



## **Diseño de ejercicio docente basado en el estudio comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento**

**Antonio Torres - Valle, Diana Figueroa - del Valle**

Recibido el 26 de mayo de 2010; aceptado el 11 de julio de 2010

### **Resumen**

La enseñanza basada en problemas constituye un paso importante en la educación de los ingenieros. Partiendo del desarrollo de la enseñanza activa, el artículo presenta el diseño de un ejercicio docente basado en el estudio comparativo de dos métodos de optimización del mantenimiento: categorización de equipos y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM en inglés). La aplicación concluye con referencias comparativas de carácter técnico donde se demuestra la superioridad del segundo método. Finalmente, se establecen recomendaciones para el diseño técnico metodológico del ejercicio.

**Palabras claves:** mantenimiento, optimización, categorización de equipos, mantenimiento centrado en la confiabilidad, enseñanza basada en problemas, ejercicio docente, recomendaciones metodológicas.

## **Design of docent exercise based on comparative study between maintenance optimization methodologies**

### **Abstract**

The problem based learning is an important step in the education of the engineers. Beginning from the development of the active learning the paper presents the design of docent exercise based on comparative study between two maintenance optimization methodologies: Equipment Categorization and Reliability Centered Maintenance (RCM). The application concluded with technical comparative references, where demonstrates the superiority of the second one. Some recommendations for the technical methodological design of exercise are establishes.

**Key words:** maintenance, optimization, equipment categorization, reliability centered maintenance problem based learning, docent exercise, methodological recommendations.

## 1. Introducción.

A lo largo de la historia, producto de las Revoluciones Industriales y Tecnológicas, se ha podido apreciar una importante modernización de la industria a la que no ha sido ajeno el mantenimiento. De esta forma, han surgido nuevas técnicas, que le han dado un nuevo enfoque a la organización y responsabilidad de este dentro de la industria, así como una mayor importancia a los aspectos de calidad, seguridad y medio ambiente, unidos a una alta disponibilidad de los equipos.

Dentro de las nuevas técnicas mencionadas se encuentran las metodologías de optimización del mantenimiento, las cuales constituyen herramientas para perfeccionar los esfuerzos gerenciales, técnicos y económicos en el área del mantenimiento y dar así respuesta a los requerimientos de seguridad y confiabilidad exigidos a las instalaciones industriales.

Al estudiar las metodologías de optimización del mantenimiento se aprecia que estas se encuentran dispersas en una amplia bibliografía, adolecen de enfoques cuantitativos basados en parámetros de confiabilidad y muchas parten de bases económicas, lo que las hace cuestionables para su uso en la optimización de la seguridad [1]. La generalización de estas prácticas pasa por la asimilación de técnicas de relativa complejidad para las que no se han desarrollado suficientemente casos demostrativos que permitan la capacitación del personal gestor y mantenedor. Por ello, un aspecto importante en todo este cuestionamiento es la necesidad de un estudio detallado que logre integrar lo mejor de las metodologías existentes y las sistematice a través de ejemplos útiles para su enseñanza [1].

En este sentido, la enseñanza basada en problemas [2 - 11] se ha convertido en una filosofía de la educación que ha revolucionado la práctica docente de la ingeniería, en la cual se requiere desarrollar en los estudiantes capacidades creadoras y de independencia para la solución de problemas complejos.

Una posibilidad clara del desarrollo de la crítica dialéctica la ofrecen los ejercicios comparativos. Este tipo de ejercicio resulta prometedor para desarrollar capacidades meta-cognitivas de análisis. El estudio desarrollado en el marco de [1] permitió determinar “la inexistencia de estudios comparativos de carácter integral sobre la aplicación de metodologías de optimización del mantenimiento que permitan su uso con objetivos docentes” (problema científico). Por ello, se planteó como hipótesis que “la comparación de metodologías alternativas de optimización del mantenimiento a través de su aplicación a un sistema tecnológico resulta un ejemplo de gran utilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje en pregrado y postgrado”.

Constituyó objetivo principal del trabajo “realizar un estudio comparativo de sistemas alternativos de optimización del mantenimiento a través de su aplicación a un sistema tecnológico patrón diseñado con objetivos docentes” [1].

