



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



## Informe De Residencia Profesional.

Empresa:

**Granja Avícola La Bondad S.C De R.L De C.V.**

Nombre Del Proyecto:

**Optimización Del Consumo De La Energía Eléctrica De La  
Empresa Granja Avícola La Bondad S.C De R.L De C.V**

Elaborado por:

**Carlos Alberto Sánchez Vera**

**Ing. Mecánica.**

**Núm. de control: 14270035**

Periodo: Agosto – Diciembre 2018

Ing. Lenin Russell Suarez Aguilar

Ing. Luis Javier Moreno Rodríguez

---

**Asesor Interno**

---

**Asesor Externo**

## CAPITULO I.- PRELIMINARES

### Agradecimientos

Este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me han brindado su apoyo, su fuerza para seguir adelante y sus conocimientos. Agradezco a mis padres, mis abuelos, mi hermano y mi mejor amiga por sus enseñanzas, sus aliento, paciencia y dedicación para salir adelante y obtener todo lo necesario para ser alguien en la vida, y crecer como todos en el mundo humildemente y con buenos valores.

Agradezco todo el esfuerzo y sacrificio que mis padres hicieron para poder seguir estudiando, porque habrá personas que no son tan fáciles de obtener el apoyo, pero salimos adelante. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible.

## ÍNDICE

Capítulo II. – Generalidades del proyecto .....	6
Introducción.....	6
Datos de la empresa.....	7
Área del trabajo .....	7
Área de mantenimiento.....	7
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos .....	8
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos .....	8
Justificación .....	8
Capítulo III. – Marco Teórico.....	9
Energía .....	9
Energía eléctrica .....	9
Factor de potencia .....	10
Potencia .....	10
Potencia activa .....	11
Potencia reactiva .....	11
Potencia aparente .....	11
Motor eléctrico trifásico .....	11
Principio de funcionamiento .....	12
El estator .....	13

El rotor .....	13
Los escudos .....	14
Bobinado .....	14
Motor con rotor bobinado .....	15
Rotor jaula de ardilla .....	16
Campo magnético .....	16
Fuerza de Lorentz .....	17
Perdidas en los motores eléctricos .....	17
Perdidas en los conductores del estator .....	18
Perdidas en los conductores .....	19
Perdidas en los conductores del rotor .....	19
Perdidas por corriente de Eddy .....	19
Perdidas en el núcleo magnético .....	20
Perdidas por fricción .....	20
Perdidas por histéresis .....	20
Sensor .....	21
Sensor de movimiento .....	21
Capitulo IV. – Desarrollo .....	22
Mediciones eléctricas .....	22
Análisis de resultados .....	22
Área de ahorro de energía .....	22
Propuesta .....	22
Datos de mediciones eléctricas .....	23
Recomendaciones .....	25

Programa RENOVEFREE .....	26
Capitulo V. – Resultados .....	31
Anexo .....	33
Bibliografía .....	35
Fig. 1 energía eléctrica .....	9
Fig. 2 triangulo de potencia .....	10
Fig. 3 representación vectorial, de cargas .....	10
Fig. 4 motor eléctrico trifásico .....	11
Fig. 5 estator .....	12
Fig. 6 rotor .....	13
Fig. 7 bobinado .....	14
Fig.8 motor con rotor bobinado .....	14
Fig. 9 motor con jaula de ardilla .....	15
Fig. 10 campo magnético .....	16
Fig. 11 sensor de presencia .....	21
Fig. 12 añadir nueva gama para el plan de mantenimiento .....	27
Fig. 13 generando plan de mantenimiento .....	27
Fig. 14 estructura jerárquica .....	28
Fig. 15 órdenes de trabajo .....	29
Fig. 16 gestión de proyectos .....	29
Fig. 17 ejecutar rutas de operación .....	29
Fig. 18 sistemas diferentes de equipos .....	30

## CAPITULO II.- GENERALIDADES DEL PROYECTO

### Introducción

Actualmente la energía eléctrica es una necesidad en todos los procesos industriales, comercios, servicios y en el hogar, desde la iluminación, lavado de ropa, planchado, enfriamientos y calentamientos, es decir, es sumamente indispensable para cualquier proceso o actividad.

La generación de energía tiene impactos ambientales. Ahorrar energía ayuda a reducir este impacto y ayuda a combatir los efectos del calentamiento global. Asimismo, no hacer un buen uso de la energía eléctrica tiene un peso muy grande, ya que el costo de la electricidad es muy alto

Los motores de inducción trifásicos son máquinas eléctricas, las cuales han tenido mayor aplicación en la industria. Estas máquinas son principales convertidores de energía eléctrica en mecánica que actualmente consumen casi la mitad de la energía eléctrica generada. Ante esta problemática proponer metodologías que posibiliten la optimización del consumo de energía eléctrica en motores trifásicos será de gran importancia.

En el siguiente proyecto por desarrollar es para optimizar el consumo de energía eléctrica, ya que se le puede dar una mejora a la utilización de energía eléctrica en la planta granja avícola La Bondad.

### DATOS DE LA EMPRESA

**Granja Avícola La Bondad** es una empresa que cuenta con más de 25 de granjas y una fábrica de alimento, de localidad chiapaneca, la cual es considerada la mejor opción en la industria alimenticia avícola de buena calidad en la venta de sus pollos hacia el público.

**Granja Avícola La Bondad** se ha destacado por tener una visión de negocios para llegar a la distribución en cualquier lugar de Chiapas, así como su misión es ofrecer productos y servicios de muy buena calidad de manera que se adapten a sus estilos de vida y necesidades.

## ÁREA DEL TRABAJO

### Área de mantenimiento

Las actividades que se realizan dentro de la empresa bajo el perfil de ingeniería mecánica se reflejan sobre el mantenimiento en los equipos, lo que incluyen entre otros procedimientos, la sustitución de piezas, chumaceras, ejes del elevador, realización de pruebas, mediciones, reparaciones, trabajos de ajuste y detección de fallos. Las operaciones de esta área implican riesgos específicos para la seguridad de los trabajadores. Este departamento en una industria tiene la responsabilidad de proceder en forma rápida y económica a las reparaciones necesarias de la maquinaria que se utiliza en los procesos de producción, así como el tomar acciones preventivas; dentro de sus funciones también está la modificación de los equipos originales y procesos de la empresa, para reducir problemas tanto como el consumo excesivo de energía y evitar la detención de producción de alimento.

### Planteamiento del problema

El ineficiente uso de la energía eléctrica disminuye el rendimiento de los equipos y los procesos en la industria, por lo cual se buscarán puntos en diferentes áreas donde se pueda optimizar el consumo de energía eléctrica y se propondrán estrategias para un uso adecuado de la energía eléctrica.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Implementar una propuesta de ahorro de energía con base a un diagnóstico energético, analizando la posibilidad de sustituir los equipos que se encuentren en baja eficiencia por equipos de alta eficiencia, lo cual evitaría pérdidas económicas y paros innecesarios en la producción de alimentos.

### Objetivos específicos

- Realizar estudios de cargas como el factor de potencia.
- Hacer mediciones eléctricas y análisis de resultados.

- Identificar puntos específicos de las diferentes áreas donde se puede optimizar el consumo de energía, ya sea en equipos o en lugares de iluminación.
- Reducir el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación.

## **Justificación**

La problemática presentada, es por lo cual se realiza este proyecto, que creará mejoras en el aprovechamiento de la energía eléctrica, por lo que el personal y los equipos hacen de un uso inadecuado de la energía eléctrica, es por eso que se optimizará el rendimiento de los equipos y los procesos.

Todo es posible siempre y cuando se les den un mantenimiento a todos los equipos y colocando sensores donde utilicen iluminación necesaria o innecesaria.

Hoy en día existe la posibilidad de que ciertos sistemas se puedan controlar y efectuar automáticamente, que, si bien se sabe, son de gran importancia ya que ayudan a dar una eficiencia mejor a los equipos.

En vista de los aumentos y la situación energética que atraviesa el país, se tuvo la necesidad de iniciar un proyecto cuya finalidad es reducir el consumo de energía eléctrica, así como también los costos. Este proyecto contempla la elaboración de todas las posibles estrategias a seguir para optimizar el uso de la electricidad, a través de un programa de ahorro.

