

# Design and modification of fins to improve efficiency in an electrical engine

## Diseño y modificación de aletas para mejorar la eficiencia en un motor eléctrico

Dario Borja Soto<sup>1</sup> Cristina Muñoz Gallegos<sup>2</sup> Andres Moreno Constante<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador  
E-mail: dxborja@uce.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador  
E-mail: mgca1024064@gmail.com

<sup>3</sup> Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador  
E-mail: asmorenoc@uce.edu.ec

### RESUMEN

Este trabajo de investigación se basa en el mejoramiento de la eficiencia de un motor eléctrico al mejorar su disipación de energía, a partir de sus propiedades físicas y mecánicas de la constitución estándar de los motores que se comercializan en el mercado ecuatoriano, debido a que la crisis mundial energética, lo que ha provocado la optimización de recursos.

Los principales problemas que se generan en este tipo de motores son el exceso de temperatura cuando sobrepasaba los 130°C y su nivel de RPM, por lo general son utilizados en la industria y las exigencias a las que van a ser sometidos. Mediante una metodología experimental en el cual se parten de datos tomados en un motor eléctrico y un método cuantitativo se efectúa la comparación de datos para su conclusión mediante el método de deducción.

Los resultados parte del análisis de los parámetros iniciales y fórmulas necesarias para la obtener la mejora en el diseño en el cual se opta por un perfil de aletas parabólico recto con el que la eficiencia de la disipación de calor aumenta de 97 al 98%; y su capacidad de transferencia de calor se beneficia en un 22% más.

Con los datos obtenidos se pudo determinar matemáticamente y por simulación computación

que es viable convertir el perfil de las aletas de un motor eléctrico de 1 HP de recto a un perfil parabólico recto.

**Palabras clave**-- Disipación calor, Eficiencia térmica, Motor eléctrico, Perfil aletas disipadoras, Termodinámica.

### ABSTRACT

This research work is based on improving the efficiency of an electric motor by improving its energy dissipation, based on its physical and mechanical properties of the standard constitution of the motors that are marketed in the Ecuadorian market, due to the fact that the world energy crisis has caused the optimization of resources.

The main problems that are generated in this type of engines are the excess of temperature when it exceeded 130 ° C and their RPM level, they are generally used in the industry and the demands to which they are going to be subjected. By means of an experimental methodology in which data taken from an electric motor and a quantitative method are started, the data is compared for its conclusion using the deduction method.

The results are based on the analysis of the initial parameters and options necessary to obtain the improvement in the design in which a straight parabolic fin profile is chosen with which the

efficiency of heat dissipation increases from 97 to 98%; and its ability to transfer calories benefits 22% more.

With the data obtained, it was possible to determine mathematically and by computer simulation that it is feasible to convert the profile of the fins of a 1 HP electric motor from straight to a straight parabolic profile.

**Keywords**-- Heat dissipation, Thermal efficiency, Electric motor, Heatsink fins profile, Thermodynamics.

## 1. INTRODUCCIÓN

La crisis energética y ambiental ha sido un punto importante para el gran impulso visualizado en los últimos años en la implementación de políticas que fomenten el aumento de la eficiencia energética en los equipos consumidores de electricidad. Los sistemas accionados con motores eléctricos son los principales consumidores de la energía eléctrica, esto ha sido crucial para el desarrollo de eficiencia en la producción y funcionamiento de los mencionados motores. (Rosero Garcia et al., 2018)

Los sistemas accionados con motores con su propulsión u accionamiento eléctricos se dividen por campos de importancia, lo que consumen el 46% de la energía eléctrica mundial aproximadamente, (Waide, 2010) considerando que la producción de electricidad a nivel mundial se lo realiza con el uso de maquinaria y equipos que funciona mediante combustible fósiles. (International Energy Agency, 2017) Tomando en cuenta la eficiencia de la operación de los motores eléctricos se puede incrementar por su gestión energética, tomando en cuenta sus cambios en el diseño, y por estrategias de operación óptima. (González Adriana, Quispe Enrique, 2013)

El funcionamiento actual del diseño, así como su disipación de calor de las aletas de los motores

eléctricos, se basa en disminuir la temperatura en el devanado sobre la temperatura ambiente, esto se da por la transferencia de calor del devanado hacia las aletas, el interés es reducir la temperatura interna del motor y mejorar de esta forma la transferencia de calor, logrando tener una mayor eficiencia y una baja de temperatura interna. El motor presente en este estudio trabaja a 1500 R.P.M, a temperatura máxima de 130 °C y una potencia de 1HP.

