

# Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento.

**E. Hernández Cruz, E. Navarrete Pérez.**

Facultad de Ingeniería Mecánica.  
Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento.  
Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*.  
Calle 114 esq. 127. Marianao 15. Ciudad de la Habana. Cuba  
Teléfono: (537) 271872 Fax: (537) 272046  
E-mail: [eugenio@ceim.ispjae.edu.cu](mailto:eugenio@ceim.ispjae.edu.cu), [enavarrete@ceim.ispjae.edu.cu](mailto:enavarrete@ceim.ispjae.edu.cu)

(Recibido el 25 de Junio del 2000, aceptado el 12 de Abril del 2001)

## Resumen

Hoy en día la mayoría de los procesos de la industria moderna y de las empresas, en general, se automatizan con el objetivo de eliminar operaciones rutinarias y peligrosas para el hombre. Ello implica la implantación de una moderna tecnología: maquinarias productivas, herramientas, métodos de control de la producción y la organización, cambios en la infraestructura de la empresa y personal con mayor calificación.

En fin, un nuevo paradigma tecnológico y organizacional al que la empresa debe adaptar su filosofía de trabajo. De ello se derivan elevados niveles de producción en cortos plazos de tiempo, un mayor control de los procesos y desempeño de la tecnología existente. Con lo que se requiere de una estricta organización y correcta aplicación de la labor de mantenimiento en la empresa.

Este documento técnico representa la fundamentación teórica para la elaboración de un sistema informático que permita evaluar la gestión de mantenimiento a través de indicadores. Se plantea una metodología para el establecimiento de un sistema de cálculo que permita *automatizar* este proceso, haciendo uso de los datos que se procesan en la base de datos del sistema MacWin©.

Se incluyen temas relacionados con la gestión, evaluación, fiabilidad, organización y control del mantenimiento.

**Palabras claves: Fiabilidad, PDCA, estándares, mantenimiento, indicadores, automatización.**

## 1. Introducción.

La tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta lleva implícito un alto costo, el cual debe evitarse que alcance niveles aún mayores, y esto se logra cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuye, sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos. Para ello se hace necesario un mantenimiento organizado, eficiente y desarrollado que garantice a un costo competitivo la disponibilidad de sus activos productivos. Toda empresa que desee mantenerse

competitiva tiene, indispensablemente, que dirigir y prestarle una especial atención al mantenimiento de su equipamiento. El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo vertiginoso en la industria y es la encargada de garantizar la

disponibilidad del equipamiento de la empresa a un bajo costo. No se concibe una industria moderna sin una debida política de manutención de la tecnología con que produce. Sencillamente porque del mantenimiento depende: la funcionalidad, disponibilidad y conservación de su estructura productiva. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

En la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva.

Es por ello que el mantenimiento desarrolla técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria.

Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa. Con estos fines existen, se mejoran y crean nuevos productos informáticos que garantizan de forma

automatizada el procesamiento de toda la información relacionada con la gestión de mantenimiento y la evaluación del mismo.

Como puede percibirse esto también forma parte del salto cualitativo y cuantitativo que una empresa moderna debe dar.

## 2. Fiabilidad.

La fiabilidad no es más que la seguridad de funcionamiento de una pieza, órgano o máquina. Es el grado de confianza que puede concederse a un elemento, ateniéndose a la calidad de los materiales empleados, la perfección con que ha sido labrado, y la multiplicidad y cuidado de los controles y pruebas a que ha sido sometido. Cuando un elemento satisface a todas estas condiciones, se puede tener una seguridad casi absoluta en su funcionamiento. Para controlar este término durante el funcionamiento de las instalaciones se precisan de los llamados Grupos de Fiabilización

## 3. Objetivos fundamentales.

1. Seguir a través de indicadores los disfuncionamientos que existan, en procesos y sistemas de producción, para determinar su posición respecto a objetivos, interpretando los problemas para identificar las causas.
2. Informar para mejorar los procesos con apoyo de indicadores intermedios de progreso.
3. Jerarquizar preparando paretos de causas de disfuncionamientos por averías, incidencias, no calidad, etc.
4. Preparar la motivación de todos los implicados en los procesos para mejorar la organización, relaciones cotidianas y la retroalimentación en todos los niveles de la estructura.
5. Apoyarse en las herramientas de la calidad (PDCA) para la solución de los problemas.