## **CAPITULO III. - MARCO TEÓRICO**

### **Energía**

La Energía es la capacidad que posee un cuerpo para realizar una acción o trabajo, o producir un cambio o una transformación, y es manifestada cuando pasa de un



cuerpo a otro. Una materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella.

Diversos recursos naturales o fenómenos de la naturaleza son capaces de suministrar y brindar energía en una cualquiera de sus formas, por lo que se les considera fuentes naturales de energía o recursos energéticos. Existen dos tipos, las fuentes renovables, las cuales al usarlas no se agotan, como la luz de Sol, el viento, las lluvias, las corrientes de los ríos, etc.; y las fuentes no renovables, que se agotan cuando son empleadas, como el petróleo, el gas natural o el carbón.

### **Energía Eléctrica**

Esta es la forma de energía más usada. la energía eléctrica es una energía capaz de transformarse en muchísimas otras formas de energía como ser: la energía luminosa, la energía térmica y la energía mecánica. La empleamos en todos los electrodomésticos de nuestra casa, iluminación y motores.



*Fig. 1 energía eléctrica*

### **Factor de potencia**

Es un indicador cualitativo y cuantitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica.

El conjunto de todos los elementos eléctricos que intervienen directamente en los procesos de generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica forma un todo único de operación conjunta, de aquí se deriva que casi toda la electricidad que consumimos en las industrias, fábricas, hogares todos son elementos que pueden considerarse equipos consumidores de energía eléctrica.

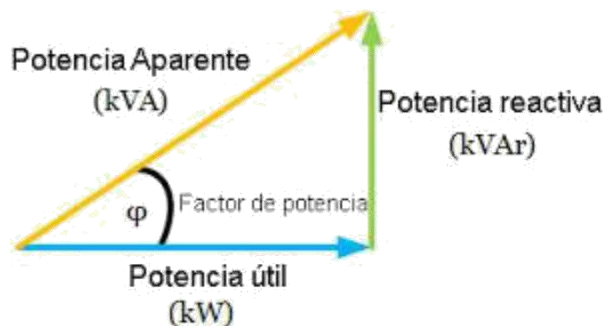


Fig. 2 triangulo de potencia

## Potencia

que la de corriente continua debido al efecto de los inductores y capacitores. Por lo que en cualquier circuito de corriente alterna existen estos tres parámetros de inductancia, capacitancia y resistencia en una variedad de combinaciones. En circuitos puramente resistivos la tensión (V) está en fase con la corriente (i), siendo algunos de estos artefactos como lámparas incandescentes, planchas, estufas eléctricas etc. Toda la energía la transforma en energía lumínica o energía calorífica.

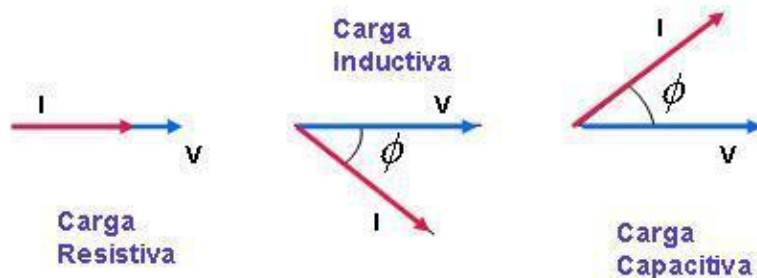


Fig. 3 representación vectorial, de cargas

## Existen tres tipos de potencia:

- Potencia activa:** Esta energía corresponde a la energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia. Expresada en watts.

*Ecuación 1*

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi$$

- Potencia reactiva:** es utilizada para la generación del campo magnético, almacenaje de campo eléctrico que, en sí, no produce ningún trabajo. La potencia reactiva esta 90 ° desfasada de la potencia activa. Esta potencia es expresada en volts-amperes reactivos. (VAR)

*Ecuación 2*

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sen } \varphi$$

- Potencia aparente:** Es también la resultante de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva. Esta potencia es expresada en volts-amperes (VA).

*Ecuación 3*

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L(3)$$

### Motor eléctrico trifásico

es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).

Se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

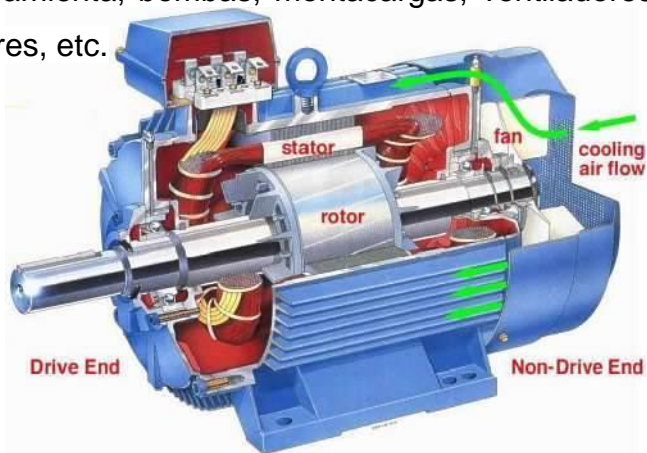


Fig. 4 motor eléctrico trifásico

## Principio de funcionamiento

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

El estator de un motor trifásico de inducción está formado por un conjunto de tres bobinas, las cuales son alimentadas por un sistema trifásico de corrientes, lo cual da origen a un campo magnético giratorio de módulo constante, según se ha estudiado anteriormente. Este campo magnético gira a la velocidad que llamamos de sincronismo. Coloquemos dentro del estator una espira, montada sobre un eje, cuyo único movimiento permitido es el de rotación. En esta situación, en la cual tenemos un campo magnético de módulo fijo girando alrededor de la espira mencionada, está concatenará un flujo magnético que varía con el tiempo, lo cual dará origen a una fuerza electromotriz inducida (Ley Faraday).

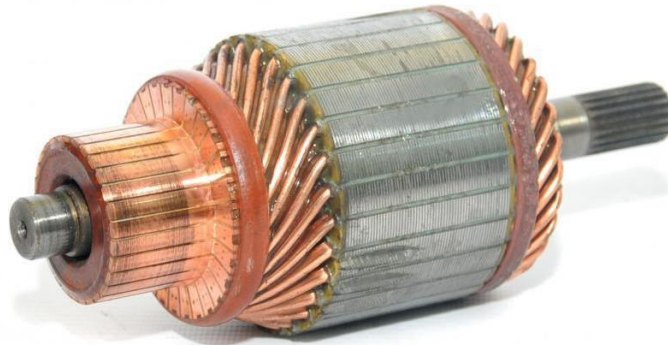
## Partes y funcionamiento del motor eléctrico trifásico

- **El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.



*Fig. 5 estator*

- **El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.



*Fig. 6 rotor*

- **Los escudos:** están hechos con hierro colado (la mayoría de las veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".
- **Bobinado:** Los devanados del rotor son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases del rotor no tiene porqué ser el mismo que el del estator, lo que si tiene que ser igual es el número de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje.



Fig. 7 bobinado

### Motor con rotor bobinado

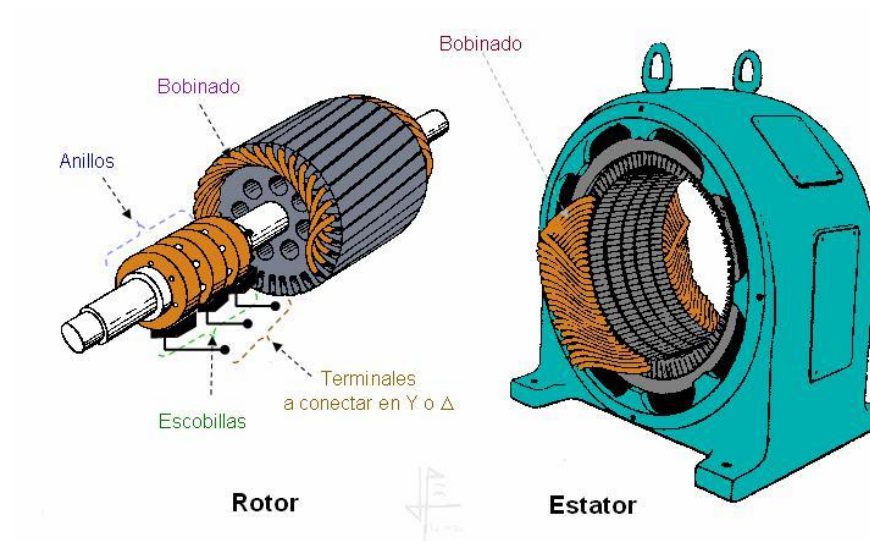


Fig.8 motor con rotor bobinado

**Rotor Jaula de ardilla:** Los conductores del rotor están igualmente distribuidos por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, debido a esto no hay posibilidad de conexión del devanado del rotor con el exterior. La posición inclinada de las ranuras mejora las propiedades de arranque y disminuye los ruidos.