## 2. Materiales y Métodos.

Para la realización del estudio comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento se escogieron, luego de un estudio detallado de varias de las metodologías disponibles [1], las de Categorización de Equipos [1] y la de Optimización Integral del Mantenimiento basada en RCM [12 - 16].

La primera de las metodologías [1] se caracteriza por un enfoque subjetivo basado en criterios cualitativos, tiene un fundamento economicista y, aunque no está preparada para enfrentar el análisis de sistemas de seguridad, ha sido modificada durante este estudio para lograr tal objetivo. Este método se aplica de manera sencilla utilizando, para evaluar a cada equipo del sistema objeto de análisis, un listado de atributos predefinidos. El resultado de esta práctica es la categorización de los equipos según la cual se aplica una política de mantenimiento. El resultado de la aplicación de la política de mantenimiento puede reevaluarse nuevamente, pasado un período razonable, con otra aplicación de la lista de atributos.

Un algoritmo simplificado del método de Categorización de Equipos [1] se presenta en la figura 1.

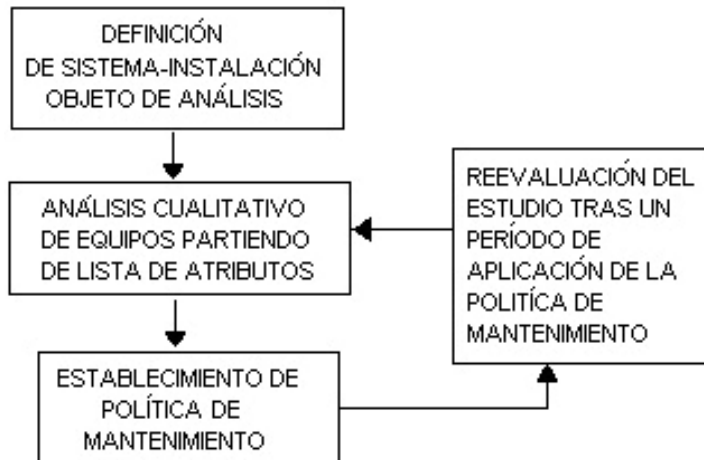


Figura 1. Algoritmo del método de Categorización de Equipos

El primer paso consiste en la definición de las fronteras del análisis. Un ejemplo del análisis cualitativo por atributos para un equipo del esquema utilizado como ejemplo docente, se presenta en la Tabla No.1.

Tabla No. 1. Lista de atributos y ejemplo de evaluación.

No.	Parámetros.	A	B	C
1	Intercambiabilidad	X		
2	Régimen de operación		X	
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro principal		X	
5	Mantenibilidad			X
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización	X		
8	Valor de la máquina		X	
9	Factibilidad aprovisionamiento		X	
10	Seguridad operacional			X
11	Condiciones explotación	X		
12	Protección al medio ambiente		X	
13	Comportamiento Operacional precedente			X
14	Calificación operario		X	
15	Exigencia del cliente	X		
16	Valor hora trabajo		X	
<b>Totales</b>		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>3</b>

La columna de mayor aporte define la clasificación o categoría para el mantenimiento, que se asocia al equipo en cuestión. En el caso ejemplo corresponde a la categoría B.  
El establecimiento de la política de mantenimiento a aplicar se extrae de la Tabla No. 2.

Tabla No. 2. Política de mantenimiento a aplicar según la Categorización de Equipos

<b>Categoría</b>	<b>Predictivo</b>	<b>Preventivo</b>	<b>Correctivo</b>
A Objetivo aumentar disponibilidad	Muy utilizado. Todas las técnicas pertinentes.	Todas las operaciones que se planifiquen con elevadas frecuencias.	Se evita al máximo, de existir se realiza con máxima prioridad.
B Objetivo reducir los costos por mantenimiento sin afectar mucho la disponibilidad	Poca utilización. Aplicación de técnicas menos costosas y de alta efectividad.	Operaciones con suficiente periodicidad pero con más baja frecuencia que las A.	Existe en mayor medida que la A y con periodicidad variable.
C Objetivo mínimos costos.	No se aplica.	Actividades de lubricación, limpieza u otras más baratas.	Abunda y no se le da prioridad al mantenimiento.

