



## Software eficaz para la gestión eficiente de motores en la industria

Elías V. de la Rosa    José E. Montejo  
 José M. Duclair     Alfredo Hernández

Recibido: Octubre del 2007  
 Aprobado: Diciembre del 2007

### Resumen / Abstract

En este trabajo se explica el diseño, e implementación de una herramienta capaz de controlar y gestionar eficientemente los motores eléctricos de una industria. Para ello se elaboró un software de fácil manejo que resolviera el problema y que además brindara otras opciones a los usuarios que hicieran uso del mismo. EFICAL<sup>®</sup>, controla el inventario de los motores y sus equipos accionados, sus parámetros nominales, mantenimientos y ensayos, permite calcular la eficiencia por distintos métodos y brinda además datos de catálogos de diversos fabricantes.

Palabras clave: Eficiencia, motor de inducción, gestión eficiente

This work explains the developing and application of a software tool for efficient management of electric motors in the industry. For this it was develop friendly software that solve the problem and more over gives another option to users. EFICAL<sup>®</sup>, controls the motor inventory and the equipment that they drive, their nominal parameters, maintenance, and testing; also allow the efficiency calculations by various methods and gives the catalog data of some manufacturers.

Key words: Efficiency, induction motor, efficient management

### INTRODUCCIÓN

Los motores de inducción trifásicos son los mayores consumidores de energía en el sector industrial. Esto ha motivado que, posteriormente a la crisis energética de los años 70, en muchos países desarrollados se hayan trazado políticas oficiales para estimular el cambio de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia y la toma de otras medidas que redunden en una disminución del consumo de energía de estas máquinas.<sup>1</sup>

El desarrollo actual y perspectiva de la industria y el sector de los servicios requieren de acciones encaminadas a aumentar la competitividad de las empresas, las organizaciones están enfrentando

grandes problemas en la toma de decisiones, debido a la gran cantidad de información que deben administrar y controlar durante el proceso de decisión para el logro de los objetivos y metas. El disponer de herramientas que faciliten el trabajo y acorten tiempo en gestiones de cualquier índole vinculadas a la actividad fundamental será siempre muestra de avance para cualquier empresa u organización. De ahí la necesidad de una herramienta que sea capaz de proporcionar una gestión eficiente de los motores eléctricos y que evalúe correctamente el potencial de ahorro de energía.

EFICAL<sup>®</sup> es una herramienta que se desarrolló en el marco del proyecto nacional del ahorro de energía eléctrica en motores de inducción trifásicos con el

objetivo de poder realizar una gestión eficiente de los motores eléctricos de la industria, que permita controlar los mantenimientos y detectar motores subcargados o con baja eficiencia. Esto muestra su vigencia en el tiempo de la Revolución Energética en Cuba.

**DESARROLLO**

EFICAL® es un software diseñado con el objetivo de lograr un control y gestión eficiente de motores. Fue concebido y compilado en el lenguaje de programación Borland Delphi® 7.0 y su estructura de bases de datos en Microsoft Access® 2003. El software se ofrece en un paquete de instalación automatizada para su puesta en ejecución, de un tamaño de 8.07 MB, los requerimientos para su instalación son:

**Hardware**

- Pentium 133 o superior.
- Cantidad de memoria: 32 MB o superior.
- Velocidad: 166 MHz o superior.
- Espacio libre 11,5 MB.

**Software**

Sistema operativo Windows® 9x / ME / NT / 2000 / 2003 / XP

Durante su instalación se crearán accesos directos al programa en el menú **Inicio** y en el escritorio del ordenador (opcional) para su ejecución, además se creará un acceso directo para la ayuda y desinstalación del software.

Básicamente EFICAL está ideado para la explotación en la industria, o en instituciones donde sea necesario mantener un control eficiente de los motores y equipos dentro de las áreas que conforman el lugar, su estructura se muestra en la figura 1.