Fig. 8 rotor jaula de ardilla

**Motor jaula de ardilla:** Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas)

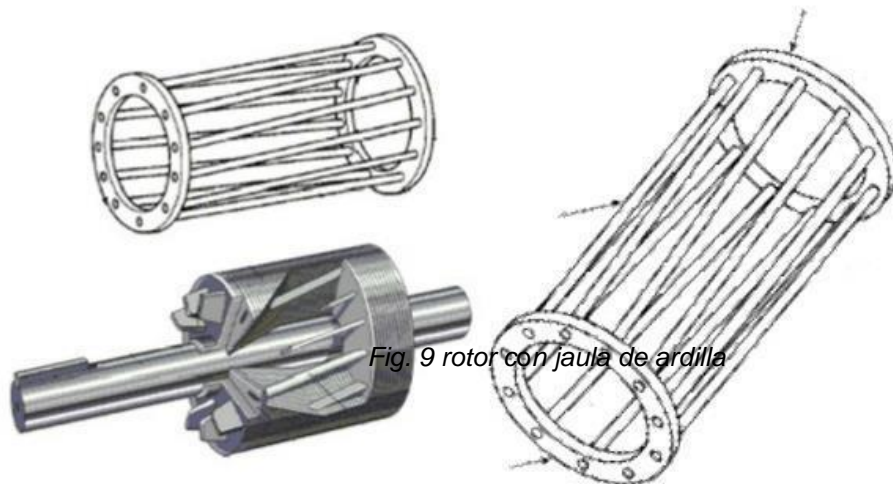


Fig. 9 rotor con jaula de ardilla

Fig. 9 motor con jaula de ardilla

## Campo magnético

Los campos magnéticos son producidos por cualquier carga eléctrica en movimiento y el momento magnético intrínseco de las partículas elementales asociadas con una propiedad cuántica fundamental. En la relatividad especial, campos eléctricos y magnéticos son dos aspectos insurreccionados de un objeto, llamado el tensor electromagnético. Las fuerzas magnéticas dan información sobre la carga que lleva un material a través del efecto Hall. La interacción de los campos magnéticos en dispositivos eléctricos tales como transformadores son estudiada en la disciplina de circuitos magnéticos.

## FUERZA DE LORENTZ

Entre las definiciones de campo magnético se encuentra la dada por la fuerza de Lorentz. Esto sería el efecto generado por una corriente eléctrica o un imán, sobre una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual de valor ( $q$ ), que se desplaza a una velocidad, experimenta los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad ( $v$ ) como al campo ( $B$ ). Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente ecuación.

*Ecuación 4*

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

$F$ = fuerza magnética

$V$  = es la velocidad

$B$ = campo magnético

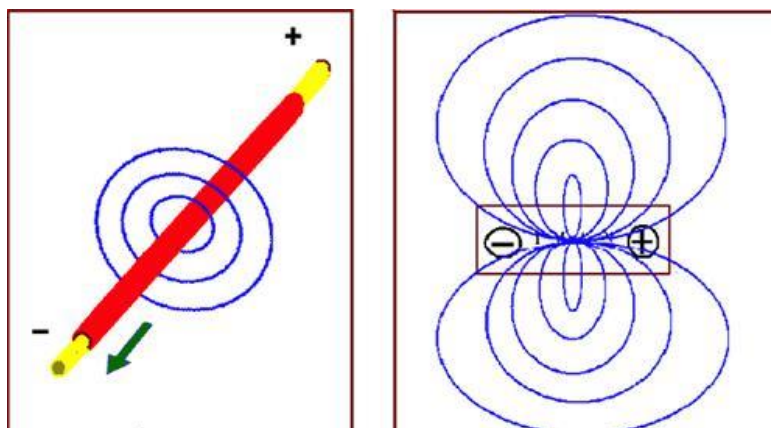


Fig. 10 campo magnético



- **pérdidas en los motores eléctricos**

Se tiene por pérdidas la potencia eléctrica que se transforma y disipa en forma de calor en el proceso de conversión de la energía eléctrica en mecánica que ocurre en el motor. Las pérdidas por su naturaleza se pueden clasificar en 5 áreas: pérdidas en el cobre del estator, pérdidas en el cobre del rotor, pérdidas en el núcleo, pérdidas por fricción y ventilación y pérdidas adicionales.

- **perdidas en los conductores del estator.**

Estas pérdidas son una función de la corriente que fluye en el devanado del estator y la resistencia de ese devanado. Son mínimas en vacío y se incrementan al aumentar la carga.

En función del factor de potencia (FP), la corriente de línea en el estator puede expresarse como:

Ecuación 5

$$I_L = \frac{\text{Potencia eléctrica de entrada}}{\sqrt{3} * \text{Voltaje de línea} * FP}$$

Cuando se desea mejorar el comportamiento del motor, es importante reconocer la interdependencia entre la eficiencia (EF) y el factor de potencia (FP). Si se despeja el factor de potencia la ecuación se reescribe:

Ecuación 6

$$FP = \frac{\text{Potencia eléctrica de entrada}}{\sqrt{3} * \text{Voltaje de línea} * EF}$$

Entonces, si se incrementa la eficiencia, el factor de potencia tendrá a decrecer para que el factor de potencia permanezca constante, la corriente del estator debe reducirse en proporción al aumento de la eficiencia. Si se pretende que el factor de potencia mejore, entonces la corriente debe disminuir más que lo que la eficiencia aumente.

Desde el punto de vista del diseño, esto es difícil de lograr debido a que hay que cumplir otras restricciones operacionales como el momento máximo. Por otra parte, la corriente de línea se puede expresar:

Ecuación 7

$$I_L = \frac{\text{Potencia eléctrica de entrada}}{\sqrt{3} * \text{Voltaje de línea} * EF * FP}$$

- **perdidas en los conductores**

Las pérdidas en los conductores se dividen en dos zonas: estator ( $I^2R$

en las bobinas del estator) y rotor ( $I^2R$  en los bobinados del rotor). Estas pérdidas dependen del cuadrado de la corriente.

- **Pérdidas en los conductores del rotor**

Son directamente proporcionales a la resistencia del bobinado, dependen del cuadrado de la corriente que circula en el bobinado (Barras y anillos) y dependen del flujo magnético que atraviesa el entrehierro. Son prácticamente cero en vacío y se incrementan con el cuadrado de la corriente en el rotor y también se incrementan con la temperatura. Las pérdidas en el rotor se pueden expresar en función del deslizamiento:

Ecuación 8

$$\text{Perdidas del rotor} = \frac{(PMS + \text{Perdidas } F \text{ y } V)}{1 - S} S$$

PMS= Potencia mecánica de salida

F y V= Fricción y Ventilación

S= Deslizamiento

- **Pérdidas por corrientes de Eddy**

Son causadas por las corrientes inducidas o corrientes de Eddy que circulan en las láminas magnéticas del núcleo estático las que son inducidas por el flujo magnético giratorio estático.

En efecto de acuerdo con la ley de Faraday el campo magnético variable en el tiempo crea campos eléctricos de trayectoria cerrada en el núcleo magnético y como el acero es un material conductor estos campos hacen circular corrientes (corrientes de Eddy) a través de su trayectoria cerrada, por esta razón el núcleo magnético se hace de láminas magnéticas. Por lo tanto, estas pérdidas dependen del flujo magnético máximo, de la frecuencia de variación del flujo magnético y de la resistividad del acero magnético.