La metodología basada en RCM tiene un enfoque sistémico integral con carácter técnico económico, prioriza los aspectos de seguridad, y se asienta en análisis cualitativos y cuantitativos de sistemas partiendo de criterios de riesgo. Esta metodología esta informatizada dentro del Sistema de Gestión de Mantenimiento Orientado a la Seguridad y a la Disponibilidad (código MOSEG Win Ver. 1.0) [12], utilizado normalmente en la práctica docente de pregrado y postgrado de ingeniería nuclear. El algoritmo del método basado en RCM se presenta en la figura 2.

De manera similar, el primer paso del algoritmo, tiene como objeto el establecimiento de las fronteras del análisis. En algunas instalaciones complejas, como las centrales nucleares, esta etapa se basa en los resultados de estudios de seguridad previamente realizados.

La clasificación de equipos para el mantenimiento se logra a través del uso de medidas de importancia tradicionales en los análisis de confiabilidad de sistemas. Las sugerencias de políticas de mantenimiento a aplicar están automatizadas dentro del código MOSEG [12], partiendo de dichos análisis previos.

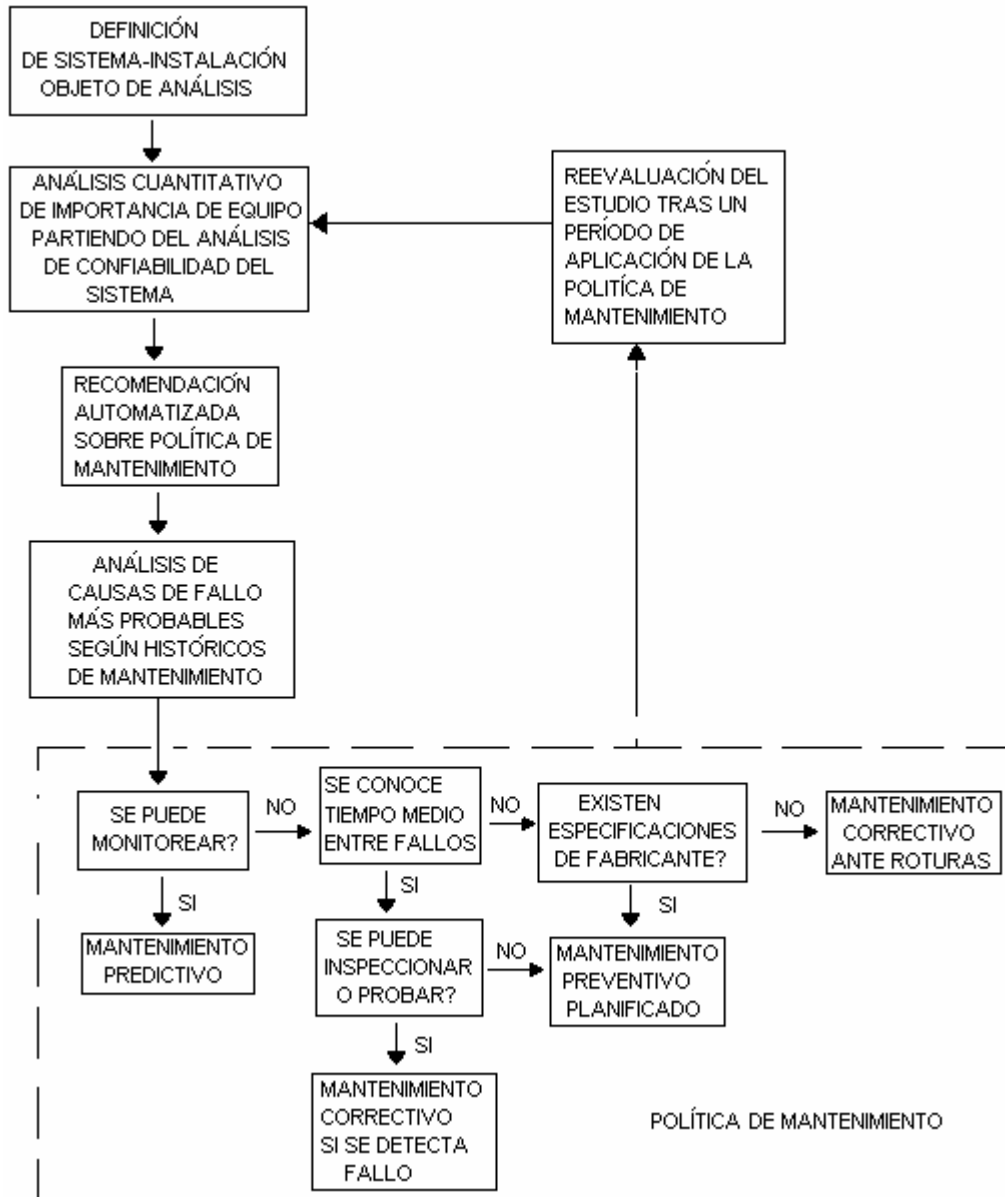


Figura 2 - Algoritmo del método basado en RCM

Los análisis de confiabilidad de sistemas se fundamentan en la solución de árboles de fallos complejos a partir de los cuales se obtienen, entre otras múltiples aplicaciones, el ordenamiento relativo por su contribución al riesgo o la indisponibilidad del sistema, de los elementos integrantes del mismo [12, 13]. Esto es punto de partida para deducir las políticas de mantenimiento a aplicar. Por ejemplo, para equipos con categoría de alta criticidad, se priorizan tareas de monitoreo a condición (mantenimiento predictivo) por sobre las tareas de búsqueda de fallos (detectivo). Una última alternativa de mantenimiento son las tareas de monitoreo por tiempo (preventivo). El análisis pasa por la adaptación de las sugerencias de políticas de mantenimiento, realizadas por el código MOSEG, a la realidad de los registros específicos de fallo por equipo en la industria en cuestión. De manera similar al caso anterior, la metodología basada en RCM se retroalimenta con los resultados de la aplicación de las políticas de mantenimiento.