El presente artículo de investigación tiene como objetivo demostrar la disminución de calor en el funcionamiento de un motor eléctrico basándose en la disipación de calor mediante transferencia de calor por convección entre el devanado y el aire ambiente.

## 2. DESARROLLO

El estudio se parte usando una metodología experimental en el cual se usa los datos tomados en un motor eléctrico comercial de 1 hp para mejorar su transferencia de calor en la edición del diseño de sus aletas disipadores, usando un método cuantitativo se efectúa la comparación de datos obtenidos por parte del elemento estándar y mejorado, y mediante deducción poder dar la mejor alternativa para el diseño de disipación del motor eléctrico de 1hp obteniendo el mayor provecho posible.

La investigación inicia en el análisis de los parámetros iniciales y fórmulas necesarias para la deducción de los valores necesarios para el estudio, se debe tener en cuenta que la transferencia de calor por convección, depende de la presencia de algún movimiento masivo del fluido (Yunus A., 2013).

Las fórmulas requeridas para el estudio de la transferencia de calor fueron obtenidas en las escrituras del libro de Yunus, (Yunus A., 2013); las cuales se describen a continuación

Ley de enfriamiento de Newton

$$\dot{Q}_{conv} = h * A_s(T_s - T_{\infty}) \quad (1)$$

Donde:

$\dot{Q}_{conv}$  = Transferencia calor convección. [W]

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A_s$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

$T_s$  = Temperatura de la superficie. [°C]

$T_\infty$  = Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. [°C]

La razón de transferencia de calor se la obtendrá mediante

$$\dot{Q} = k * A \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (2)$$

Donde:

$\dot{Q}$  = Transferencia calor convección. [W]

$k$  = Conductividad térmica. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

$T_1$  = Temperatura de la superficie inicial. [°C]

$T_2$  = Temperatura de la superficie final. [°C]

La resistencia por conducción, para lo cual se describe en la ecuación 4 a partir de la ecuación 3.

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{T_2 - T_1}{R_{cond}} \quad (3)$$

Donde:

$\dot{Q}_{cond}$  = Transferencia calor conducción. [W]

$R_{cond}$  = Resistencia térmica por contacto.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$A$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

$T_1$  = Temperatura de la superficie inicial. [°C]

$T_2$  = Temperatura de la superficie final. [°C]

$$R_{cond} = \frac{L}{k * A} \quad (4)$$

Donde:

$R_{cond}$  = Resistencia térmica por contacto.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$A$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

$k$  = Conductividad térmica. [W/m \* °C]

$L$  = Longitud; mitad del espesor de una pared plana. [m]

Mientras que la resistencia por convección se visualiza en la ecuación 6 partiendo de la ecuación 5.

$$\dot{Q}_{conv} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}} \quad (5)$$

Donde:

$\dot{Q}_{conv}$  = Transferencia calor convección. [W]

$T_s$  = Temperatura de la superficie. [°C]

$T_\infty$  = Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. [°C]

$R_{cond}$  = Resistencia térmica por contacto.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$$R_{conv} = \frac{1}{h * A_s} \quad (6)$$

Donde:

$R_{cond}$  = Resistencia térmica por contacto.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A_s$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

La resistencia por radiación, es esencial para el estudio de transferencia de calor por lo cual se obtiene con la ecuación 8 partiendo de la ecuación 7.

$$\dot{Q}_{rad} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{rad}} \quad (7)$$

Donde:

$\dot{Q}_{rad}$  = Transferencia calor radiación. [W]

$T_s$  = Temperatura de la superficie. [°C]

$T_\infty$  = Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. [°C]

$R_{rad}$  = Resistencia térmica por radiación.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$$R_{rad} = \frac{1}{hrad * A_s} \quad (8)$$

Donde:

$R_{rad}$  = Resistencia térmica por radiación.