- **Pérdidas en el núcleo magnético**

Estas pérdidas tienen dos componentes, las pérdidas por corrientes de Eddy y las pérdidas por el fenómeno de histéresis, incluyendo las pérdidas superficiales en la estructura magnética del motor. Las pérdidas en el núcleo del rotor debido al flujo magnético principal son virtualmente cero.

- **Pérdidas por fricción y ventilación**

Las pérdidas por fricción y ventilación son debidas a la fricción en los rodamientos y a las Pérdidas por resistencia del aire al giro del ventilador y de otros elementos rotativos del Motor.

La fricción en los rodamientos es una función de las dimensiones de este, de la velocidad, del tipo de rodamiento, de la carga y de la lubricación usada. Estas pérdidas quedan relativamente fijadas para un tipo de diseño, y debido a que constituyen un porcentaje pequeño de las pérdidas totales del motor, los cambios que se pueden hacer en el diseño para reducirlas no afectan significativamente la eficiencia del motor.

- **Pérdidas por histéresis**

Son causadas debido a la propiedad de remanencia que tienen los materiales magnéticos al ser excitados por un flujo magnético en una dirección. Como el flujo de excitación está cambiando de dirección en el núcleo magnético, a remanencia hace que se forme el ciclo de histéresis, cuya área está relacionada por la energía gastada en magnetizar y desmagnetizar el núcleo continuamente. Estas pérdidas dependen del flujo máximo de excitación, de la frecuencia de variación del flujo y de la característica del material que determina el ancho del ciclo de histéresis.

### **Sensor**

Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

Un sensor en la industria es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas con un transductor en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

### **Sensor de movimiento para luz:**

Un detector de movimiento, o sensor de presencia, es un dispositivo electrónico equipado de sensores que responden a un movimiento físico. Se encuentran generalmente en sistemas de seguridad o en circuitos cerrados de televisión.

Existen diferentes aplicaciones para un sensor de movimiento: seguridad, entretenimiento, iluminación, comodidad. Por ejemplo, en las tiendas se tienen sensores que detectan cuando una persona va a entrar y se abren las puertas automáticamente.



Fig. 11 sensor de presencia

## CAPITULO IV.- DESARROLLO

La aplicación de un diagnóstico energético ayudaría a encontrar áreas de oportunidad para la optimización del uso de la energía, lo cual la falta de atención a las áreas de oportunidades admite haciendo el mal uso de la energía, que por defecto se refleja en la economía de la empresa. Es por eso, que la realización del diagnóstico energético mostrará las áreas críticas en cuanto al consumo.

Para este diagnóstico energético, se pretende realizar los siguientes pasos:

**Mediciones eléctricas:** se realizan mediante, el cálculo de las cargas puntuales, por medio de analizadores de redes trifásicos, el cual arrojaría datos sobre el comportamiento de los equipos instalados en la granja avícola la bondad, para realizar graficas sobre el comportamiento del consumo y demanda de energía eléctrica.

**Análisis de resultados:** el análisis se realizaría mediante el estudio de las gráficas anteriores obtenidas en las mediciones eléctricas.

**Áreas de ahorro de energía:** en este punto se pretende identificar áreas donde sea posible optimizar el consumo de energía, lo cual se analizará el comportamiento de los equipos instalados en determinadas áreas, con el fin de obtener un análisis que nos permita obtener el desempeño y su consumo que generan los diferentes equipos.

**Propuesta:** se pretende encontrar áreas de oportunidades para la optimización de energía eléctrica, de la misma manera se pretende darle los diferentes tipos de

mantenimiento a los equipos para un mejor desempeño, de lo contrario se tendría que reemplazar los equipos ineficientes por equipos de alta eficiencia para un consumo menor de energía eléctrica.

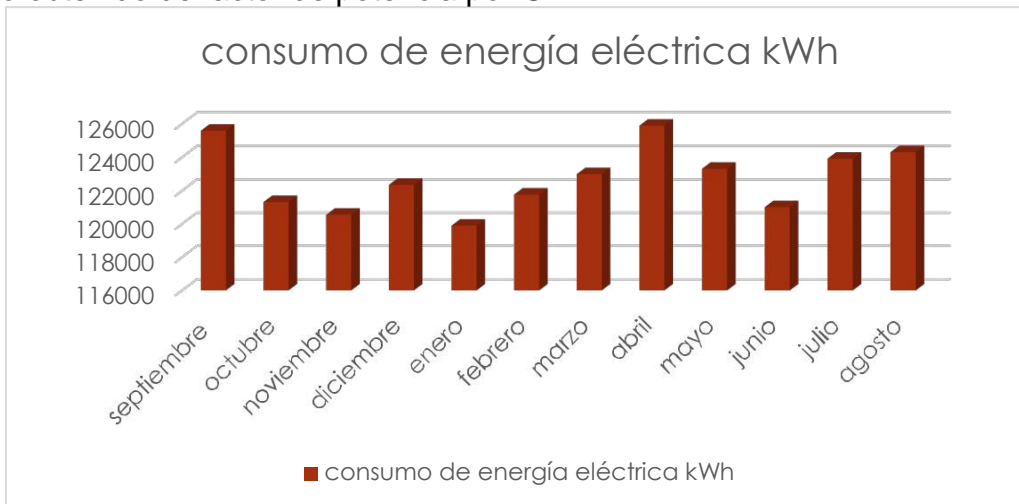
### Datos de mediciones eléctricas

A continuación, se presenta una lista de mediciones eléctricas y la medición del factor de potencia obtenidas de CFE, sobre el consumo de energía eléctrica desde septiembre del 2017 hasta agosto del 2018 en la granja avícola la bondad.

<b>Historial de facturación</b>		
<b>Mes</b>	<b>Consumo de energía kWh.</b>	<b>Factor de potencia</b>
Septiembre	125585	0.8669
Octubre	121321	0.8675
Noviembre	120556	0.8587
Diciembre	122345	0.8590
Enero	119897	0.8521
Febrero	121766	0.8757
Marzo	122987	0.8529
Abril	125890	0.8683
Mayo	123311	0.8754
Junio	121012	0.8821
Julio	123912	0.8878
Agosto	124306	0.8956
<b>Total</b>	<b>1,472888.00</b>	<b>0.8538</b>

Tabla 1 consumo de energía

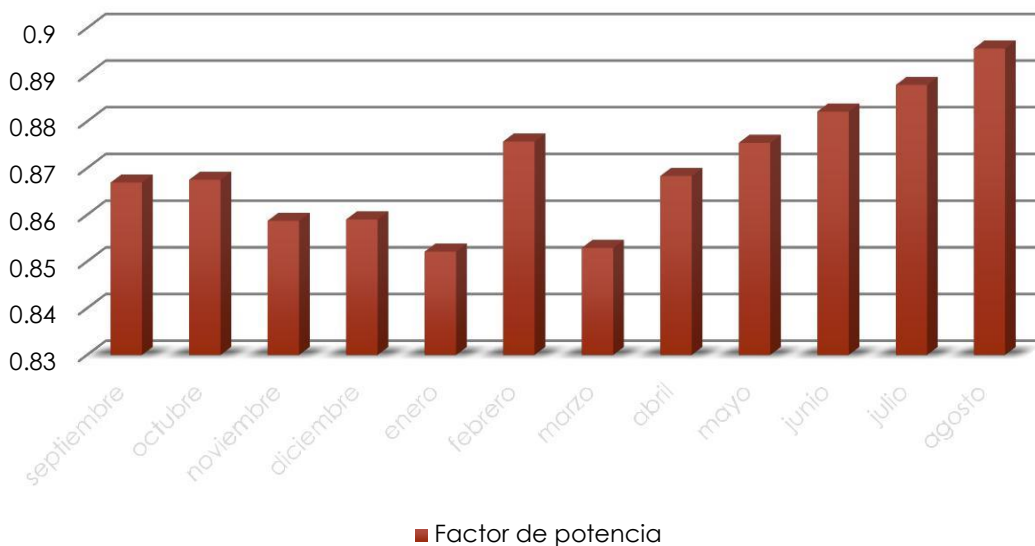
A continuación, se ilustra unas graficas obtenidas sobre las mediciones eléctricas y dato obtenido de factor de potencia por CFE.