En el marco del diseño metodológico docente del ejercicio se definieron los objetivos educativos e instructivos, así como las habilidades a desarrollar, las orientaciones metodológicas al profesor, los recursos y medios a emplear, el sistema de evaluación previsto y la atención a la diversidad en el grupo objeto de la enseñanza [12, 17].

### 3. Diseño del ejercicio docente base de aplicación.

Para el diseño metodológico del ejercicio de aplicación se han utilizado las experiencias sobre proyectos evaluativos de la asignatura de Gestión de Mantenimiento Industrial, correspondiente al pregrado de acuerdo al currículo de 5to año de la carrera en Ingeniería en Instalaciones Energéticas y Nucleares [1], y de la asignatura Mantenimiento Orientado a la Seguridad [12], correspondiente al postgrado en las categorías de maestría y doctorado.

Los objetivos educativos del ejercicio van encaminados a desarrollar la independencia y la confianza en la solución de problemas de mantenimiento partiendo de indicadores de confiabilidad y riesgo, conocer el estado del arte de las técnicas más avanzadas de gestión del mantenimiento industrial e incentivar el trabajo en equipo para resolver problemas complejos de la gestión del mantenimiento de la industria.

Como objetivos instructivos se destacan aplicar técnicas de optimización del mantenimiento de diferentes niveles de complejidad, según las exigencias de seguridad y confiabilidad, e implementar la utilización del mantenimiento centrado en la confiabilidad a instalaciones con riesgo asociado a su explotación.

El sistema de habilidades prevé desarrollar capacidades para determinar programas de mantenimiento acorde a las características de los sistemas analizados partiendo de indicadores de confiabilidad y riesgo, así como desplegar destrezas en el manejo de herramientas informáticas destinadas a la optimización del mantenimiento basadas en criterios de seguridad y disponibilidad.