[m<sup>2</sup> · °C/W]

$hrad$  = Coeficiente de transferencia de calor por

radiación. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A_s$  = Área superficial de transferencia de calor. [m<sup>2</sup>]

El cálculo de áreas y características de las aletas rectangulares rectas se visualizan es las ecuaciones 9, 10 11.

$$m = \sqrt{\frac{2h}{k*t}} \quad (9)$$

Donde:

$m$  = Fracción de masa. [1/kg]

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$k$  = Conductividad térmica. [W/m · °C]

$t$  = Espesor. [m]

$$Lc = L + \frac{t}{2} \quad (10)$$

Donde:

$Lc$  = Longitud característica o corregida. [m]

$L$  = Longitud; mitad del espesor de una pared plana. [m]

$t$  = Espesor. [m]

La fórmula del área de la aleta se evidencia en la ecuación 11.

$$A_{aleta} = 2wLc \quad (11)$$

Donde:

$A_{aleta}$  = Área superficial de transferencia de calor aleta. [m<sup>2</sup>]

$Lc$  = Longitud característica o corregida. [m]

$w$  = Ancho de aleta. [m]

Para la eficiencia en las aletas se aplica la ecuación 12.

$$n_{aleta} = \frac{\tanh mLc}{mLc} \quad (12)$$

Donde:

$n_{aleta}$  = Eficiencia de la aleta

$Lc$  = Longitud característica o corregida. [m]

$m$  = Fracción de masa. [1/kg]

La razón de la transferencia de calor por convección natural desde las aletas se puede determinar a partir de la ecuación 13

$$Q_{aleta} = n_{aleta} * h * A_{aleta}(T2 - T1) \quad (13)$$

Donde:

$Q_{aleta}$  = Razón de la transferencia de calor por convección. [W]

$n_{aleta}$  = Eficiencia de la aleta

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A_{aleta}$  = Área superficial de transferencia de calor aleta. [m<sup>2</sup>]

$T1$  = Temperatura de la superficie inicial. [°C]

$T2$  = Temperatura de la superficie final. [°C]

La evaluación de la conveniencia de uso de aletas para el sistema de disipación de Energía se lo representa como E y se usa la fórmula 14, la misma que si es mayor a 2 justifica su uso adecuado.

$$E_{aleta} = \frac{Q_{aleta}}{h * A_b * (T_b - T_{\infty})} \quad (14)$$

Donde:

$E_{aleta}$  = Evaluación de la conveniencia de uso de aletas

$Q_{aleta}$  = Razón de la transferencia de calor por convección. [W]

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/m<sup>2</sup> \* °C]

$A_b$  = Área superficial de transferencia de calor aleta. [m<sup>2</sup>]

$T_b$  = Temperatura de la superficie. [°C]

$T_{\infty}$  = Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. [°C]

Al modificar la cantidad, separación, dimensión y ángulo de las aletas se puede determinar el rendimiento del equipo. Que un motor trabaje a temperaturas óptimas permite que su trabajo sea más eficaz y su rendimiento mayor, la tendencia que se evidencia en la producción es generar

innovaciones en la refrigeración de motores que buscan cumplir con estas demandas de temperatura. (Quispe, 2001)



Figura 1: Motor eléctrico 1HP comercial  
Fuente: (Quispe E. C., 2013)

La ejecución del análisis matemático para las aletas parabólicas rectas posee fórmulas matemáticas distintas por su perfil en comparación a las rectas, la variable de corrección C1 se usa la ecuación 15; el área de aleta con la ecuación 16 y para finalizar con el cálculo de la eficiencia de su perfil con la ecuación 17, considerando que los datos de energía son los mismos.

$$C_1 = \sqrt{1 + (t/L)^2} \tag{15}$$

Donde:

- C1 = Longitud característica o corregida. [m]
- L = Longitud; mitad del espesor de una pared plana. [m]
- t= Espesor. [m]

$$A_{aleta} = wL \left[ C_1 + \left( \frac{L}{t} \right) \ln \left( \frac{t}{L} + C_1 \right) \right] \tag{16}$$