Grafica 1 consumo de energía eléctrica

**Factor de potencia:** considerando el factor de potencia por debajo del 90% significa energía desperdiciada por la empresa y en consecuencia un incremento innecesario en el importe de su facturación. Entonces CFE indica que cuando el factor de potencia es menor al 90% se aplica una penalización, y si fuera mayor al 90% se le hace una bonificación.

### Factor de potencia



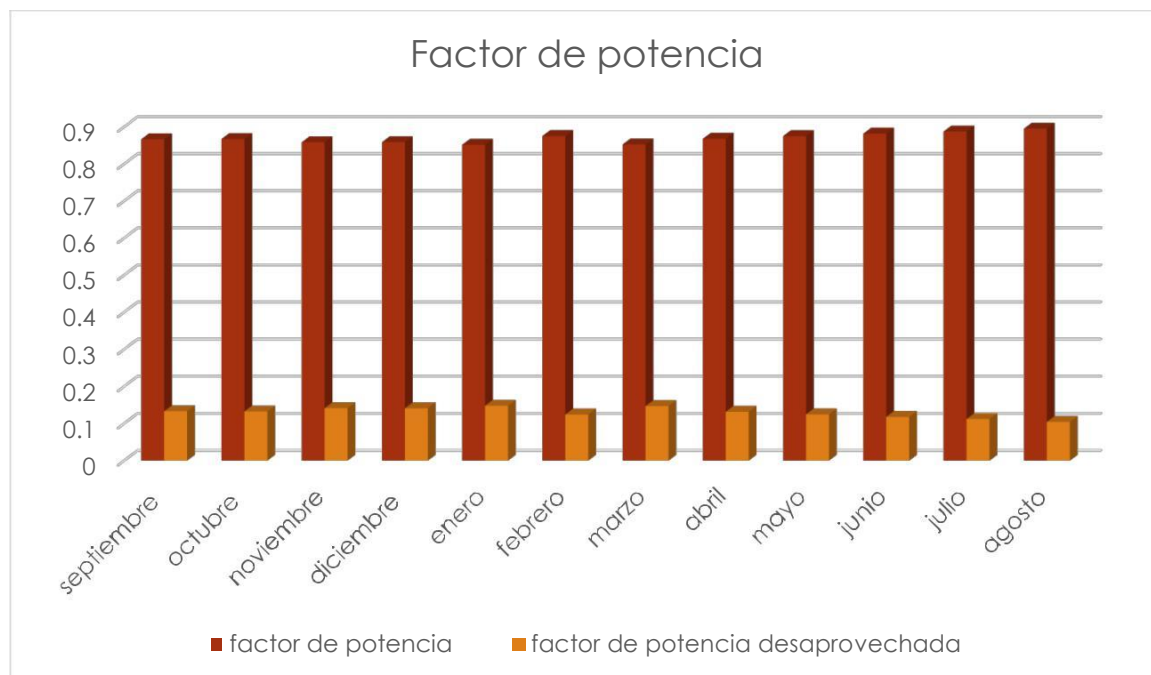
Grafica 2 factor de potencia

Las cargas inductivas como los motores son el origen del problema del bajo factor de potencia, ya que son cargas no lineales que son denominados contaminantes de la red eléctrica, de manera que en estos equipos el consumo de corriente se desfasa lo que provoca un bajo factor de potencia.

En el estudio se encontró que los principales problemas de desperdicio de energía eléctrica son debido a la falta de mantenimiento de los equipos en la Granja Avícola La Bondad, específicamente en los motores que únicamente su mantenimiento era correctivo y por otra parte de muy baja calidad los equipos.

### Recomendaciones:

- Realizar un plan de mantenimiento
- Realizar cambios en las bandas para los elevadores para no hacer trabajar de manera más forzada al motor
- Sustituir su luminaria
- Establecer estándares de calidad en las reparaciones de equipos.



Grafica 3 comparación de factor de potencia



Podemos observar en la grafica que el desperdicio de consumo de energía es muy alto llegando a mas de un 10% en Granja Avícola La Bondad.

De tal manera que se recomienda ajustar un plan de mantenimiento y métodos para optimizar el consumo en áreas requeridas, de igual forma cambiar los motores por motores de inducción, que en gran parte ayudaría a minorar el desperdicio de energía eléctrica, actualmente se cuenta con motores de baja eficiencia, lo que provoca daños y trabajos forzosos lo que consume un extra de energía, y pueden existir sobrecalentamiento en los equipos.

Para lograr el cambio en la optimización de consumo de energía en la Granja Avícola La Bondad, usaremos el programa RENOVEFREE, es un programa que nos permite organizar con planes de mantenimiento para los equipos en las industrias.

## Programa RENOVFREE

Con la ayuda del programa para el mantenimiento preventivo se crean nuevos proyectos para los equipos en la planta.

Datos del proyecto

Nombre: (\*) mantenimiento preventivo

Fecha inicio: (\*) 1/09/2018

Fecha cierre: (\*) 30/12/2018

Estado: No iniciado

Nº de cuenta / centro de coste:

Nuevo Guardar cambios Guardar nuevo

Borrar Cancelar

Aspectos valorables y pruebas

Se generan proyectos de mantenimiento preventivo. Esta función ejecuta los proyectos de mantenimiento programado.

Equipos

renovfree

Equipos ID EQUIPO:

Datos generales | Órdenes de trabajo | Mantenimiento programado | Contadores | Componentes instalados | Repuesto compatible

Código (\*): 1- planta Código 2: La Bondad Equipo (\*): elevador

Área (\*): planta Sistema (\*): sistema mecanico

Subsistema (\*): Seleccion un subsistema de la lista Centro: RENOVFREE

Sección: Selecciona una Sección de la lista Zona: Selecciona una zona de la lista

Operatividad: Activo Estado:

Familia: Selecciona una familia de la lista Subfamilia: Selecciona una subfamilia de lista Equipo genérico: Selecciona un equipo genérico de la lista

Especificaciones Técnicas y Valores de Referencia:

Código	Fuente	Parámetro	Valor	Unidad	Límite Superior	Límite Inferior	Observaciones

Documentos asociados:

Cargar documento Borrar documento

Añadir Especificación Editar Especificación Borrar Especificación

Desarrollado por Serlago Garcia Servicio para AVICOLA TECNOLOGIA S.L.  
© Serlago Garcia Servicio 2014. Todos los derechos reservados.

renovfree

Equipos ID EQUIPO:

Datos generales | Órdenes de trabajo | Mantenimiento programado | Contadores | Componentes instalados | Repuesto compatible

Código (\*): 1- planta Código 2: La Bondad Equipo (\*): elevador

Área (\*): planta Sistema (\*): sistema mecanico

Subsistema (\*): mecanico Centro: RENOVFREE

Sección: Selecciona una Sección de la lista Zona: Selecciona una zona de la lista

Operatividad: Activo Estado:

Familia: Selecciona una familia de la lista Subfamilia: Selecciona una subfamilia de lista Equipo genérico: Selecciona un equipo genérico de la lista

Especificaciones Técnicas y Valores de Referencia:

Primer paso.

Seleccionar el plan de mantenimiento, respecto al equipo que se desea escoger.