## 4. El ciclo PDCA como herramienta de progreso para fiabilizar.

El ciclo PDCA o rueda de Deming, de las siglas en inglés: Planificar (*Plan*), Hacer (*Do*), Controlar o verificar (*Check*), Actuar (*Action*) fue mejorado y llevado a la práctica por el Dr. Deming como una

estrategia básica de los procesos de mejora continua en las empresas.

**Tabla 1.** Parámetros del ciclo PDCA.

Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar lo que hay que hacer. Objetivos y su medida</li> <li>• Determinar métodos para alcanzar objetivos</li> </ul>
Hacer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educar y enseñar</li> <li>• Implementar trabajos</li> </ul>
Chequeo (verificar, controlar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El plan</li> <li>• Resultados de soluciones</li> <li>• Resultados globales</li> </ul>
Acción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar las decisiones adecuadas</li> </ul>

Cuando un empleado o área encuentra un problema al aplicar estándares en su tarea, este se cuantifica, se analiza y se identifican las causas para proponer las soluciones, fijando de esta forma nuevos estándares más ambiciosos. Por tanto un ciclo PDCA se utiliza para analizar problemas y planificar acciones arrancando por la fase de control diario (C) de un ciclo SDCA en el proceso de mantenimiento de estándares.

## 5. Métodos para el establecimiento de estándares.

**Prorrogación:** Fija los Estándares en correspondencia al historial de fenómenos que acontecen.

**Extrapolación:** Considera los fenómenos como función del tiempo a partir de un comportamiento real, estima su comportamiento en un período igual hacia delante.

**Experimentación:** Observación de los hechos y fenómenos, a los cuales luego por *comparación* se les busca las causas de su variación.

## 6. Indicadores de mantenimiento.

**Indicador o Índice:** Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo- calidad y plazos.

**Controlar:** Significa guiar las acciones de un colectivo, entidad, departamento, etc., para que sus resultados coincidan o superen los objetivos establecidos.

**Evaluar:** Es la acción que permite comprobar la eficacia y resultados del control.

Lo que muchas empresas necesitan es un sistema que permita a sus directivos controlar y verificar las

actividades de producción para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué.

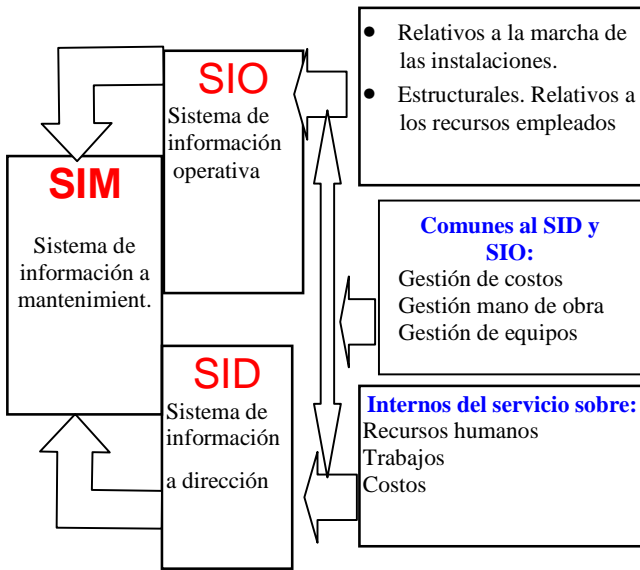
**Características de los índices:**

Según su utilidad los índices de gestión deben ser:

- Pocos
- Claros de entender y calculables
- Útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué

Según su gestión los índices de gestión deben:

- Identificar los factores claves de la producción.
- Definir índices que los evalúen.
- Establecer registros de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer valores estándares (consigna) para dichos índices, objetivos.
- Tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.
- Se trata no sólo de efectuar un control por objetivos sino también un control de los objetivos para adecuarlos a cada circunstancia.