Donde:

- A<sub>aleta</sub> = Área superficial de transferencia de calor aleta. [m<sup>2</sup>]
- C1 = Longitud característica o corregida. [m]
- L = Longitud; mitad del espesor de una pared plana. [m]
- w = Ancho de aleta. [m]
- t= Espesor. [m]

$$n_{aleta} = \frac{2}{1 + \sqrt{(2mL)^2 + 1}} \tag{17}$$

Donde:

- n<sub>aleta</sub> = Eficiencia de la aleta
- L = Longitud; mitad del espesor de una pared

plana. [m]  
m = Fracción de masa. [1/kg]

Los datos iniciales fueron adquiridos por un motor eléctrico Estándar, que se puede visualizar en la investigación de (Quispe E. C., 2013), los mismos se especifican en la tabla 1, tomando en cuenta que la temperatura donde se adquirieron los datos es ambiente 20°C.

Tabla 1  
Características del sistema actual

CARACTERISTICA	VALOR
Peso	11 [kg]
Consumo	5.22 [Amp.]
Índice de protección	IP 44/F
Factor de potencia	0.92
Alimentación	220 [V] / 50 [Hz]
Velocidad	1500 [RPM]
Potencia	1 [HP]
Temperatura máxima de trabajo	130 [°C]
Material	Hierro fundido

Fuente: Propia

Materiales y equipos utilizados durante la investigación

- Calibrador pie de rey
- Autodesk Inventor 2017
- Complemento CFD

El diseño original, con el cual se parte consta de aletas de enfriamiento rectas de sección transversal uniforme, las mismas que se observa en la figura 1, y en el simulador CAD se visualiza en la figura 2.

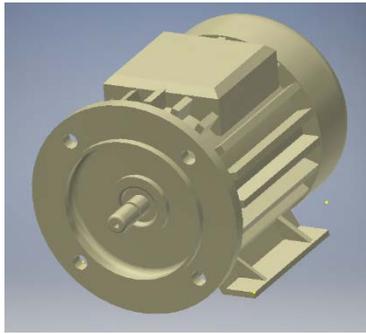


Figura 2: Motor eléctrico 1HP comercial simulación  
Fuente: propia

Según el estudio de (Ek, 2015), manifiesta que optar por aletas parabólicas rectas es una alternativa válida para el mejoramiento en la disipación de energía en el motor, el nuevo diseño tentativo se evidencia en la figura 3. La modificación se efectuó en el simulador computacional Inventor, en el mismo se realizó la esquematografía.



Figura 3: Motor eléctrico 1HP comercial simulación aletas parabólicas  
Fuente: propia

El estudio de la mejora computacional en la disipación de energía se basa en el cambio de aleta recta sin mejora a las aletas parabólicas, los mismos que están fundamentados en cálculos matemáticos, con los que se pueden obtener resultados que fortalecen la hipótesis experimental que se ejecutó en la simulación

### 2.1 Cálculos de aletas rectas sin mejora del diseño

Datos:

- $T_b = 130^{\circ}C$

- $k = 15.1 \frac{W}{m^{\circ}K}$
- $t = 4x10^{-3}m$
- $L = 8mm$
- $w = 113mm$
- $h = 25 \frac{W}{m^2^{\circ}K}$
- $T_{\infty} = 20^{\circ}C$

Para la ejecución del cálculo, se basa en el perfil y dimensionamiento de la aleta de disipación de energía como se aprecia en la figura 4, la que demuestra que es recta.