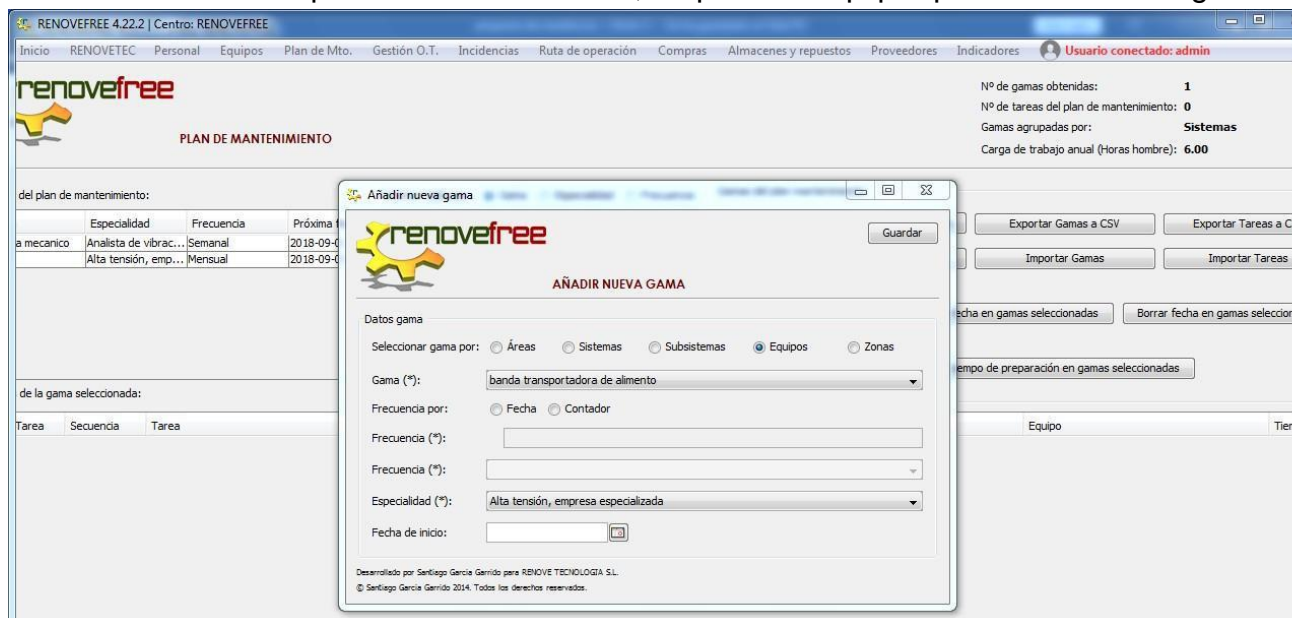


Fig. 12 añadir nueva gama para el plan de mantenimiento

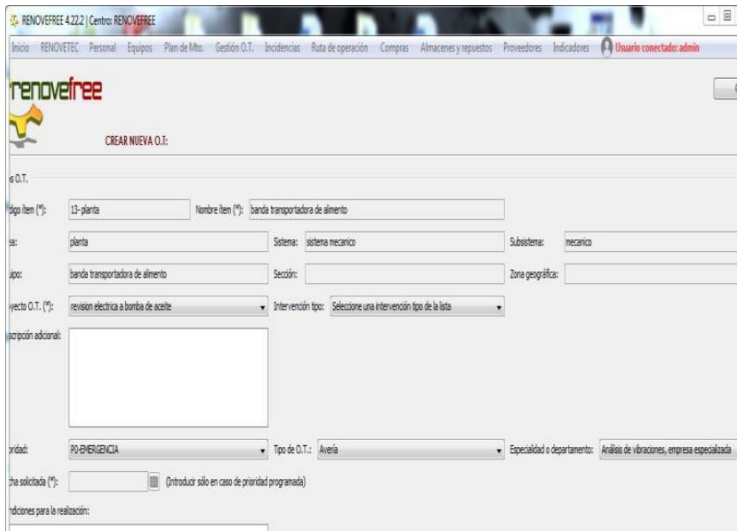
Aquí selecciona el tipo de mantenimiento que se desea programar, añadiendo nueva gama para especificar si es las diferentes pestañas como: áreas, sistemas, subsistemas, equipos o zonas dentro de la empresa Granja Avícola La Bondad.

Al momento de elegir el plan de mantenimiento Se recomienda que la ejecución sea por estrategia de mantenimiento, el cual puede ser diaria, semanal, quincenal, mensual, etc.



Fig. 13 generando plan de mantenimiento

Al crear una nueva O.T. selecciona la pestaña de estructura jerárquica, donde se despliegan las pestañas de sistemas mecánicos para elegir el equipo.



RENNOVFREE 4.22.2 | Centro: RENNOVFREE

Inicio RENNOVFTEC Personal Equipos Plan de Mto. Gestión O.T. Incidencias Ruta de operación Compras Almacenes y repuestos Proveedores Indicadores Usuario conectado: admin

renovfree

CREAR NUEVA O.T.:

Nombre O.T.:

Planta Item (\*): 13-planta Nombre Item (\*): banda transportadora de alimento

Planta: planta Sistema: sistema mecanico Subistema: mecanico

Proyecto: banda transportadora de alimento Sección: Zona geográfica:

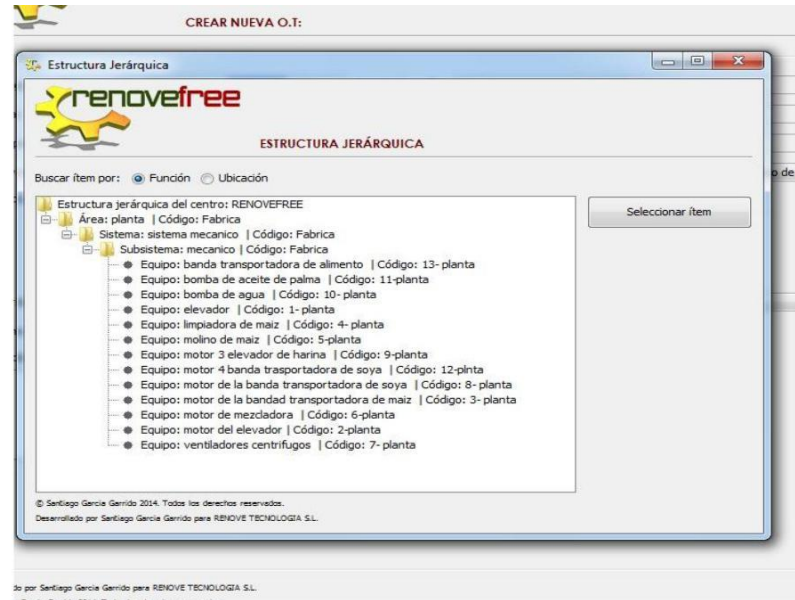
Proyecto O.T. (\*): revision electrica a bomba de aceite Intervención tipo: Seleccione una intervención tipo de la lista

Descripción adicional:

Proyecto: PO-EMERGENCIA Tipo de O.T.: Avería Especialidad o departamento: Análisis de vibraciones, empresa especializada

Fecha solicitada (\*): (Introducir sólo en caso de prioridad programada)

Opciones para la realización:



CREAR NUEVA O.T.:

Estructura Jerárquica

Buscar ítem por:  Función  Ubicación

Estructura jerárquica del centro: RENNOVFREE

- Área: planta | Código: Fabrica
  - Sistema: sistema mecanico | Código: Fabrica
    - Subsistema: mecanico | Código: Fabrica
      - Equipo: banda transportadora de alimento | Código: 13- planta
      - Equipo: bomba de aceite de palma | Código: 11- planta
      - Equipo: bomba de agua | Código: 10- planta
      - Equipo: elevador | Código: 1- planta
      - Equipo: limpiadora de maiz | Código: 4- planta
      - Equipo: molino de maiz | Código: 5- planta
      - Equipo: motor 3 elevador de harina | Código: 9- planta
      - Equipo: motor 4 banda transportadora de soya | Código: 12- planta
      - Equipo: motor de la banda transportadora de soya | Código: 8- planta
      - Equipo: motor de la banda transportadora de maiz | Código: 3- planta
      - Equipo: motor de mezcladora | Código: 6- planta
      - Equipo: motor del elevador | Código: 2- planta
      - Equipo: ventiladores centrifugos | Código: 7- planta

Seleccionar ítem

© Santiago Garcia Garrido 2014. Todos los derechos reservados.  
Desarrollado por Santiago Garcia Garrido para RENNOVF TECNOLOGIA S.L.

Fig. 14 estructura jerárquica

En esta pantalla se describen las órdenes que fueron lanzadas con su respectivo número incidencia, Ítem (equipo) así como los planes de mantenimiento.