**Figura 1.** Estructura general del sistema de evaluación y control.

Después de realizar un estudio sobre los datos que se almacenan en la base de datos del sistema MacWin© se proponen los siguientes indicadores para la evaluación y control del mantenimiento:

**Tabla 2.** Colección de índices para la automatización de la evaluación y control del mantenimiento.

ID	Denominación del indicador	UM
1	Horas averías	Horas
2	Horas averías	USD
3	Material empleado averías	USD
4	Costo total de mto. por averías	USD
5	Horas <b>preventivo</b>	horas
6	Horas <b>preventivo</b>	USD
7	Material empleado <b>preventivo</b>	USD
8	Costo total de mto. <b>preventivo</b>	USD
9	Horas <i>predictivo</i>	horas
10	Horas <i>predictivo</i>	USD
11	Material empleado <i>predictivo</i>	USD
12	Costo total de mto. <i>predictivo</i>	USD
13	Total mano de obra	USD
14	Total materiales	USD
15	Costo total de mantenimiento	USD
16	No. de horas dedicadas a otros trabajos	horas
17	No. de horas de mto. Disponibles	horas
18	Números de horas realmente trabajadas en mto.	horas
19	Horas de parada de máquina	horas
20	Horas de presencia	horas
21	Números de horas de producción	horas
22	Costo paradas de producción por averías	USD
23	Costo total de la producción	USD
24	Personal efectivo existente en mantenimiento	horas
25	Indice de personal (general)	%
26	Indice de personal (real)	%
27	Indice de rendimiento del personal	%
28	Indice de eficiencia del personal	%
29	Personal necesario en mto. por centro de costos	horas

30	Indice de extensión del mto. preventivo (general)	[%
31	Indice de extensión del mto. preventivo (conservación)	%
32	Indice del % de reparaciones por mto. preventivo	%
33	Indice de reparaciones por avería (general)	%
34	Indice de reparaciones por avería (conservación)	%
35	Indice de porcentaje de reparación por avería	%
36	Indice costo hora del mantenimiento (general)	USD
37	Indice costo hora del mantenimiento (conservación)	USD
38	Indice del costo de mto. referido al de producción	%
39	Indice de la repercusión de las averías en el costo del artículo	%
40	Indice de la reducción de costos de mantenimiento (general y conservación)	%
41	Indice de costo hora de mto. referido a producción	USD

## 7. Automatización del sistema.

### Requisitos indispensables.

Lo primero que se debe tener en cuenta es contar con la existencia de una fuente de información donde se encuentren almacenados todos los datos referentes a la actividad de mantenimiento, de forma detallada y organizada, de la empresa donde se pretenda evaluar y controlar la gestión del mantenimiento. Por otra parte se necesita contar con una herramienta informática que sea capaz de procesar estos datos arrojando como resultados: el análisis de los indicadores propuestos.

### Vínculos con una base de datos

La poderosa Base de Datos (MacTabla) con que cuenta MacWin© constituye el principal centro de partida para elaborar la automatización del sistema de cálculo por indicadores que se propone.

MacTabla reúne todas las condiciones para garantizar los datos que se necesitan para este fin. De los 41 indicadores que se proponen calcular con solo una decena de datos obtenidos de la información que se dispone en MacTabla se logra esto.

Por lo tanto el software que se propone elaborar debe tener conexión directa con esta base de datos.

### Metodología a considerar.

La metodología que a continuación se plantea, constituye las bases y una guía para la elaboración de una herramienta informática. Destinada al tratamiento

por indicadores de la evaluación y control de la gestión del mantenimiento.

En este sentido se hizo necesario un estudio de la estructura de almacenamiento y de los vínculos existentes entre la información que manipula MacTabla. De ello se define la secuencia a seguir para la obtención de los datos necesarios.