Como orientaciones metodológicas resaltan la explicación por el profesor de los conceptos básicos correspondientes al tema, así como de los diferentes métodos de optimización a emplear, la solución interactiva profesor – estudiantes de un ejercicio comparativo de aplicación de las metodologías de optimización del mantenimiento, la utilización práctica de las herramientas informáticas bases de las metodologías y la muestra y discusión de un informe resumen sobre la documentación de los resultados del ejercicio.

Entre los recursos disponibles para la impartición de este tema están un tutorial con el desarrollo detallado del ejercicio objeto de estudio [1], diapositivas en PowerPoint con los aspectos más importantes del mismo, el libro preparado como soporte de la asignatura [12] y una versión docente del software base de aplicación de la metodología RCM [12, 14].

El sistema de evaluación de estos conocimientos es un proyecto de optimización del mantenimiento basado en un ejercicio comparativo similar al desarrollado en clases, el cual se resuelve en grupos o equipos de trabajo y se evalúa de manera individual. El diseño del sistema a analizar y los datos de partida se ha multiplicado y diversificado con el objeto de disponer de una amplia variedad de ejercicios similares que se asignan a los equipos de estudiantes conformados en el aula.

Para la atención a la diversidad del grupo el profesor preverá la distribución balanceada de los estudiantes entre los equipos de trabajo, prestando atención preferente a la ubicación de los estudiantes con problemas de aprendizaje. Procurará también utilizar las capacidades de los estudiantes con mejores indicadores de aprendizaje asignándoles labores como jefes de equipo y utilizándolos en la asesoría de su grupo de estudio.

Como marco técnico del ejercicio docente se han empleado las prácticas de planificación del mantenimiento seguidas en industrias reales [12 - 16] procurando cumplir de manera ordenada los pasos en la concepción de un sistema de mantenimiento [12]. La tarea se ordena considerando la precedencia de las etapas de solución y las potencialidades del código MOSEG, incluyendo de manera general los siguientes aspectos: codificación de equipos, datos técnicos, personal y brigadas de mantenimiento, procedimientos de mantenimiento, seguridad durante el mantenimiento, presupuestos para el mantenimiento, tareas típicas, patrones de evaluación del mantenimiento, programación del mantenimiento, evaluación de estrategias, cálculo de repuestos y gestión de almacenes [12]. Por otra parte, los tópicos relacionados con el método de Categorización de Equipos son resueltos manualmente y, por sus limitaciones, necesita considerar sólo algunas de las pautas anteriores [1].

Como base para el diseño del esquema tecnológico de referencia se tomó el sistema tecnológico de enfriamiento de emergencia del núcleo de la Central Nuclear de Embalse [14] al que se realizan algunas simplificaciones con el objeto de preparar el ejemplo con carácter docente. Estas modificaciones van dirigidas a lograr que puedan ser explotadas todas las posibilidades del código MOSEG Ver. Win 1.0 en su versión docente [12].

Además, han sido incluidos en el ejercicio datos referentes al régimen de explotación del sistema, datos históricos de mantenimiento a nivel de equipos y procedimientos genéricos de ejecución de mantenimientos, los que, comúnmente, no están contemplados en ejercicios docentes.

Con el objeto de realizar una comparación técnica equilibrada, esta se ejecuta en base a las potencialidades diseñadas dentro del método de Categorización de Equipos. Aquellas posibilidades adicionales, en las que el método basado en RCM supera al de Categorización de Equipos, son destacadas aparte.

#### 4. Resultados y discusión.

Desde el punto de vista docente metodológico constituye un resultado trascendente la concepción de un ejercicio para la enseñanza activa destinado a practicar la crítica sobre bases científicas. Este aspecto se enmarca en el desarrollo de la enseñanza basada en problemas para incentivar la independencia y creatividad de los estudiantes. Resultan también importantes, la introducción de esta modificación a los programas de las asignaturas relacionadas con la enseñanza del mantenimiento, así como el diseño de varios ejercicios similares para su generalización en la práctica docente.