RENNOVFREE 4.22.2 | Centro: RENNOVFREE

Inicio RENNOVFTEC Personal Equipos Plan de Mto. Gestión O.T. Incidencias Ruta de operación Compras Almacenes y repuestos Proveedores Indicadores Usuario conectado: admin

renovfree

CONSULTAR ÓRDENES DE TRABAJO

Filtrar órdenes de trabajo

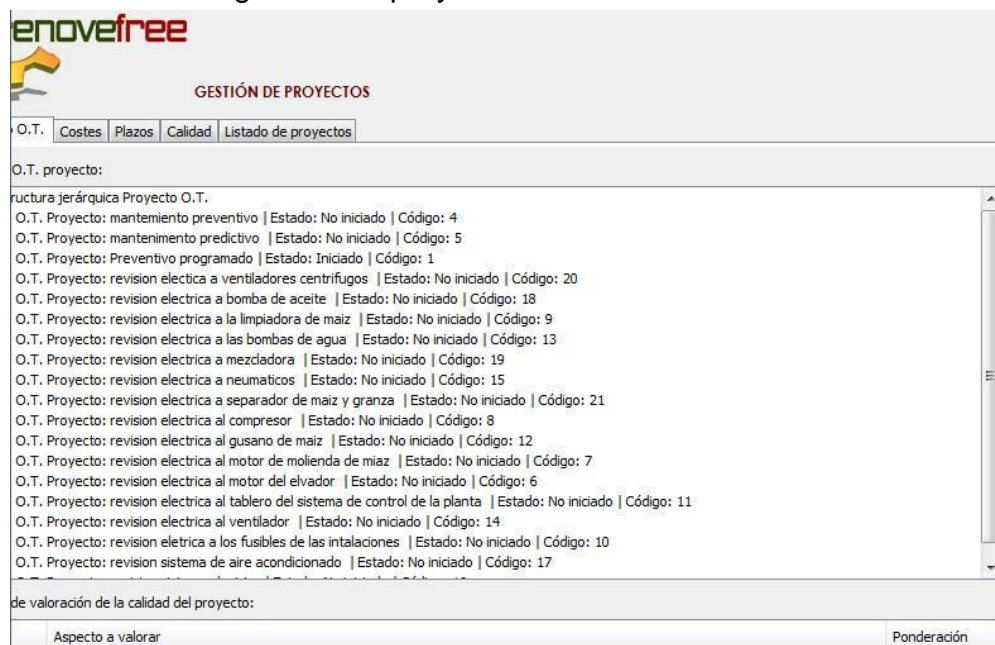
Órdenes de trabajo

Buscar:

Nº de O.T.	Intervención tipo	Descripción	Tipo de O.T.	Estado	Especialidad	Proyecto	Ítem	Nº de incidencia	Solicitante
			Avería	Pendiente		revision sistema electrico	motor de mezcladora	0	admin
			Avería	Pendiente		mantenimiento predictivo	motor 3 elevador de harina	0	admin
			Avería	Pendiente		mantenimiento preventivo	molino de maiz	0	admin
			Avería	Pendiente		Preventivo programado	limpiadora de maiz	0	admin
			Cambio de kit de rotación	Pendiente		mantenimiento preventivo	bomba de aceite de palma	0	admin
			Avería	Pendiente	Análisis de vibracione...	revision electrica a bomba d...	banda transportadora de ali...	0	admin

Fig. 15 órdenes de trabajo

Como siguiente paso se genera la lista de órdenes de mantenimiento para su visualización sobre la gestión de proyectos.



**renovefree**

**GESTIÓN DE PROYECTOS**

O.T. Costes Plazos Calidad Listado de proyectos

O.T. proyecto:

Estructura jerárquica Proyecto O.T.

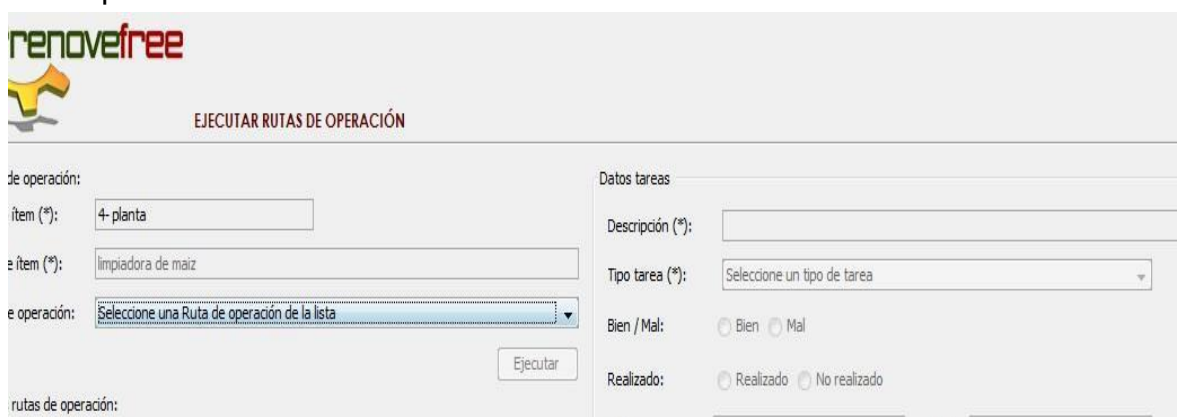
- O.T. Proyecto: mantenimiento preventivo | Estado: No iniciado | Código: 4
- O.T. Proyecto: mantenimiento predictivo | Estado: No iniciado | Código: 5
- O.T. Proyecto: Preventivo programado | Estado: Iniciado | Código: 1
- O.T. Proyecto: revision electrica a ventiladores centrifugos | Estado: No iniciado | Código: 20
- O.T. Proyecto: revision electrica a bomba de aceite | Estado: No iniciado | Código: 18
- O.T. Proyecto: revision electrica a la limpiadora de maiz | Estado: No iniciado | Código: 9
- O.T. Proyecto: revision electrica a las bombas de agua | Estado: No iniciado | Código: 13
- O.T. Proyecto: revision electrica a mezcladora | Estado: No iniciado | Código: 19
- O.T. Proyecto: revision electrica a neumaticos | Estado: No iniciado | Código: 15
- O.T. Proyecto: revision electrica a separador de maiz y granza | Estado: No iniciado | Código: 21
- O.T. Proyecto: revision electrica al compresor | Estado: No iniciado | Código: 8
- O.T. Proyecto: revision electrica al gusano de maiz | Estado: No iniciado | Código: 12
- O.T. Proyecto: revision electrica al motor de molienda de miaz | Estado: No iniciado | Código: 7
- O.T. Proyecto: revision electrica al motor del elevador | Estado: No iniciado | Código: 6
- O.T. Proyecto: revision electrica al tablero del sistema de control de la planta | Estado: No iniciado | Código: 11
- O.T. Proyecto: revision electrica al ventilador | Estado: No iniciado | Código: 14
- O.T. Proyecto: revision electrica a los fusibles de las instalaciones | Estado: No iniciado | Código: 10
- O.T. Proyecto: revision sistema de aire acondicionado | Estado: No iniciado | Código: 17

de valoración de la calidad del proyecto:

Aspecto a valorar	Ponderación
-------------------	-------------

*Fig. 16 gestión de proyectos*

Al seleccionar la pestaña para ejecutar rutas de operación, podemos observar que al desplegar el ítem nos aparecerá los equipos y seleccionando el tipo de tarea que se este programando para el mantenimiento. Esto nos ayuda para que cualquier técnico al momento de hacer el mantenimiento tenga bien especificado la tarea que realizará.



**renovefree**

**EJECUTAR RUTAS DE OPERACIÓN**

de operación:

ítem (\*): 4- planta

ítem (\*): limpiadora de maiz

e operación: Seleccione una Ruta de operación de la lista

Ejecutar

Datos tareas

Descripción (\*):

Tipo tarea (\*): Seleccione un tipo de tarea

Bien / Mal:  Bien  Mal

Realizado:  Realizado  No realizado

*Fig. 17 ejecutar rutas de operación*



El programa te ayuda escoger el protocolo de mantenimiento con el tipo de sistemas que desees trabajar.

