herramientas necesarios para dar cumplimiento a una actividad

4.8 Solicitud de servicios externos

En el caso de determinar que una actividad no pueda ser realizada por el técnico de mantenimiento por la dificultad que esta represente o porque no se disponga de las herramientas necesarias, se deberá la contratación de servicio externo mediante la solicitud.

4.9 Hoja de inspección

Que contiene aspectos a evaluar en cuanto a posibles deficiencias encontradas en la máquina o equipo.

4.10 Manual de procedimientos de mantenimiento

Una vez establecidos todos los procedimientos y diseñados los formatos de la documentación asociados a estos, se ha elaborado un manual que recopila esta información.

5 CONCLUSIONES

- A través de la evaluación técnica realizada a la maquinaria del taller de CAD-CAM se determinó que a pesar de que no todas se encuentran en las mejores condiciones, están en la capacidad de prestar el servicio para el cual están designadas, encontrándose en un estado general “Regular” según los resultados obtenidos del método de valoración.
- La implementación de herramientas informáticas agiliza significativamente el registro y control de las actividades de mantenimiento, pues permite el almacenamiento de información digital, con lo que facilita la clasificación y el acceso a la misma.
- La disponibilidad de formatos fijos para los documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento, permiten un mejor control de la información, al asegurarse que la misma será registrada adecuadamente.

6 RECOMENDACIONES

- Retirar el torno CNC Smart-Turn/285 y la rectificadora WOTAN, del taller de CAD-CAM puesto que no se encuentran en un estado funcional y la institución no tiene proyectos destinados a su rehabilitación.
- Implementar un espacio adecuado para el almacenamiento de herramientas, equipo de protección personal y materiales requeridos para dar cumplimiento a las labores de mantenimiento.
- Contratar un técnico de mantenimiento que esté encargado del cumplimiento de los procedimientos establecidos en el presente proyecto y el registro y control de los mismos.
- Una vez se haya puesto en funcionamiento el plan generado por el presente proyecto y se hayan registrado suficientes actividades en un historial de reparaciones, realizar un análisis de fallos, con el fin de mejorar las actividades de mantenimiento establecidas.

7 BIBLIOGRAFÍA

BATISTA RODRÍGUEZ, C. (2005). *Diagnóstico técnico de máquinas rotativas*. Cuba: Holguín.

Garrido, S. G. (2012). *Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado* . Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Hoyos Vásquez, O. (2011). *El intervalo p-F según la guía RCM de NAVAIR 00-25-403*. México: Living Reability.

ISO 9001 - 038. (13 de Noviembre de 2003). Procedimientos de mantenimiento de equipos y máquinas.

Renove Tecnología S.L. (2016). *RENOVETEC*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>

Rodríguez Dorado, F. J., Mejías Sanguino, F., & Serrano Sánchez, D. (2014). *Especificaciones técnicas en procesos de mecanizado por arranque de viruta*. México: IC Editorial.