De manera resumida, los resultados más importantes del ejercicio en el orden técnico son:

1. El enfoque subjetivo del método de Categorización de Equipos, obliga al analista a acercarse más al lado conservador de los resultados y exige de mayores gastos y esfuerzos de mantenimiento, que el método basado en RCM, en el cual las posibilidades del enfoque sistémico cuantitativo permiten la priorización más objetiva de las necesidades de mantenimiento.
2. Los resultados del ejercicio patrón muestran que, de acuerdo al método de Categorización de Equipos (primario), se sobremantienen el 63 % de los equipos respecto a los considerados por el método basado en RCM (secundario). El enfoque subjetivo del método primario sólo consigue una coincidencia en la clasificación respecto al método secundario para el 36 % de los equipos (ilustrado en la figura 3).

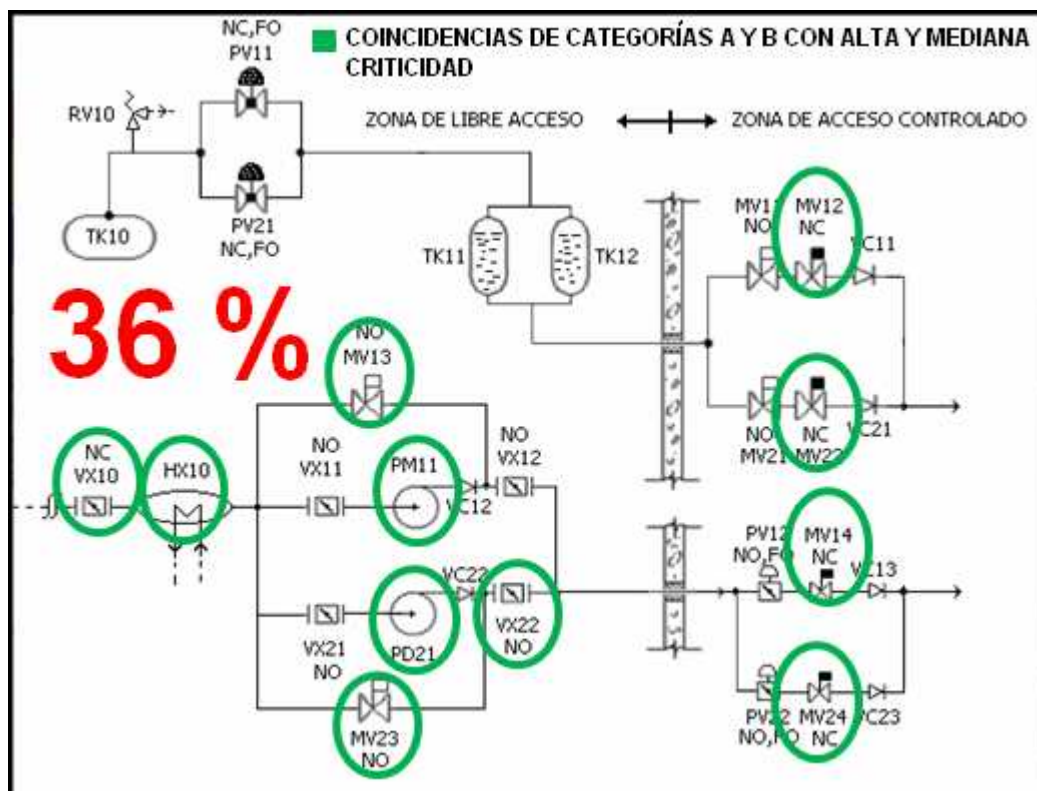


Figura 3 - Muestra gráfica de las coincidencias de clasificación de equipos para el mantenimiento entre los métodos de Categorización de Equipos y RCM.

3. Al aplicar el método basado en RCM se eliminan los sobremantenimientos con sus errores humanos asociados, y, como aspecto importante, los impactos en el incremento de la disponibilidad y la seguridad son mayores que con el método de Categorización de Equipos.
4. El ejercicio patrón demuestra que, una simple reducción de frecuencias de mantenimiento a la mitad, para los equipos considerados de baja criticidad según el método RCM, reduce la carga típica laboral para 33 tareas típicas en 96 horas-hombre, lo que se traduce en varios cientos al aplicarse a una estrategia real.
5. Un resultado trascendente, y sólo apreciable a través de técnicas cuantitativas especializadas (como la de Optimización Integral basada en RCM), son las debilidades de diseño del sistema, que no pueden ser corregidas con más pruebas o mantenimientos. Esta situación aparece reflejada en el ejercicio patrón en 6 equipos redundantes de alta y mediana criticidad (20 % del total), para los que habría que aplicar actividades de prueba o mantenimiento con frecuencias inferiores a 1 semana, lo que se considera impracticable.
6. Como posibilidades adicionales del Sistema de Gestión de Mantenimiento Orientado a la Seguridad se destacan el análisis multifactorial y la evaluación multiparámetrica de estrategias de mantenimiento.