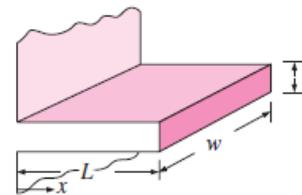


Figura 4: Perfil aleta recta motor eléctrico 1HP.  
Fuente: (Yunus A., 2013)

Con el uso de la ecuación 9 se sustituyen datos y se opera.

$$m = \sqrt{\frac{2h}{k * t}} = \sqrt{\frac{2(25W/m^2.{}^{\circ}K)}{\left(15.1 \frac{W}{m^{\circ}K}\right) (4x10^{-3})}} = 28.77 m^{-1}$$

La longitud corregida se consigue con la ecuación 10 se sustituyen datos y se opera.

$$L_c = L + \frac{t}{2} = 8x10^{-3} + \frac{4x10^{-3}}{2} = 0.01m$$

El área de la aleta se necesita el uso de la ecuación 11 al reemplazar datos adquiridos en variables con ecuaciones previas.

$$A_{aleta} = 2wL_c = 2(0.113m)(0.01m) = 2.26x10^{-3}$$

La eficiencia que posee los elementos, en el caso de la investigación la aleta se usa la ecuación 12, se reemplazan datos y se obtiene el resultado.

$$n_{aleta} = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} = \frac{\tanh(28.77 * 0.01)}{28.77 * 0.01} = 0.97$$

La transferencia de calor que puede disipar las aletas se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 13 con los datos base y datos obtenidos en ecuaciones previas.

$$Q_{aleta} = 0.97 * \frac{25W}{m^2 * ^\circ K} * 2.26x10^{-3} m^2 * (403 - 293) = 6.02 W$$

La evaluación de la conveniencia de uso de aletas para el sistema de disipación de Energía, y con esto determinar si su aplicación es idónea se usa la ecuación 14.

$$E_{aleta} = \frac{6.02 W}{\frac{25W}{m^2 * ^\circ K} * (4.52x10^{-4} m^2)(403 - 293)^\circ K} = 4.84$$

**2.2 Cálculos de aletas modificadas. (Aletas parabólicas rectas)**

Para la toma de los nuevos datos se enfoca en el diseño computacional y su mejor respuesta al ejecutar un proceso de prueba y error, el diseño que mejores prestaciones se obtuvo con los parámetros a continuación descritos, tomando en cuenta el cambio de perfil de la aleta de disipación.

Datos:

- $T_b = 130^\circ C$
- $k = 15.1 \frac{W}{m * ^\circ K}$
- $t = 5x10^{-3}$
- $L = 9mm$
- $w = 113mm$
- $Az=0,4 m$
- $h = 25 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$
- $T_\infty = 20^\circ C$

La ejecución del cálculo con el nuevo perfil, se basa en el dimensionamiento de la aleta de disipación parabólica recta de energía como se aprecia en la figura 5.

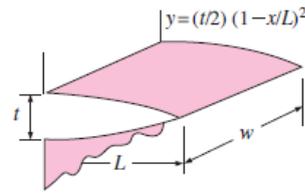


Figura 5: Perfil aleta parabólica recta motor eléctrico. Fuente: (Yunus A., 2013)

Con el uso de la ecuación 9 se sustituyen datos y se opera, para obtener la fracción de masa.

$$m = \sqrt{\frac{2h}{k * t}} = \sqrt{\frac{2 \left( \frac{25W}{m^2} \cdot ^\circ K \right)}{\left( 15.1 \frac{W}{m^\circ K} \right) (5x10^{-3})}} = 25.73 m^{-1}$$

El factor de corrección para la aleta parabólica se obtiene con el uso de la ecuación 15.

$$C_1 = \sqrt{1 + (t/L)^2}$$

$$C_1 = \sqrt{1 + (5x10^{-3}m/9x10^{-3}m)^2}$$

$$C_1 = 1.14$$

El área de la aleta se calcula a partir del factor de corrección con el uso de la ecuación 16.

$$A_{aleta} = wL \left[ C_1 + \left( \frac{L}{t} \right) \ln \left( \frac{t}{L} + C_1 \right) \right]$$

$$A_{aleta} = 0.113m * 9x10^{-3}m * \left[ 1.14 + \left( \frac{9x10^{-3}}{5x10^{-3}} \right) * \ln \left( \frac{5x10^{-3}}{9x10^{-3}} + 1.14 \right) \right]$$

$$= 2.89 x 10^{-3}$$

La eficiencia para este perfil se usa la ecuación 17.

