

EL MODELO DE CONTROL RETROALIMENTADO COMO PARADIGMA EN LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

RESUMEN

Este artículo plantea la utilización del modelo de lazo cerrado de control como paradigma para la administración del mantenimiento industrial, definiendo cómo interactúan cada uno de los elementos de la gestión de mantenimiento bajo el principio del control retroalimentado.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Administración, Control, Retroalimentación

ABSTRACT

This article, establishes the closed loop control model as a paradigm for industrial maintenance management, defining the interaction of each element of maintenance management under the feedback control principle.

KEYWORDS: Maintenance, Management, Control, Feedback

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos días, el mantenimiento industrial ha evolucionado de manera sorprendente, debido a los nuevos requerimientos de la industria en cuanto a calidad, seguridad, costo y efectividad del mantenimiento. Al estar en auge los avances de las ciencias administrativas, planteando nuevos paradigmas y metodologías para desarrollar efectivamente la administración, los gerentes de mantenimiento han tenido que aprender a combinar estos elementos administrativos con los principios de la ingeniería aplicada, en aras de alcanzar los objetivos de la manera más satisfactoria. Sin embargo, la enorme cantidad de propuestas, hace que en algunos casos no pueda llevarse a cabo la completa aplicación de una metodología, lo cual hace que se intente con una y otra según sea el impacto que haya alcanzado en el medio.

Este artículo, hace una introspección hacia una de las herramientas que tradicionalmente se utiliza en la ingeniería y busca la aplicación práctica de sus principios en el problema de desarrollar una metodología eficiente para administrar el mantenimiento industrial.

La posibilidad de aplicar un esquema tan conocido a nivel de ingeniería en la administración de activos, hace posible que los ingenieros dedicados a la gerencia de mantenimiento, puedan comprender e implementar de manera más efectiva un sistema de administración y control acorde a las necesidades de su entorno operativo.

2. EL CONTROL RETROALIMENTADO

Katsuhiko Ogata [4], define el control retroalimentado como una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y

ENRIQUE ISAZA VELÁSQUEZ

Ingeniero Mecánico.

Estudiante de la Maestría en Sistemas Automáticos de Producción FIM
Universidad Tecnológica de Pereira
kalios@utp.edu.co

HUMBERTO HERRERA SÁNCHEZ

Ingeniero Mecánico

Especialista en Gerencia Tecnológica
Profesor
Universidad Tecnológica de Pereira
humer@utp.edu.co

lo continúa haciendo con base en esta diferencia. El esquema representativo de este modelo se muestra en la Fig. 1:

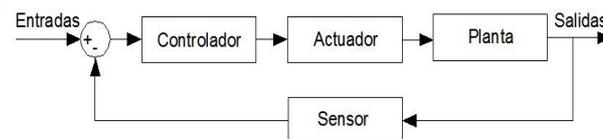


Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado

El esquema de la Fig. 1 ilustra cada uno de los elementos básicos de un sistema de control retroalimentado. Un análisis simple del papel de cada una de estas entidades, permite establecer un paralelo directo con un sistema típico de administración de mantenimiento. Para esclarecer la correspondencia entre cada órgano, se describirá cada parte del sistema de control retroalimentado y se establecerá su análogo en el sistema administrativo:

Entradas: son las señales que van a ser controladas o manipuladas de acuerdo a los requerimientos del sistema. Un ejemplo puede ser un sistema de bombeo, en el cual, las entradas pueden ser la presión y el caudal requeridos, los cuales deben controlarse para que estén acordes a las condiciones preestablecidas. Para un sistema de administración de mantenimiento, las entradas son los requerimientos de la planta, los cuales pueden ser la disponibilidad de los equipos, el nivel de calidad del producto terminado, la tasa de velocidad de producción y hasta los niveles de seguridad asociados a la operación de los equipos. Debido a que ninguna planta es exactamente igual a la otra, la primera tarea del administrador de mantenimiento debe ser la determinación de manera

objetiva de los requerimientos de la planta hacia el área de mantenimiento.

Sumador y Controlador: el sumador es un elemento que recibe las entradas y las compara con las salidas reales del sistema, captadas por el sensor. Esta diferencia es conocida como **error**, y es recibido por el controlador, quien actúa sobre ella dependiendo de sus características de diseño. El homólogo del conjunto sumador-controlador en el sistema de gestión de activos es el área administrativa. El administrador de mantenimiento es quien tiene la responsabilidad de tomar decisiones respecto a las incongruencias encontradas entre los requerimientos y los resultados. Las decisiones deben estar enmarcadas en el contexto institucional del área, como son sus limitaciones, capacidades, políticas y objetivos establecidos por la alta dirección para la compañía.