## 5. Conclusiones.

El artículo corrobora la hipótesis planteada sobre las capacidades didácticas de un ejercicio comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento, así como cumple con el objetivo principal de realizar un estudio comparativo de dichas metodologías con objetivos docentes. En el marco del documento se establecen pautas docente - metodológicas y técnicas para el diseño del ejercicio integral de análisis comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento. La concepción de ejercicios demostrativos de este tipo constituye un esfuerzo en el desarrollo de la enseñanza basada en problemas para abarcar la temática de las metodologías complejas de optimización del mantenimiento. De esta forma, su aplicación en la docencia de pregrado y postgrado redundará en el logro de una mejor eficiencia en el aprendizaje.

Las principales conclusiones de carácter técnico muestran que, por la disponibilidad de información de partida y la factibilidad de su aplicación integral, se utilizan para comparar dos métodos de optimización del mantenimiento, el de Categorización de Equipos y el de Optimización Integral basado en RCM. Al primero lo distingue un enfoque economicista e individual a nivel de equipos, la simplicidad de su aplicación y una base cualitativa sujeta a criterios subjetivos, mientras que al segundo lo distingue un enfoque sistémico de carácter técnico y económico, con posibilidad de priorizar los aspectos de seguridad, la necesidad de un conocimiento de experto para su implementación y una base cuantitativa que ayuda a la aplicación del principio de Pareto. Los resultados técnicos de la aplicación muestran los altos niveles de optimización que se logran cuando se dispone de métodos de mayor alcance como el basado en RCM. Ello redundará en políticas de mantenimiento más acertadas desde el punto de vista técnico y económico.

Desde el punto de vista docente metodológico resalta que, en el marco de las regulaciones establecidas en el Reglamento Docente Metodológico, se han modificado los planes de estudio D para incorporar en la Disciplina de Seguridad de la Industria estos nuevos conocimientos y prácticas en la enseñanza del mantenimiento. Como objetivo educativo se destaca el ejercicio de la crítica de manera coherente y científicamente fundamentada y como objetivos instructivos se desarrollan los relacionados con el conocimiento de nuevas metodologías de optimización, su utilización y comparación con otras más evolucionadas y el empleo de nuevos tipos de datos en la implementación de ejercicios sobre sistemas de mantenimiento.

## 6. Referencias.

1. **FIGUEROA DEL VALLE, D. G.** *Estudio comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento partiendo de su aplicación a un sistema tecnológico genérico para aplicaciones docentes*. Tutor: Valle, A. T. Trabajo de Diploma, Departamento de Ingeniería Nuclear. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana. 2009.
2. **NORTHWOOD, M. D. et al.** "Problem-Based Learning: From the Health Sciences to Engineering to Value - Added in the Workplace". *Global Journal of Engineering Education*. 2003. vol. 7, nº 2, p. 157-164.
3. **MCDERMOTT, K. J.; GÖL, Ö.; NAFALSKI, A.** "Considerations on Experience-based Learning". *Global Journal of Engineering Education*. 2002. vol. 6, nº 1, p. 71-78.