$$n_{aleta} = \frac{2}{1 + \sqrt{(2mL)^2 + 1}}$$

$$n_{aleta} = \frac{2}{1 + \sqrt{(2(25.73)(9x10^{-3})^2 + 1)}} = 0.98$$

La transferencia de calor que puede disipar las aletas se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 13.

$$Q_{aleta} = n_{aleta} * h * A_{aleta} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{aleta} = 0,98 * \frac{25W}{m^2 * ^\circ K} * 2,89 \times 10^{-3} m^2$$

$$(403 - 293) = 7,78 W$$

La evaluación de la conveniencia de uso de aletas para el sistema de disipación de Energía, y con esto determinar si su aplicación es idónea se usa la ecuación 14.

$$E_{aleta} = \frac{Q_{aleta}}{h * A_b * (T_b - T_\infty)}$$

$$= \frac{7,78 W}{\frac{25W}{m^2 * ^\circ K} * (5,65 \times 10^{-4} m^2) (403 - 293) ^\circ K}$$

$$= 5,83$$

Las resistencias del sistema es un factor crucial para el análisis de los datos obtenidos con la aleta parabólica recta, y así lograr un análisis apropiado al conjunto, más no al elemento individual, por lo que se ocupan las ecuaciones 4, 5 y 6, respectivamente.

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A_z} = 0,1 K/w$$

$$R_{cond} = \frac{L}{K \cdot A_s} = 15,09 K/w$$

$$R_{rad} = \frac{1}{h \cdot A_s} = 1,9 ^\circ K/w$$

$$RT = 17,09 ^\circ k/W$$

$$Q = \frac{\Delta T}{RT} = \frac{403 - 293 ^\circ K}{17,09 ^\circ K/w} = 6,43 W$$

### 3. RESULTADOS

Los valores relevantes de los cálculos se evidencian en la tabla número 2 en la cual se especifica la eficiencia alcanzada en los dos diseños estándar y modificado, así también la capacidad de disipación de calor y la evaluación de la conveniencia de uso de aletas para el sistema de disipación de Energía

Tabla 2

Comparativa de valores generados mediante cálculos.

MOTOR SIN MODIFICAR	MOTOR MODIFICADO
$n_{aleta} = 0,97$	$n_{aleta} = 0,98$

$$Q_{aleta} = 6.02 W$$

$$Q_{aleta} = 7.78 W$$

$$E_{aleta} = 4.84$$

$$E_{aleta} = 5.83$$

Fuente: Propia

Un factor para visualizar los resultados, se especifica la simulación computacional en la cual se especifica los resultados de las condiciones de diseño y simulación en el software en la tabla 3.

Tabla 3

Condiciones de simulación

CARACTERISTICA	VALOR
Temperatura trabajo	130°C
Temperatura ambiente	20°C
Tipo de fluido	Aire
Velocidad del fluido	0.5 m/s
Presión	0
Material	Hierro

Fuente: Propia

### 3.1 Simulación en CFD

El resultado de la simulación del motor eléctrico se evidencia en la figura 6, en base a condiciones de frontera, para su posterior simulación

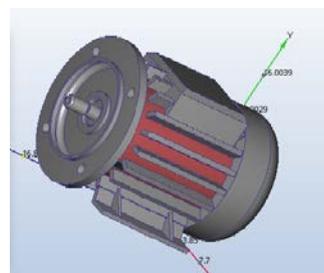


Figura 6: Simulación con condiciones de frontera de motor eléctrico

Fuente: Propia

Para la simulación se procedió a la transformación

en mallado del elemento, en este resultado se deben efectuar para los dos tipos de aletas.

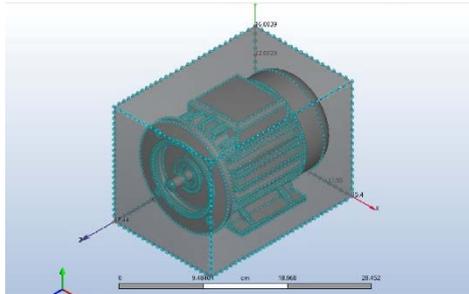


Figura 7: Simulación con mallado de motor eléctrico.  
Fuente: Propia

La simulación del motor eléctrico con aletas de enfriamiento rectas sin modificación se verifica en la figura 8, en el cual se resalta un campo muy definido de disipación de calor, sin cambios bruscos, así como en la figura 10 las curvas características de su comportamiento a la simulación.