Actuador: como su nombre lo indica, el actuador es el que desarrolla las acciones ordenadas por el controlador. En un sistema común, estas acciones pueden ser cerrar una válvula, encender un interruptor etc. En el caso de la administración de mantenimiento, el actuador corresponde al personal operativo del área. Uno de los requisitos para poder alcanzar los resultados esperados, es establecer los mejores medios de comunicación entre la administración y el personal operativo. Este "cableado" está constituido por el sistema que se haya implementado para transmitir y registrar los datos, combinado con el factor humano que es el usuario del sistema de información.

Planta: la planta es el sistema que se ve sometido a las acciones operativas, la cual a su vez emite señales conocidas como salidas. Cuando se habla de una planta de producción, ya sea de bienes o servicios, se habla de un complejo conjunto de sistemas, en el cual interactúan recursos, tiempo y personas. Cuando la función de mantenimiento ejerce acciones dentro de la planta, esta responde con señales acordes a las actividades previamente ejecutadas. Estas señales revelan de manera directa o indirecta la efectividad de la gestión de mantenimiento.

Sensor: el sensor es el elemento que tiene como propósito medir y procesar las salidas de la planta, de tal manera que puedan ser comparadas por parte del sumador y entonces, dependiendo de la diferencia entre lo real y lo esperado, el controlador pueda desarrollar la acción respectiva. Para un sistema de administración y control de mantenimiento, el sensor más que un elemento físico, es una metodología que pretende retroalimentar el sistema con la información que se genera en el día a día. Un elemento trascendental para poder lograr una administración eficiente del mantenimiento, es desarrollar una metodología acertada en el procesamiento de la información. Existen muchos paquetes computacionales diseñados para la gestión de

mantenimiento (CMMS: Computerized Maintenance Management Systems), por ello, un buen criterio para seleccionar el paquete más adecuado, es la capacidad del mismo para procesar y sacar un valor agregado a los datos que se manejan. La simple retroalimentación sin el procesamiento correcto, sólo produce trabajo y desperdicio de capital.

En este momento, cuando cada uno de los órganos constitutivos de un sistema de administración y control de mantenimiento se han definido, resulta acertado plantear un diagrama similar al del sistema de control retroalimentado, obviamente con las adaptaciones pertinentes al sistema de administración y control de mantenimiento. Este esquema se muestra en la Fig. 2:

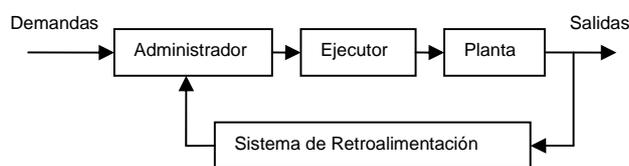


Figura 2. Sistema de administración y control de mantenimiento

3. EL FLUJO DE SEÑALES EN EL SISTEMA DE CONTROL

Los ingenieros de control procuran desarrollar sistemas en los cuales exista un flujo eficiente de señales. En el momento en el que la comunicación entre las entidades constitutivas de un sistema se haga deficiente o nula, el dispositivo es del todo inoperante. Igualmente ocurre en un departamento de administración y control de mantenimiento. Una característica innegociable de una buena metodología de administración de mantenimiento, es la de poseer un correcto flujo de información entre todas y cada una de las partes. El primer canal de comunicación que necesita ser habilitado de manera plena, es el de la planta con el departamento de mantenimiento. A través de este canal, las necesidades de mantenimiento expresadas por la planta fluyen hacia el departamento de mantenimiento, el cual puede expresar a la planta sus limitaciones y requerimientos, de tal manera que se puedan solucionar de manera **conjunta** los problemas. El siguiente conducto que debe habilitarse de manera fluida, es el que comunica al administrador con el ejecutor, es decir, la parte administrativa del sistema con la parte operativa. Tanto el uno como el otro deben conocer perfectamente las características del departamento de mantenimiento, sus limitaciones, habilidades y posibilidades. También es necesario que estén perfectamente establecidos los niveles aceptables de calidad, tiempo y consumo de recursos para cada tarea y en última instancia, que todos sepan cual su papel en el desarrollo de las actividades, propendiendo por utilizar el recurso humano de la manera más eficiente posible.