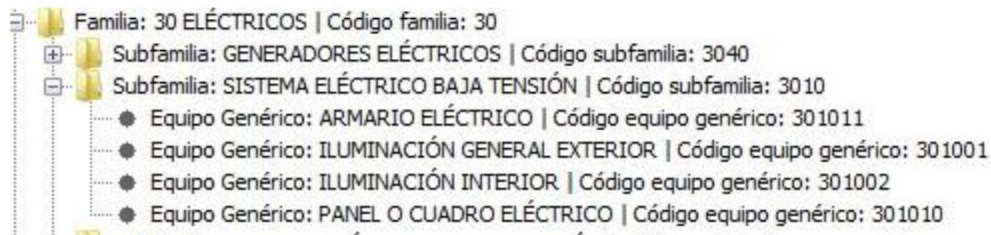
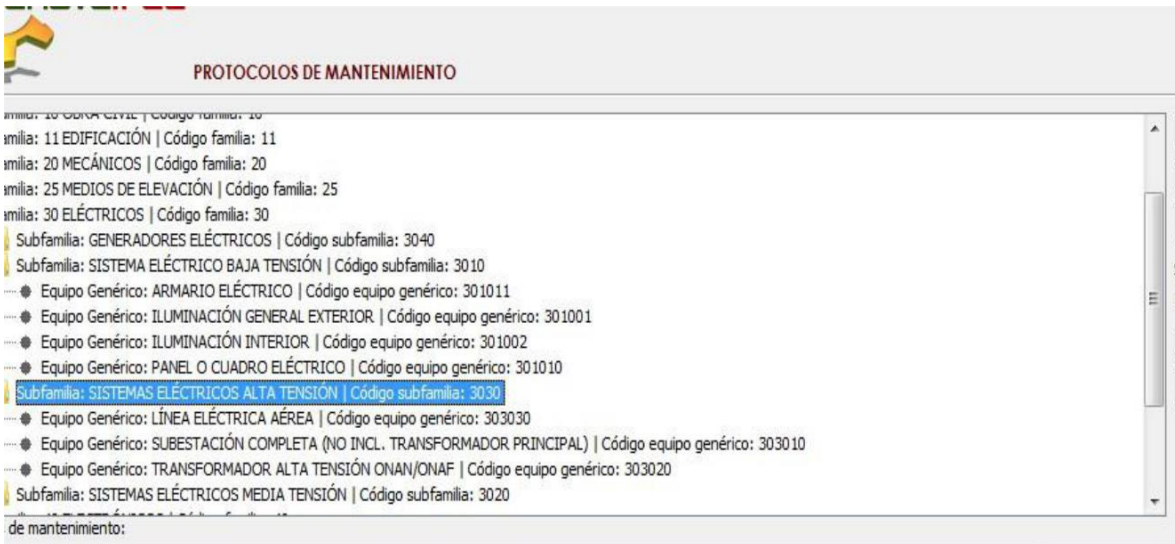


Fig. 18 sistemas diferentes de equipos

## CAPITULO V. RESULTADOS

Para conseguir una máxima eficiencia energética en “Granja Avícola La Bondad” es necesario implementar un programa con el fin de ahorrar energía en la empresa, este programa es basado en el área de mantenimiento, se necesita que todos los equipos existentes dentro de la empresa, desde la más sencilla de las lámparas que iluminan las oficinas hasta los equipos mas complicados. El propósito de este programa es mantener a los equipos en buen estado para no generar un trabajo donde consuman energía excesiva y la empresa obtenga un ahorro económico.

Esto se logrará siempre y cuando se realice el mantenimiento programado y adecuado de dichos equipos, minimizando averías y bajos rendimientos.

1. Realizar mantenimiento mensual a las flechas de los elevadores (banda transportadora de maíz).
2. Cumplir con los planes de mantenimiento generados en el programa.
3. Mejorar el voltaje proveniente de los transformadores. Revisar las conexiones semanalmente para asegurarse que el diferencial de potencia se encuentre en el punto necesario para suministrar energía de calidad a la empresa.
4. Realizar un encendido de equipos programados para evitar la demanda máxima excesiva, ya que es la principal recomendación en el sistema eléctrico, por lo que el valor de pico de arranque es el que tiene mayor valor de cobro en la factura eléctrica. Es por lo que se sugiere encender los equipos conforme vaya el proceso de producción en la fábrica de alimentos.
5. Llevar acabo mantenimiento predictivo, levantando lectura del comportamiento del motor con el analizador de vibraciones fluke810.

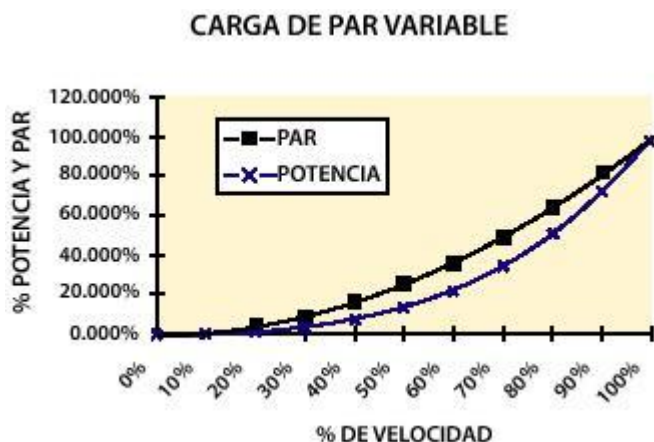
6. La elección de la instalación de un variador de frecuencia como método de ahorro energético supone:

- Reducción del consumo.
- Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos reduciendo la velocidad de los motores cuando no sea necesario.
- Minimización de pérdidas en motor e instalaciones.
- Ahorro en mantenimiento (el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento).



## ANEXO

- Anexo (a) Diagrama de carga de par variable



- Para todas estas aplicaciones, se recomienda utilizar variadores de velocidad con control directo de torque, con rango de frecuencia típicos de 0 a 400 Hz, capacidad de sobrecarga de 150% 1m/10m; hasta 400% en arranque.

- Anexo (b) Diagrama de carga de par constante



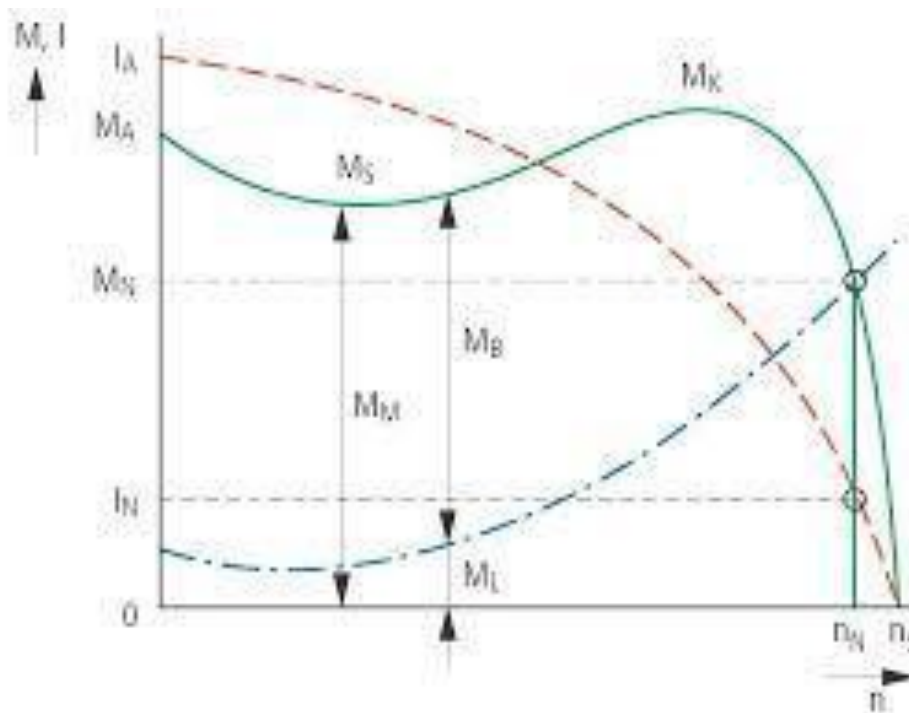
- Anexo (c) Numero de arranque permitidos

Tabla 5. Número de arranques permitidos y mínimo tiempo entre arranques

Tamaño del motor (HP)	Máximo número de arranques/hora	Mínimo tiempo entre arranque (segundos)
5	16	42
10	12	46
25	8	58
50	6	72
100	5	110

Fuente: NEMA estándar publicaciones N°MG10

- Anexo (d) Curva característica del arranque de un motor trifásico



## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia65/HTML/Articulo06.htm>

<https://cietconsultora.com.ar/>

<https://www.monografias.com/trabajos105/ahorro-energia-electrica-motores-y-compresores/ahorro-energia-electrica-motores-y-compresores.shtml>

<https://es.slideshare.net/exarkunmx/ahorro-energtico-en-motores-elctricos>

<http://www.abesco.com.br/es/optimizar-el-consumo-de-energia/>