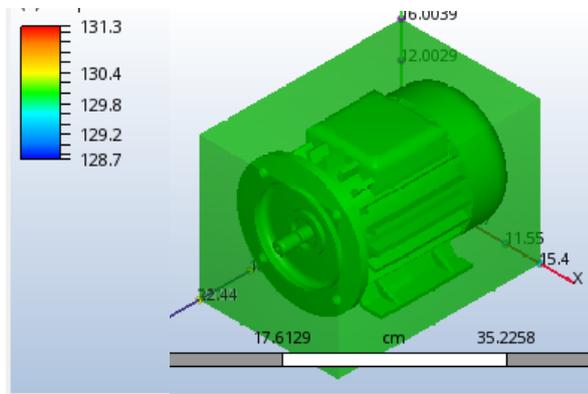


Figura 8: Simulación comportamiento de motor eléctrico sin modificaciones en aletas.  
Fuente: Propia

Al efectuar la modificación en las aletas de disipación del motor eléctrico se muestra el comportamiento del medio en la figura 9, en el cual se evidencia un cambio acelerador de temperatura con su entorno.

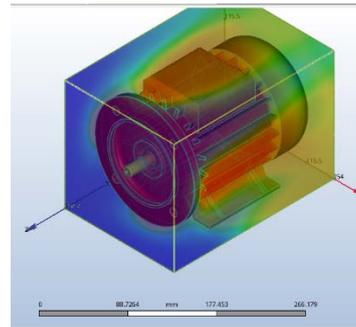


Figura 9: Simulación comportamiento de motor eléctrico con modificaciones en aletas.  
Fuente: Propia

#### 4. DISCUSIÓN

Al diseñar y modificar las aletas para el mejoramiento de la eficiencia de un motor se logró plantear los resultados obtenidos que se dieron a conocer gracias a la resolución de las ecuaciones realizadas con datos de un motor en condiciones de trabajo y de esta forma evidenciar la mejora de la eficiencia de un 97 a un 98%.

La capacidad de disipación de calor se elevó de 6.02 a 7.78 W con un incremento del 29.24%, por lo que su comportamiento será mejor al tener almacenada menos energía en su interior por su mejora en la capacidad de disipación.

La evaluación de la conveniencia de uso de aletas para el sistema de disipación de energía, fue favorable en los análisis ya que, se obtuvo que para que sea viable debe superar el valor el valor a 2 en el un caso estándar es 4.84 y 5.83 con la modificación.

En las gráficas de simulación computación se logra apreciar que la figura 9 la disipación del motor eléctrico con aletas parabólicas rectas tiene una mejor transferencia de calor la cual provoca que el medio sufra alteraciones de color amarillo y rojo en sus puntos más calientes, no así en la figura 9 que todo el campo se encuentra de verde sin una disipación aceptable

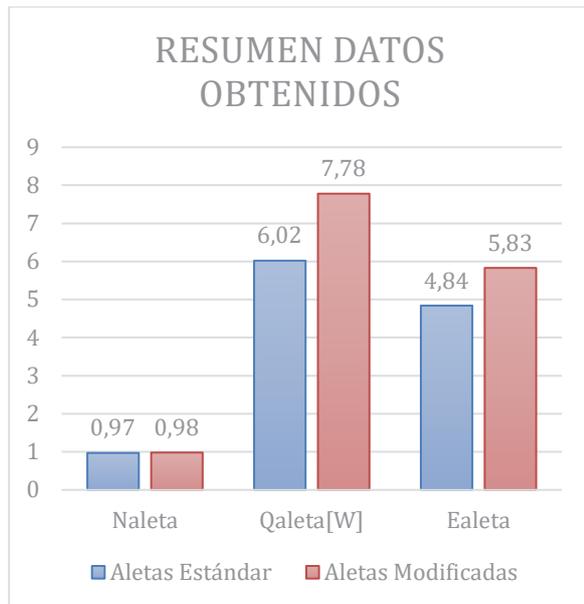


Figura 10: Resumen resultados obtenido del motor eléctrico con y sin modificaciones en aletas.  
Fuente: Propia