Para que la configuración de lazo cerrado sea efectiva, tiene que establecerse un sistema de retroalimentación efectivo, dinámico y eficiente. Quizá, una de las mayores dificultades en la administración de mantenimiento, es precisamente desarrollar un sistema que pueda tomar la información y procesarla con rapidez, eficiencia y bajo costo.

Algunas de las características importantes que debe poseer un sistema de retroalimentación de información en un modelo de administración de mantenimiento son:

Objetividad: no conveniente procesar información que no aporte de manera directa en la acción de tomar de decisiones. Hay que seleccionar cuáles son los datos que resultan relevantes en el proceso de control para poder enfocar el trabajo donde realmente se requiere. Por otra parte, cuando se tiene una cantidad enorme de datos, a veces es mejor optar por la utilización de herramientas de muestreo para aminorar el trabajo de procesamiento sin un sacrificio significativo de la calidad de los resultados.

Organización: una de las características que le agrega valor a la información es el orden. De hecho, una parte significativa del trabajo de retroalimentación, consiste en ordenar la información de tal manera que puedan observarse tendencias, comportamientos o relaciones de manera inmediata. El proceso de retroalimentación debe ordenar y clasificar la información, de tal forma que su accesibilidad sea ágil. Precisamente, uno de los retos que actualmente asumen los CMMS, aparte de ocuparse de la organización del trabajo, es el procesamiento de la información en tiempo real, para que de manera instantánea, se tengan datos reales, ordenados y relacionados de manera coherente.

Trazabilidad: la trazabilidad es una cualidad muy importante en cualquier actividad industrial. El término trazabilidad hace referencia a la capacidad de identificar la procedencia y la evolución de algo, en este caso, de la información. Cuando existe trazabilidad en la información procesada, se puede verificar su procedencia, características, y mejor aún, verificar la veracidad de los datos. Debido a la interfase humana, todo sistema de procesamiento de información tiene un grado de susceptibilidad al error; la trazabilidad en el proceso no evita el error, pero brinda un conjunto de herramientas que permiten corregir y arreglar cualquier tipo de incongruencia.

Conectividad: cada sistema integra a cada una de sus partes para trabajar de manera coherente en pro del alcance de los objetivos. En un sistema de control, el papel de cada elemento es llevado a cabo en un marco de interconexión, de tal manera que las señales fluyan en el sentido y con las características necesarias. Asimismo, el procesamiento de información debe aportar conectividad al sistema, de tal manera que todos los elementos de la empresa tengan acceso y actualicen sus datos tomando

como aporte la información generada en el área de mantenimiento, pues sus actividades, afectan la totalidad de la empresa, partiendo desde el área de producción hasta el área contable. La efectividad de un sistema de gestión de la información, no sólo a nivel de mantenimiento sino a nivel de toda la organización, puede evaluarse midiendo la capacidad que este tiene de enlazar las áreas que tiene interés en determinado dato, proporcionando información confiable, organizada y oportuna.

El la Fig. 3, puede verse un esquema en el que se muestran cada uno de los estamentos que componen un área de mantenimiento y el tipo de información que fluye entre cada uno de ellos:

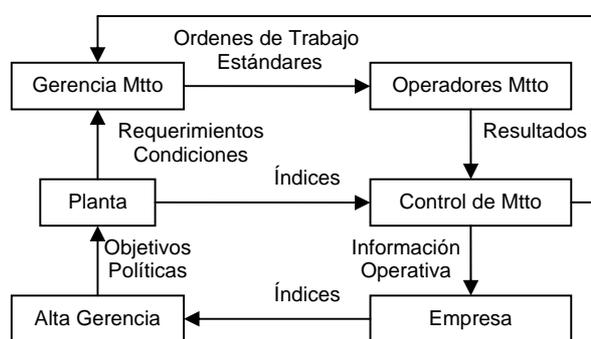


Fig. 3. Esquema de flujo de información en la gestión de mantenimiento.