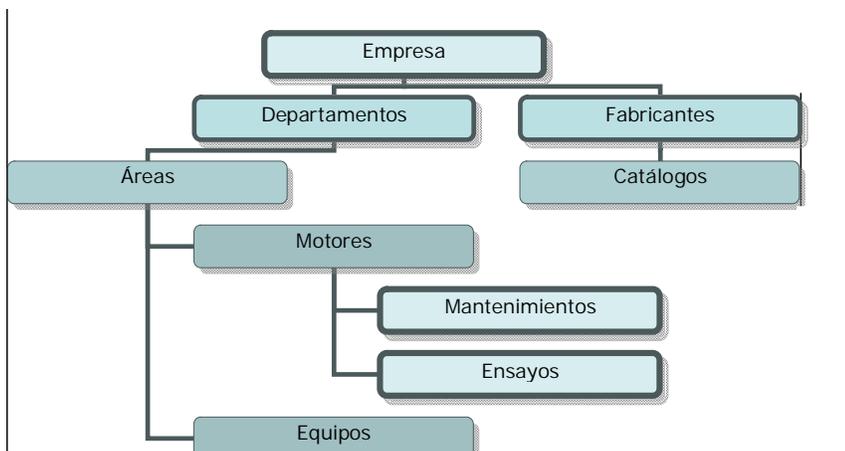
En el organigrama se observa que los elementos del programa parten desde la empresa o institución en cuestión hasta los motores con sus datos de chapa, mantenimientos y ensayos; a continuación se describirán los pasos a seguir para la explotación completa del software.

Al ejecutar el programa la primera pantalla que aparecerá será el **login** de EFICAL, esta constituye parte importante del programa, ya que de acuerdo con su nivel de usuario, serán los privilegios con que contará para la utilización del software. EFICAL establece dos tipos de usuario.

1. **Administrador:** Tendrá todos los privilegios que ofrece el programa, el administrador podrá cambiar opciones, agregar datos, etcétera.
2. **Usuario:** Solamente podrá visualizar desde cualquier pantalla, no podrá realizar cambio alguno dentro del programa.

El procedimiento para acceder al programa es muy sencillo, solo se deberá escribir el nombre de usuario y contraseña para acceder al mismo; EFICAL además ofrece la posibilidad de entrar al programa sin poseer cuenta de usuario en su BD, solamente se deberá seleccionar **Entrar como invitado** y oprimir **Aceptar**, y se tendrá los privilegios de un usuario restringido. Ver figura 2.

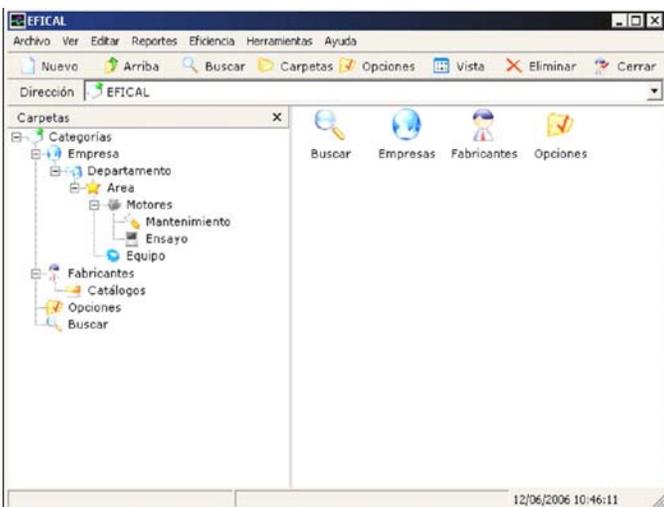
Una vez introducido el nombre de usuario y contraseña, aparecerá la pantalla principal del programa (figura 2). Desde esta se accederá a la mayoría de las opciones que ofrece el programa a través de los menús que se encuentran en la barra de herramientas y barra de menú, se podrá acceder a los distintos elementos utilizando el árbol jerárquico de la parte izquierda



**Estructura del programa.**

o dando clic sobre los elementos en el panel de la derecha, la navegación se realiza igual que en el explorador de Windows. Los botones de comando que aparecen en la barra de botones estándar tienen el mismo empleo que en el **Explorer**:

Después de la instalación y primera ejecución de EFICAL el usuario con privilegios de administrador procederá a crear los distintos elementos que componen la industria donde se pondrá en explotación el programa. El software está conformado por elementos de distinto tipo, el procedimiento para la creación de un nuevo elemento es siempre de la misma forma. Se procederá con clic derecho en la pantalla donde esté ubicado el usuario en ese momento y en el menú emergente, seleccionar **Nuevo**, la otra vía para la creación será utilizando el botón **Nuevo** de la barra de herramientas. Siempre que se crea un nuevo elemento se deberá introducir un código (obligatorio) y posteriormente en propiedades del elemento en cuestión se introducirán los demás datos requeridos por el mismo.



Pantalla principal.