4. **ANDERSEN, H.** "Experiences from a Pedagogical Shift in Engineering Education". *Global Journal of Engineering Education*. 2002. vol. 6, nº 2, p. 139-144.
5. **HILLS, G.;TEDFORD, D.** "The Education of Engineers: the Uneasy Relationship between Engineering, Science and Technology". *Global Journal of Engineering Education*. 2003. vol. 7, nº 1, p. 17-28.
6. **OLIVER, K.;HANNAFIN, M.** "Student Management of Web Based-Hipermedia Resources During Open-Ended Problem Solving". *The Journal of Educational Research*. 2000, vol 94, nº 2. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: <http://kevoliver.com/pdf/jer.pdf>
7. **LLORENS MOLINA, J.** "El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico de los trabajos en los laboratorios". *Química Nova*. 2010, vol 33, nº 4. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000400043&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000400043&script=sci_arttext&lng=en). ISSN 0100-4042.
8. **SAVIN-BADEN, M. A.** *Practical Guide to Problem – based Learning on line*. First ed. UK:Routledge, 2008. p 151. ISBN 0-203-93814-3. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: <http://www.amazon.co.uk/Problem-based-Learning-Online-Maggi-Savin-Baden/dp/0335220061>
9. **STRIEGEL, A.;ROVER, D. T.** Problem-based learning in an introductory computer engineering course. En *32nd Annual Frontiers in Education (FIE'02)*. 2002. p. 7-12.[Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/FIE.2002.1158138>
10. **PALLOFF, R.;PRATT, K.** *Building Online Learning Communities*. Second ed. US: John Wiley and Sons, 2007. 292 p. ISBN 978-0-7879-8825-8. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: <http://www.amazon.com/Building-Online-Learning-Communities-Strategies/dp/0787988251>
11. **MARTIN-KNIEP, G.** *Communities that learn, lead and last: building and sustaining educational expertise*. First ed. US: John Wiley and Sons, 2008. 213 ISBN 978-0-7879-8513-4. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: [http://www.amazon.com/Communities-that-Learn-Lead-Last/dp/0787985139/ref=sr\\_1\\_2?s=books&ie=UTF8&qid=1278711697&sr=1-2](http://www.amazon.com/Communities-that-Learn-Lead-Last/dp/0787985139/ref=sr_1_2?s=books&ie=UTF8&qid=1278711697&sr=1-2)
12. **TORRES VALLE, A.** *Mantenimiento Orientado a la Seguridad*. Primera ed. La Habana: CUBAENERGIA, 2000. 442 p. ISBN 959-7136-10-4.
13. **GAERTNER, J. P.; HOOK, T.; GHUGHES, E. A., et al.** *Application of Reliability Centered Maintenance to San Onofre Units 2 and 3 Feedwater Systems*. EPRI NP-5430, 1987. p 2-1 a 2-8.
14. **TORRES, A.; PERDOMO, M.; FORNERO, D., et al.** Aplicación de la metodología RCM a la optimización de la operación y el mantenimiento de la Central Nuclear de Embalse. En *XXXV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Seguridad Nuclear*. Buenos Aires, Argentina. 10-14 de Noviembre 2008. [CD-ROM]
15. **WIEMANN, T.** *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. Second ed. US: Industrial Press, 2005. 250 p. ISBN 0-8311-3184-5.
16. **BLOOM, N. B.** *Reliability Centered Maintenance: implementation made simple*. First ed. US: McGraw Hill, 2006. 288 p. p ISBN 0-07-146069-1. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: <http://www.amazon.com/Reliability-Centered-Maintenance-RCM-Implementation/dp/0071460691>
17. **PÉREZ ROMERO, E.** *Programación didáctica. Manual de Procedimientos Mantenimiento de Vehículos Autopropulsados*. 2005. 6 p. [Consultado el: 9 de Julio de 2010]. Disponible en: [http://www.google.com.ar/search?hl=es&q=MD75PR01+SAM&aq=f&aqj=&aqi=&aqi=&og=&gs\\_rfai=](http://www.google.com.ar/search?hl=es&q=MD75PR01+SAM&aq=f&aqj=&aqi=&aqi=&og=&gs_rfai=)

**Antonio Torres Valle, Diana Figueroa del Valle.**

Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. INSTEC, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente. CITMA

Ave Salvador Allende y Luaces, Quinta de los Molinos, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

Teléfono: 878-9862

Email: [atorres@instec.cu](mailto:atorres@instec.cu) , [gisella@instec.cu](mailto:gisella@instec.cu)