Como puede verse en el diagrama, la alta gerencia es quien determina los objetivos, las políticas y traza las directrices sobre toda la organización. La planta, es quien debe transmitir al área de mantenimiento, cuáles son sus requerimientos técnicos, logísticos y operativos, y bajo qué condiciones deben cumplirse estos requerimientos. La gerencia del área de mantenimiento, traduce estos requerimientos en acciones, las cuales son ejecutadas por el estamento operativo del departamento, bajo las normas correspondientes. El desarrollo de estas actividades trae como consecuencia la generación de información condensada en resultados, los cuales, son procesados por el área de control de mantenimiento, para posteriormente entregar el consolidado de la información a la administración del área y a las diferentes secciones de la empresa. El área de control de mantenimiento, recibe índices que miden el desempeño de la planta, de tal manera que se pueda evaluar la efectividad de las actividades realizadas. Cuando la información es entregada al ente que administra el trabajo de mantenimiento, este toma las decisiones correspondientes, según los resultados obtenidos. En última instancia, la empresa como un todo, entrega índices a la alta gerencia que miden el desempeño general de toda la organización, permitiendo a los altos directivos, replantear los objetivos, políticas y recursos, según sea la necesidad.

4. VEHÍCULOS PARA LA RECOLECCIÓN Y EL FLUJO DE INFORMACIÓN

En los dispositivos de control automático, existen diversas formas de transmitir las señales entre los elementos, dependiendo de la naturaleza de la señal. Pueden ser cables, mangueras, señales de radio o pulsos de luz. Cualquiera de ellos es válido, dependiendo de las condiciones en que cada elemento necesite recibir la información. Para un sistema de control de mantenimiento no es tan importante el medio de transmisión, pues en últimas, tiene que traducirse a caracteres comprensibles para los humanos. Lo que sí es importante, es el conjunto de medios por los cuales circula y se recolecta la información. El primer elemento de tipo documental que es efectivo para los efectos de recolección de información, es la orden de trabajo. La orden de trabajo tradicionalmente es el documento por el cual se deja constancia escrita de la solicitud de un trabajo; no obstante, la orden de trabajo debe ser mucho más que eso. Una orden de trabajo adecuada debe ser elaborada bajo los siguientes criterios:

Establecer un documento para solicitar el trabajo por escrito, ya sea desde el departamento de mantenimiento o desde cualquier otra área de la empresa.

Asignar el equipo humano y físico más adecuado para realizar cada trabajo.

Diseñar una herramienta administrativa que permita reducir el costo de las actividades a través de la utilización apropiada de los recursos.

Mejorar la planeación y programación del mantenimiento.

Mantener y controlar el trabajo de mantenimiento.

Controlar la calidad del mantenimiento, a través de la retroalimentación de la información del mantenimiento recopilada gracias a las órdenes de trabajo ejecutadas.

Para que una orden de trabajo pueda cumplir con los requerimientos anteriormente establecidos, debe tener ciertos componentes que dependiendo del tipo de empresa, son seleccionados según el criterio de quien diseña la orden. Para que la orden de trabajo sea efectiva desde el punto de la planeación, se sugieren los siguientes componentes:

Numero de inventario o código, descripción y ubicación de la máquina o elemento sobre el cual se va a ejecutar el trabajo.

Persona, área o departamento solicitante del servicio.

Descripción y nombre del trabajo (código) incluyendo número de personas requeridas, herramientas, equipos, materiales y estándar de tiempo (cuando existe esa información). Si el trabajo fue realizado siguiendo un instructivo, es importante hacer la correspondiente referencia.

Prioridad del trabajo y fecha en que se requiere.

Habilidades necesarias para desarrollar el trabajo.

Procedimientos y normas de seguridad (por código o nombre)

Información técnica (planos, diagramas, dibujos, especificaciones)

Desde la perspectiva del control, los ítems que componen una orden de trabajo pueden ser:

Fecha y hora en la cual se inició el trabajo.

Tiempo real consumido en el desarrollo del trabajo.

Tiempo total de paro de la planta o el equipo.

Costos reales de mano de obra, materiales, equipos y cualquier otro gasto necesario para la elaboración del trabajo (pólizas, asesorías, interventorías etc.).

Causas y consecuencias de la falla (en el caso que aplique).

Acciones desarrolladas al respecto.

Persona(s) encargadas del desarrollo y supervisión del trabajo.