2

El software basa su trabajo en la caracterización energética de los motores, para ello es necesario tener todos los datos pertinentes que son:

**Empresa:** Los datos generales de la misma, incluidos ministerio, provincia, código, etcétera.

**Caracterización de las áreas:** Son el eslabón de la producción dentro de las cuales se ubican los motores, equipos, etc. Están contenidas dentro de un departamento. La información que se necesita para caracterizar un área es la siguiente: Nombre del área, código del área, función del área, equipos contenidos dentro del área, motores contenidos dentro del área.

**Caracterización de los equipos:** Son aquellos mecanismos accionados o impulsados por los motores y se encuentran ubicados dentro de un área, la información que se necesita para su caracterización es el nombre del equipo, número representativo del equipo en la base de datos, tipo de equipo, tipo de acoplamiento, razón de reducción entre el acoplamiento y el motor, y controlador utilizado para el arranque del motor. Ver figura 3.

**Ensayos y mantenimientos:** Permite el control de los ensayos realizados y de los mantenimientos efectuados, lo que es de gran importancia. Los ensayos y mantenimientos de los motores se crearán en la pantalla **propiedades del motor**, los ensayos implementados en EFICAL son ensayo con carga, ensayo de corto circuito y ensayo de vacío, los códigos de los mismos, así como las fechas de realizados serán introducidos en esta ventana, podrán ser modificados en las ventanas de propiedades.

**Catálogos:** EFICAL puede guardar los catálogos de los fabricantes de motores, se concibió con cuatro catálogos iniciales; además, se brinda la oportunidad al usuario de agregar sus propios catálogos al programa en cualquier formato que sea soportado por el sistema operativo Microsoft Windows, dígame PDF, XLS, DOC u otro.

### Caracterización energética de los motores de inducción trifásicos

La caracterización energética de un motor de inducción trifásico es la determinación de la siguiente información, a partir de la lectura de los datos nominales y de catálogo del motor, del conocimiento de su ubicación física y entorno mecánico y de mediciones realizadas in situ:<sup>1,2</sup>

1. Datos generales y nominales del motor y su mecanismo accionado.
2. Modos de carga y sus características.
3. Potencia demandada por el mecanismo accionado para cada modo de trabajo.
4. Potencia consumida por el motor para cada modo de trabajo.
5. Energía total anual consumida en kilowatt hora (Wh) y su costo.

Desde el punto de vista energético el parámetro más significativo es la denominada eficiencia o rendimiento del motor. Es más importante al llevar a cabo la caracterización energética conocer por separado la potencia de salida y la de entrada. La de salida es la que solicita el mecanismo accionado y, por tanto, será siempre la misma, independientemente de las medidas que adoptadas excepto si estas medidas tienen que

ver con las condiciones de operación del mecanismo. (figura 4) Por otra parte, la potencia de entrada es la que se quiere disminuir en la medida de lo posible, de aquí la importancia de su determinación.

Otro parámetro muy importante es el factor de potencia el cual evalúa la parte de la corriente o, más bien, de la potencia aparente aprovechada a la entrada del motor. Su determinación es necesaria puesto que la industria es penalizada si este factor está por debajo de un límite establecido.

### Cálculos en EFICAL

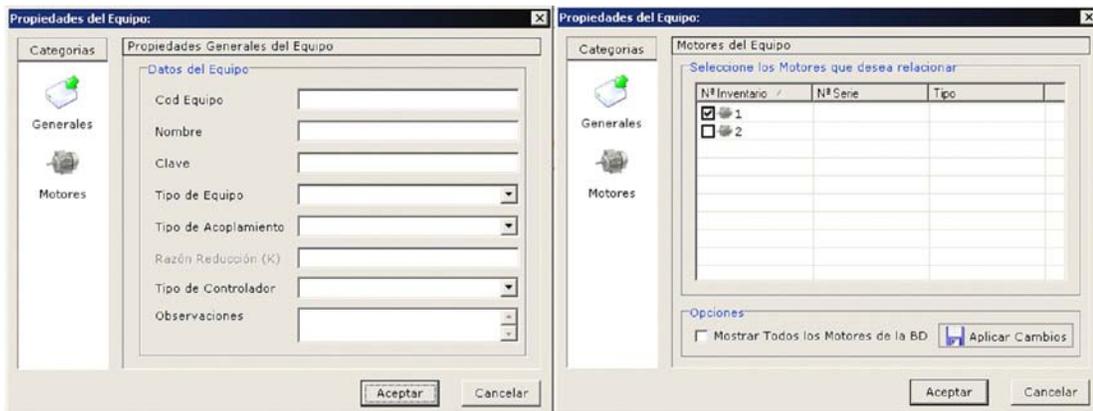
EFICAL ofrece como una de sus características, realizar el cálculo de eficiencia de los motores contenidos en su base de datos siempre y cuando se les haya realizado previamente los debidos ensayos para realizar el procedimiento. Para realizar una búsqueda de un motor

específico sin navegar a través de la BD con el botón de comando buscar, la aplicación brinda la posibilidad de realizar una búsqueda por el número de inventario y así encontrar directamente un motor específico.