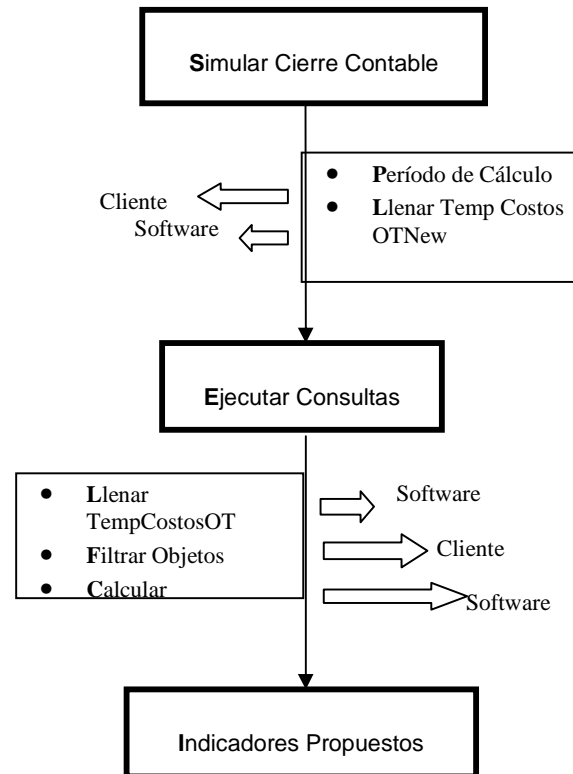


Figura 2. Diagrama para la automatización del sistema.

En el diagrama anterior se muestra quien es el responsable de cada operación o parámetro, si depende de una entrada de información por teclado por parte del *cliente* o representa una operación interna del *software* que se pretende concebir.

### Período de cálculo.

Este parámetro constituye el intervalo en que el usuario desea evaluar y controlar el juego de indicadores propuestos sobre los objetos que seleccione para el análisis. Este período, el cliente deberá proporcionárcelo al software y estará compuesto por un dato que representa la fecha de inicio (Fecha desde) y la fecha de culminación o tope del análisis (Fecha hasta).

El rango entre fechas deberá ser superior o, al menos, igual al mes para que los cálculos tengan un sentido. Un cálculo inferior a este intervalo carece de información.

La fecha tope no puede ser mayor que la fecha actual, ni la fecha de inicio podrá ser menor a la fecha más antigua con que cuenta MacTabla. El programa tiene que validar esta información, con ello se evitan posibles errores y se optimiza el tiempo de las consultas posteriores que se ejecutarán.

#### ***TempCostosOTNew.***

En MacWin© cada vez que el usuario realiza una operación de Cierre Contable, el sistema realiza una serie de consultas en las que se efectúan cálculos para este fin hasta la fecha tope que define el usuario. Simultáneamente a ello, esta información que se va obteniendo, es guardada en una tabla denominada TempCostosOTNew. Esta surge temporalmente en MacTabla como consecuencia de una consulta de creación de *tabla (TempCostosOTNew Crear Tabla hasta FechaHasta)*.

La información se guarda de forma temporal. Ello quiere decir que el software que se plantea elaborar debe crear y llenar esta tabla fuera de MacTabla. Por lo que se importará el código SQL de esta consulta y se adaptará al nuevo destino de la tabla que se considere.

#### ***TempCostosOT.***

Llenar TempCostosOT, significa que una vez que se cuente con los datos que se almacenan en la tabla TempCostosOTNew deberá crearse una copia de esta pero enmarcada dentro del rango de fechas que el usuario desea evaluar. A dicha copia, le llamaremos TempCostosOT y deberá ser manipulada y dependiente solo del software propuesto. Con esta tabla se realizarán diversos vínculos con la información contenida dentro de MacTabla.

#### **Filtrar objetos.**

El filtrado de objetos consiste en una selección por parte del usuario sobre el tipo de objeto que va a procesar a través de indicadores. Entiéndase objetos como el conjunto de Centros de Costo, Activos, Equipos o Instrumentos con los que cuenta la instalación.

La esencia de este filtrado se deriva de la necesidad que existe de centralizar o puntualizar sobre que elementos se realizará el análisis por indicadores.

**Nivel 1:** Representa la primera operación de selección que el especialista de mantenimiento deberá realizar. Solamente se requiere de la selección del concepto (Centros de Costos, Activos, Equipos o Instrumentos) que se va a evaluar. En cada proceso de evaluación y control que se efectuó solo existirá un único concepto a calcular.