Con una orden de trabajo bien diseñada, se avanza de manera significativa en el diseño estructural de la red de información de mantenimiento, sin embargo, esta no es suficiente. Afortunadamente, existen otros documentos o medios por los cuales se recolecta la información restante para lograr una buena administración y control. Algunos ejemplos de elementos que sirven para recolectar información para el área de mantenimiento son:

Reportes de trabajo de mantenimiento

Reportes de fallas, paradas no programadas, pérdidas de velocidad y material reprocesado.

Sistemas expertos de monitoreo de condición en la maquinaria.

Terminales brutas para reportes y descarga de información en tiempo real.

Sensórica de la planta y del proceso

Los medios, procedimientos y políticas con las cuales se recolecta y procesa la información, deben ser definidos por cada organización, teniendo en cuenta estas sugerencias y las características intrínsecas de la compañía. No es fácil diseñar un sistema eficiente de administración de información, normalmente este es un proceso iterativo, que se orienta más por una concepción de mejora continua que por un diseño final estático.

5. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para los ingenieros de control, uno de los puntos que requiere atención especial es el procesamiento de las señales. Dependiendo del sistema y de su entorno, las señales pueden ser afectadas por el medio, pueden necesitar tratamientos de acondicionamiento, de tal manera que se adecuen a las necesidades del sistema. En un sistema de administración de mantenimiento es necesario tener en cuenta los mismos aspectos, obviamente dentro del contexto de la información. La información que se maneja para poder tomar decisiones debe tener tres características infaltables:

Veracidad: la información procedente de un aparato de procesamiento debe ser real, apegada a los hechos. A pesar del sesgo que existe, debido a los métodos de procesamiento y recolección, este sesgo debe tener límites, dando a la información un porcentaje aceptable de confiabilidad.

Orden: la información desorganizada no tiene ningún valor. Se puede tener el conjunto de letras que conforma la enciclopedia británica, pero si estas están en desorden, simplemente no se tiene nada. Lo mismo ocurre en la administración de mantenimiento. La información debe estar ordenada y clasificada para garantizar que su búsqueda sea ágil y fructífera, además, para poder presentarla en la manera en la que se requiera. La simple presentación de la información, influye en la capacidad de generar valor agregado a partir de la misma, de allí, la importancia de la manera en que se organiza y presenta la información.

Oportunidad: la información debe estar en el lugar, en la forma y en el tiempo que se le necesite, de lo contrario, pierde valor; por ello, han adquirido gran importancia los sistemas de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real, pues la disponibilidad de información fresca es una enorme ventaja competitiva.

Aunque estas condiciones definen realmente la calidad de la información, son difíciles de conseguir, normalmente es costoso, tedioso y lento procesar la información de una gran empresa, por ello, lo más sabio es pensar en un sistema computacional que permita realizar todas estas actividades; aunque teniendo un buen sistema computacional, todavía se requiere tiempo y personal que lo alimente. Las terminales brutas y los sistemas expertos de adquisición de datos ayudan en el proceso de

recolección y organización de la información, dejando más tiempo a la etapa de análisis, la cual resulta trascendental en la toma de decisiones.

Para dar fin a este artículo, se resaltarán algunas recomendaciones que ayudan a facilitar el análisis de la información utilizada en la administración de mantenimiento:

Siempre que sea posible, la información numérica, proveniente de datos o indicadores, debe traducirse a un gráfico, pues los ingenieros son educados bajo la interfase gráfica para analizar los fenómenos, además, los gráficos ayudan a identificar comportamientos, tendencias y relaciones.

Cuando se utilicen indicadores, estos deben ser elaborados con sumo cuidado, debido a que pueden llegar a elaborarse indicadores que poco o nada aportan a la toma de decisiones críticas. Hay que recordar que el procesamiento de información es costoso y se debe tratar de enfocar los esfuerzos en los procedimientos que generen más valor. Para evaluar la calidad de un indicador, deben tenerse en cuenta los siguientes elementos: objetividad, validez, sensibilidad, accesibilidad y unicidad en su interpretación.

Antes de procesar determinado dato o información, debe hacerse una estimación previa del costo asociado al proceso, y analizar la relevancia que producirá la información procesada dentro de la toma de decisiones. Es posible invertir una porción significativa de los recursos en elementos que no aportan significativamente en la gestión del mantenimiento.