### Métodos de cálculo de eficiencia implementados en EFICAL

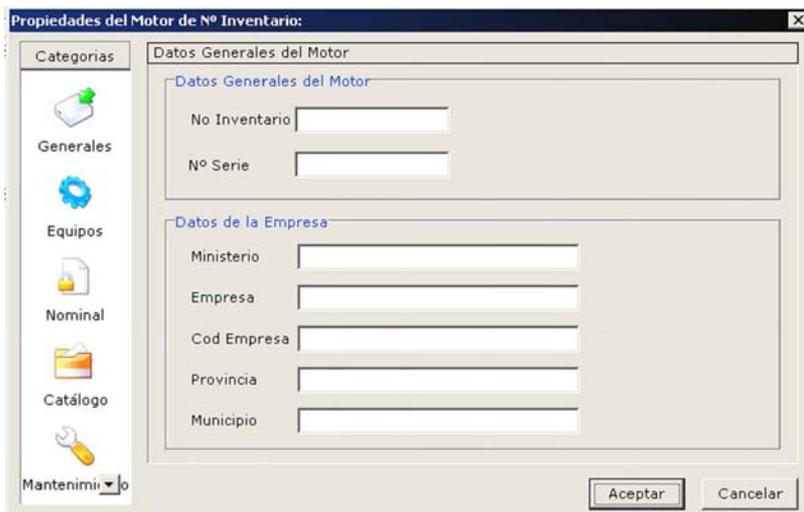
EFICAL implementa varios métodos probados de determinación de la eficiencia en condiciones de la industria, estos son:<sup>3,4</sup>

1. Método de los datos de chapa.
2. Método del deslizamiento.
  - 2.1 Midiendo el deslizamiento.
  - 2.2 Midiendo la velocidad.
3. Método de ajuste lineal de la corriente.
4. Método de segregación de pérdidas.
5. Método de estimación iterativa del deslizamiento.



Ventanas de propiedades del equipo.

3



Propiedades del motor.

4

## Opciones de EFICAL

En la pantalla de opciones de EFICAL, se brinda la posibilidad (solo para usuarios con privilegios de administrador) de eliminar y agregar una serie de parámetros preestablecidos del programa como son tipos de acoplamientos, tipos de controladores, tipos de equipos, valores de voltajes, así como se podrá agregar o quitar usuarios al programa con el nivel de acceso deseado, ya sea administrador o usuario restringido. Los usuarios restringidos podrán visualizar y realizar cálculos de eficiencia además de visualizar los distintos tipos de reportes que genera el programa, pero no podrán realizar cambio alguno, llámese agregar o quitar elementos de cualquier tipo ni cambiar características propias de los elementos contenidos en el software. Ver figura 5.



Asistente para opciones.

5

## Asistente para gráficos

La pantalla del asistente para gráficos de EFICAL, es una facilidad que brinda el programa para graficar y obtener una comparación estadística de los motores de la BD de acuerdo con criterios de selección o comparación que puede elegir el usuario; están implementados como criterios: Velocidad, potencia, tipo de motor, voltaje. Una vez que se obtiene el gráfico se podrán realizar las operaciones de impresión o exportar la información hacia la ubicación que elija el usuario de EFICAL. La operación del asistente es muy simple, solo se deberán escoger los motores que aparecerán listados y oprimir el botón **Vista Previa** para realizar el gráfico, las opciones de imprimir o exportar se realizan utilizando los botones de comando con el mismo nombre. Ver figura 6.

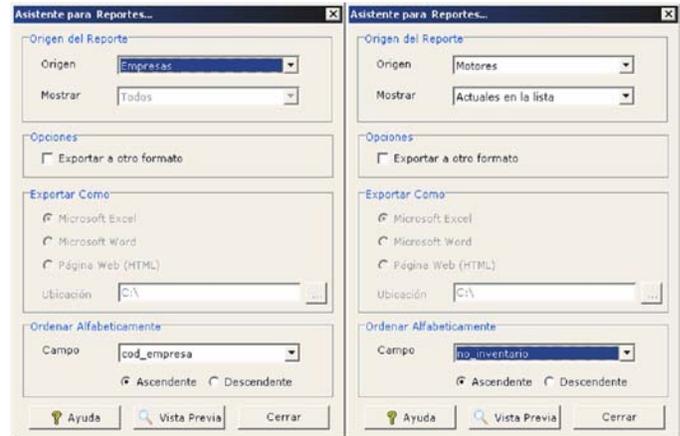


Pantalla del asistente para gráficos.