**Nivel 2:** Este nivel se caracteriza por la posibilidad que tiene el usuario de realizar múltiples combinaciones en la selección de los datos contenidos en los filtros que existen para el objeto que definió anteriormente. Se debe considerar, al menos, la selección de un filtro.

**Nivel 3:** En este nivel el cliente realiza la última selección. Los datos con que se cuentan para la selección final se han obtenido de las sucesivas operaciones de filtrado. Los objetos que el usuario seleccione en este momento, representarán los elementos sobre los que se realizará el cálculo por indicadores. Por lo tanto, sus respectivos códigos, constituyen datos a localizar dentro de MacTabla.

#### **Calcular.**

El cálculo de los indicadores que se han propuesto, se efectuará sobre aquellos objetos que han sido definidos por el especialista.

Tal empresa se consigue tan solo con una decena de datos que existentes en la base de datos de MacWin©, los que se afectan por las operaciones y consultas necesarias para cada indicador analizado.

#### **Indicadores propuestos.**

La forma en que se presenten los datos será definitiva en la comprensión y en la toma de decisiones.

- Al cliente se le presentarán los objetos que sometió a evaluación y control, a través del juego de indicadores propuestos, en forma tabular. De modo que tenga una visión total de la información que se ha procesado.
- Será necesario generar reportes con toda esta información para dar la posibilidad de obtener una copia impresa de este proceso.
- La opción de almacenamiento de los resultados obtenidos es imprescindible para el estudio de los indicadores.
- Incluir un análisis del comportamiento de los objetos calculados con respecto a períodos idénticos de evaluaciones anteriores.
- Dar la posibilidad de monitoreo de valores estándares, de gestión de mto., prefijados en la empresa.

El propósito es ofrecer los datos obtenidos de la forma mejor comprensible al personal técnico, para intervenir con eficacia y rapidez en el aumento de la disponibilidad.

## 8. Conclusiones.

- Con el desarrollo de este trabajo se ha establecido una metodología a seguir para la automatización del cálculo de los indicadores propuestos. Este análisis representa una orientación y sienta las bases para la automatización del proceso de control y evaluación de indicadores. Con ello se logra tener acceso a la información, de forma orientada y puntualizada, que se necesita para emprender esta tarea.
- Esto ha permitido comenzar la programación de una herramienta informática, que se encuentra en proceso de desarrollo. Una herramienta de este tipo se hace indispensable, hoy en día, para el proceso de mejora continua de cualquier empresa.
- El nuevo software, se podrá distribuir como complemento y ayuda a los usuarios de MacWin© donde tendrán acceso a la información valiosa que brindan estos indicadores.

- La organización, gestión y planificación del mantenimiento, por consiguiente, estarán a la altura de los nuevos compromisos productivos.

## 9. Referencias.

1. Augusto, T.L.: Índices de Mantenimiento. Brasil, 1999.
2. CEIM: Gestión e Ingeniería Integral del Mantenimiento. Cuba (ISPJAE), 2000.
3. CEIM: Manual de usuario del sistema MACWIN©. Cuba (ISPJAE), 1998.
4. Sacristán, R.F.: Hacia la Excelencia en Mantenimiento. España, 1996.

## Indicators for maintenance calculation system.

### Abstract:

Today in day most of processes in modern industry and companies, in general, are automated with the objective of eliminating routine and dangerous man operations . It implies the installation of modern technology.: productive machineries, tools, control production methods and organization, changes in the company and personal infrastructure with more qualification.

Shortly, a new technological and organizational paradigm to which the company should adapt its work philosophy. High production levels in short time terms are derived, a bigger processes control acting on the existent technology. A strict organization and correct maintenance work application in the company is required. This paper presents the theoretical foundation for the elaboration of a computer system that allows to evaluate the administration maintenance through indicators. A methodology for the establishment of a calculation system that allows to automate this process is outlined, making use of the processed data in the system MacWin© database. Topics related with the administration, evaluation, reliability, organization and maintenance control are included.

**Key words:** Reliability, PDCA, standard, maintenance, indicators, automation.