En algunas ocasiones, es muy difícil procesar datos cualitativos, por lo que se debe tratar de asignar una escala nominal a los ítems que van a ser evaluados de manera cualitativa. A pesar de que este procedimiento lleva en sí un sesgo, resulta mucho más práctico a la hora de procesar información utilizar números.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de control retroalimentado es una concepción sencilla de un esquema eficiente para la administración del mantenimiento industrial, la cual puede ser integrada a cualquier estrategia preestablecida de mantenimiento industrial. La ventaja que ofrece esta concepción, es la oportunidad de utilizar esta óptica para el diseño o adaptación de un sistema computarizado en la administración de mantenimiento.

El análisis de la metodología de control retroalimentado revela que una fracción importante del éxito en la administración del mantenimiento industrial depende de la calidad de la información y su procesamiento. De hecho, en cualquier proceso administrativo, tal y como lo

recomiendan las normas de gestión de calidad, la toma de decisiones debe hacerse teniendo como base la información, lo cual reduce el margen de error en el momento de la solución de los problemas.

La información condensada en este artículo, sugiere que la aplicación de la ingeniería al mantenimiento, involucra algo más que conceptos meramente técnicos y cuantitativos. Se hace evidente que la ingeniería aplicada se hace insuficiente si no existen procedimientos administrativos efectivos que permitan determinar cuales son las características reales del proceso y cuales son las implicaciones y consecuencias de las decisiones que se toman al respecto.

A pesar de las variaciones que presentan los sistemas de administración, incorporando nuevos elementos y modificando las ópticas y las concepciones de los problemas relacionados con la administración eficiente de los activos físicos, este modelo de control retroalimentado propone un esquema de fácil comprensión y aplicación a la administración de mantenimiento, con las capacidad de adaptarse de manera sencilla a los cambios en las políticas y objetivos de la organización, pero lo suficientemente robusta como para superar los embates de las nuevas tendencias administrativas, que modifican continuamente los procedimientos previamente establecidos.

Resulta muy complicado aplicar esta metodología si antes no se tiene un previo conocimiento, con la mayor plenitud posible, de los requerimientos y las características del mantenimiento de la planta donde deben administrarse los activos. Este modelo se hace exitoso en la manera en que las variables que vayan a ser monitoreadas y la información que se requiera para hacerlo, sean escogidas de manera correcta. Sin embargo, es necesario mencionar que encontrar las variables, y la información necesaria, puede convertirse en un proceso iterativo, donde a través de la vigilancia del cumplimiento de los objetivos y la mejora continua, se puede llegar a un modelo cada vez más acertado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ÁLVAREZ, Humberto. Pensamiento Estratégico en Mantenimiento. 5 páginas. Consultado en junio de 2005 a través de www.ceroaverias.com/articulos/pensamiento.pdf
- [2] CORRIPIO, Armando; SMITH, Carlos. Control Automático de Procesos, Primera edición, 718 páginas, Limusa, Méjico, 1991.
- [3] DUFFUAA, Salih; RAOUF, Abdul y CAMPBELL John. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. Primera edición. 415 páginas. Limusa Wiley. Méjico, 2002.
- [4] OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna, Tercera edición, 1015 páginas, Prentice Hall, Méjico, 1997.
- [5] ISAZA, Luis Enrique. Manual para la Implementación de un Departamento de Mantenimiento Basado en la Filosofía del TPM y la Norma ISO 9001. Tesis de Grado. 235 páginas. Universidad Tecnológica de Pereira. 2005.
- [6] CORPORACIÓN DE SERVICIO A PROYECTOS DE DESARROLLO "PODIÓN". Planificación de Proyectos y Diseño de Indicadores. 59 páginas. Universidad Pedagógica Nacional. Santa fe de Bogotá. 2000.
- [7] PRANDO, Raúl. Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida. 99 páginas. GTZ OEA Montevideo. 1995.
- [8] VANEGAS, César Augusto. La Cultura de la Información en Mantenimiento. 8 páginas. Consultado en mayo de 2005 a través de www.reliabilityweb.com/cmms/cmms3.pdf
- [9] ZABISKI, Erol. Los Sistemas CMMS y la Toma de Decisiones en Mantenimiento. 4 páginas. Consultado en septiembre de 2005 a través de www.cujae.edu.cu/centros/ceim/5.pdf
- [10] ZABISKI, Erol. El Triángulo de la Gestión del Mantenimiento a Través de un Enfoque de Sistema. 5 páginas. Consultado en marzo de 2005 a través de www.cujae.edu.cu/centros/ceim/1.pdf