6

## Asistente para informes

La pantalla del asistente para informes de EFICAL, es otra de las facilidades que brinda el software, se podrán crear informes de los elementos empresas, departamento, áreas, motores, equipos y fabricantes desde este asistente. Los reportes se podrán visualizar o exportar a varios formatos en una ubicación escogida por el usuario; la operación con este asistente es muy sencilla, solo deberá escoger el origen de los informes (que son los elementos que desea visualizar) y oprimir el botón de comando **Vista Previa**, o **Guardar** en dependencia de que se quiera visualizar o guardar el informe, a este asistente se accederá a través del menú. Ver figura 7.



Pantalla del asistente para informes.

7

El asistente ofrece además la posibilidad de visualizar en el caso de los motores, todos los motores en la base de datos o solo los que estén en ese momento listados en pantalla, es decir, que si se encuentra dentro de un área, podrá listar solo los motores de dicha área.

## Otros reportes a generar en EFICAL

A través del menú **Reportes** antes mencionado, además del asistente, se podrán crear reportes de los motores que están en el inventario del programa, algunos de los datos de dichos motores estarán recogidos en este reporte con todas las opciones posibles que brinda el programa.

Por último si se quieren generar reportes de motores específicos, cuando el usuario de EFICAL esté situado en un área cualquiera, al dar clic derecho sobre un motor, en el menú emergente aparecerá **Reportes**, con este submenú se podrán generar tres tipos de informes

1. Planilla de datos de los motores de inducción.
2. Planilla de ensayos realizados al motor.
3. Planilla de mantenimientos realizados al motor.

El formato de estos informes se realizó con vistas a ser utilizados en el país por los trabajadores sociales en la segunda fase de la implantación de la tecnología de puestos claves.

### Ayuda de EFICAL

El software trae implementado una ayuda básica que podrá ser llamada desde cualquiera de las ventanas de la aplicación, en esta se tratan los temas principales que se necesitan para su explotación. El mismo posee hipervínculos para conectar sus diversos temas. Además, se implementó la pantalla **Acerca de...** que brinda información de la versión del programa y del sistema operativo. Ver figura 8.

El software ha sido registrado en el Registro de la Propiedad Intelectual e Industrial y se ha probado al menos en tres industrias en dos provincias del país con resultados satisfactorios, actualmente se trabaja en la confección de la versión 2.0 que agregará herramientas de toma de decisión inteligentes.



Acerca de EFICAL.

8

### CONCLUSIONES

1. El software EFICAL, es una herramienta de ambiente amigable que cualquier usuario con conocimientos básicos de computación puede utilizar.
2. El software facilita la gestión eficiente de motores al organizar los datos necesarios y calcular la eficiencia de trabajo por varios métodos industriales.
3. Los resultados de la aplicación en la industria en el proyecto ahorro de energía en los motores eléctricos desarrollado en varias industrias han demostrado su utilidad práctica.

### REFERENCIAS

1. **Costa Montiel, Ángel:** "Curso de caracterización energética y ahorro de energía en motores de inducción", CIPEL, Cujae, Ciudad de La Habana, 2005.

2. GE INDUSTRIAL SYSTEMS. AC Motor Selection and Application Guide, 2001.

3. NORMA IEEE-112 Induction Machines Test Methods.

4. **Rosa Masdueño, Elías V. de La:** "Metodología para la determinación y mejoramiento de la eficiencia de los motores asincrónicos en la industria", Universidad de Camagüey, Cuba, 1998.

### AUTORES

#### Elías V. de la Rosa Masdueño

Ingeniero Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Profesor Auxiliar, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba  
e-mail: elias.delarosa@reduc.edu.cu

#### José M. Duclair

Ingeniero Electricista, Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA), Camagüey, Cuba  
e-mail: sobrino@cmg.etcscs.cu

#### José E. Montejo Sivilla

Ingeniero Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Profesor Auxiliar, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba  
e-mail: jose.montejo@reduc.edu.cu

#### Alfredo Hernández Rosales

Ingeniero Electricista, Instructor, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba  
e-mail: alfredo.hernandez@reduc.edu.cu