## 5. CONCLUSIONES

Luego de haber finalizado la investigación sobre la modificación de aletas en un motor, se puede concluir que la eficiencia de las aletas parabólicas rectas es de 0.98 mientras que las aletas rectangulares rectas 0.97 lo cual demuestra una mejora significativa para el funcionamiento y desempeño del motor, de igual forma por medio del diseño computarizado se evidencia la mayor disipación con la mejora.

Mediante la simulación en CFD se concluye que la temperatura generada al interior del motor por el movimiento mecánico va a disiparse hacia el ambiente con una mayor velocidad de transferencia de calor con las aletas parabólicas rectas, la capacidad de disipación de calor se elevó de 6.02 a 7.78 W con un incremento del 29.24%.

Al tener mejor disipación de temperatura en el motor se logra mayores RPM (revoluciones por minuto), incrementar la vida útil, y desarrollar una mayor tiempo de vida útil, el cual se recomienda como complemento de la investigación.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, quienes conformamos el Consejo Editorial de Revista de Investigación Tecnológica del IST Central Técnico, recalcan la importancia de la claridad que deberá tener en trabajo científico en las conclusiones alcanzadas. Las mismas deberán resaltar las contribuciones más importantes en relación con otras metodologías del estado del arte, así como las deficiencias y problemas que hayan surgido en el desarrollo de la misma, que permitan vislumbrar trabajos futuros y solucionar rápidamente los problemas que se puedan suscitar.

Es importante aclarar que los Trabajos Técnicos que no atiendan las instrucciones establecidas en la presente Guía serán devueltos a los Autores para que realicen las debidas correcciones, respetando los plazos vigentes. El incumplimiento de los plazos podrá dar lugar a la devolución del trabajo. El Consejo Editorial de Revista de Investigación Tecnológica del IST Central Técnico no asume ninguna responsabilidad con respecto a las correcciones necesarias o al contenido de los trabajos en la cual estén conformes a las exigencias establecidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González Adriana, Quispe Enrique, C. R. (2013). La Industria Del Cemento Por Proceso Húmedo a Integral De La Energía. *Dyna*, 80, 115–123.
- Mesalhy, O., Rath, C., Rini, D., Kizito, J., Leland, Q., & Chow, L. (2020). A parametric fin structure design study for cooling aerospace electro-mechanical actuators with high-speed axial fans. *Heat and Mass Transfer/Waerme-Und Stoffuebertragung*, 56(5), 1565–1577. <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02791-y>
- Putra, N., & Ariantara, B. (2017). Electric motor thermal management system using L-shaped flat heat pipes. *Applied Thermal Engineering*, 126, 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.090>
- Ramakrishna, D., Basak, T., Roy, S., & Pop, I. (2012). Numerical study of mixed convection within porous

- square cavities using Bejan's heatlines: Effects of thermal aspect ratio and thermal boundary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(21–22), 5436–5448. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.04.058>
- Rosero Garcia, J. A., Quispe Oqueña, E. C., & Castrillon Mendoza, R. D. P. (2018). Trends in standardization, technology development and applications of energy efficient motors/Tendencias en la normatividad, el desarrollo tecnológico y la aplicación de motores eléctricos de alta eficiencia. *Prospectiva*, 16(1), 83–90. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i1.1448>
- Waide, P. (2010). Phase out of incandescent lamps. *Environment*.
- Yunus A., Ç. (2013). Transferencia de Calor y Masa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(9), 1699.
- Ek, T. (2015). Eficiencia en motores eléctricos. . *Mundo HVAC&R*.
- International Energy Agency. (20 de Enero de 2017). *Key World Energy*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>
- Quispe, E. (2001). MÉTODOS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS. *IEEE, ACIEM*.
- Quispe, E. C. (2013). Características Electromecánicas, Ventajas y. Motores Eléctricos de Alta. *IEEE*.