



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

INGENIERÍA ELÉCTRICA



“RESIDENCIA PROFESIONAL”

Nombre del proyecto:

“DIAGNOSTICO ENERGÉTICO Y ELABORACIÓN DE
PROPUESTA DE USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA
LA GRANJA AVÍCOLA DEL GRUPO BUENAVENTURA UBICADA
EN VILLAFLORES CHIAPAS”

ALUMNO:

Morales López Mario Alberto

ASESOR INTERNO:

Pedro Cruz Farrera

ASESOR EXTERNO:

Ing. José Vermann Albores Sánchez

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 18 de Diciembre de 2014

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCION.....	8
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 GENERAL.....	9
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	9
1.4 GENERALIDADES DE LA GRANJA.....	10
1.4.1 REFERENCIAS GENERALES DE LA EMPRESA.....	10
1.4.2 MISIÓN.....	10
1.4.3 VISIÓN.....	11
1.4.4 VALORES.....	11
1.5 PROBLEMAS A RESOLVER.....	12
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
1.6.1 ALCANCES.....	13
1.6.2 LIMITACIONES.....	13

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN.....	14
2.2 ANTECEDENTES.....	14
2.3 DEFINICIONES ELÉCTRICAS.....	15
2.4 AHORRO DE ENERGÍA.....	19
2.4.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ELÉCTRICO.....	19
2.4.2 ACTIVIDADES DE UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	20
2.5 OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	21
2.6 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EFICIENTES.....	22

2.6.1 LÁMPARAS.....	22
2.6.2 LÁMPARAS FLUORESCENTES.....	23
2.6.3 LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES (CFL).....	24
2.6.4 BALASTOS.....	24
2.6.5 BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS DE ALTA EFICIENCIA.....	25
2.6.6 BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA LÁMPARAS LINEALES....	25
2.6.7 BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA LÁMPARAS LINEALES.	25
2.6.8 LUOVERS.....	26
2.7 EMPLEO DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.....	26
2.7.1 TIPOS DE MOTORES.....	27
2.7.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....	28
2.7.3 VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE UN MOTOR.....	29
2.8 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.....	30
2.8.1 FACTOR DE POTENCIA.....	30
2.8.2 PLANTEAMIENTO PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	31
2.8.3 DEFINICIÓN DE UN CAPACITOR.....	33
2.8.4 ENERGÍA ALMACENADA.....	34

CAPITULO III

METODOLOGÍA DEL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO

3.1 INTRODUCCIÓN.....	35
3.2. RECONOCIMIENTO DE PLANTA.....	36
3.3 VOLTAJE DE PLANTA.....	40
3.4 TARIFAS ELECTRICAS.....	43
3.4.1 CARGOS POR DEMANDA.....	44
3.4.2 MEDICIÓN DE LA ENERGÍA.....	44
3.4.3 MEDICIÓN DE LA ENERGÍA ACTIVA.....	44

3.4.4 MEDICIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA.....	45
3.4.5 TIPOS DE TARIFA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL.....	45
3.4.5.1 BAJA TENSIÓN.....	45
3.4.5.2 MEDIA TENSIÓN.....	45
3.4.5.3 ALTA TENSIÓN.....	46
3.4.5.4 SERVICIO DE RESPALDO.....	47
3.4.5.5 SERVICIO INTERRUMPIBLE.....	49
3.4.6 DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA HM.....	49
3.4.6.1 TARIFA H-M.....	49
3.4.6.2 APLICACIÓN.....	50
3.4.6.3 MÍNIMO MENSUAL.....	50
3.4.6.4 DEMANDA CONTRATADA.....	50
3.4.6.5 HORARIO.....	51
3.4.6.6 PERIODOS DE PUNTA, INTERMEDIO Y BASE.....	51
3.4.6.6.1 REGIÓN BAJA CALIFORNIA.....	51
3.4.6.6.2 REGIÓN BAJA CALIFORNIA SUR.....	52
3.4.6.6.3 REGIONES CENTRAL, NORESTE, NOROESTE, NORTE, PENINSULAR Y SUR.....	53
3.4.6.7.- DEMANDA FACTURABLE.....	54
3.4.6.8 ENERGÍA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE.....	55
3.4.6.9 DEPÓSITO DE GARANTÍA.....	55
3.4.7 FACTURACIÓN ENERGÉTICA DE LA GRANJA AVÍCOLA BUENAVENTURA.....	55
3.4.8 ANÁLISIS DE CARGA ACTUAL.	59
3.4.8.1 ÁREA DE SERVICIOS.....	59
3.4.8.2 SECCIÓN 1.....	62
3.4.8.3 SECCIÓN 2.....	63
3.4.9 PORCENTAJE DE ENERGÍA CONSUMIDA POR EQUIPOS.....	65
3.5 SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	67
3.5.1 TERMINOLOGÍA DE ILUMINACIÓN.....	67
3.5.2 ILUMINACIÓN ACTUAL.....	72

3.6 CONTROL DE DEMANDA ELÉCTRICA.....	75
3.6.1 MEDICIÓN DE LA DEMANDA.....	75
3.6.2 CONTROL DE LA DEMANDA.....	76
3.6.3 DEMANDA ELÉCTRICA ESPECÍFICA.....	77
3.6.4 FACTOR DE CARGA.....	79
3.6.5 CURVAS O PERFILES DE DEMANDA.....	81
3.6.6 IDENTIFICACIÓN DE CARGAS.....	83

CAPITULO IV.

PROPUESTAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

4.1 INTRODUCCIÓN.....	84
4.2 AHORRO ENERGÉTICO CON LA OPTIMIZACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	84
4.2.1 EFECTOS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	85
4.2.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS DE CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.....	85
4.2.2.1 INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE CARGA.....	87
4.2.2.2 REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE (CALENTAMIENTO).....	88
4.2.2.3 REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES.....	89
4.2.2.4 MEJORA DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE EN LOS EQUIPOS Y SISTEMAS ASOCIADOS.....	90
4.2.3 COMO CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.....	91
4.2.3.1 CALCULANDO BANCO DE CAPACITORES ÁREA DE SERVICIOS.....	91
4.2.3.1.1 CALCULANDO BANCO DE CAPACITORES CON EL TRIÁNGULO DE POTENCIAS.....	92

4.2.3.1.2 CALCULANDO BANCO DE CAPACITORES CON EL FACTOR K.....	93
4.2.3.2 CALCULANDO BANCO DE CAPACITORES PARA LA SECCIÓN 1 CON FACTOR K.....	94
4.2.3.3 CALCULANDO BANCO DE CAPACITORES PARA LA SECCIÓN 2 CON FACTOR K.....	95
4.2.3.4 ELIMINACIÓN DE LA PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	97
4.2.3.5 ELECCIÓN ENTRE COMPENSACIÓN FIJA O AUTOMÁTICA.....	98
4.3 AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	99
4.3.1 PROGRAMAS DE ILUMINACIÓN.....	100
4.3.1.1 PUNTOS CLAVE A CONSIDERAR CUANDO SE USE UN PROGRAMA DE ILUMINACIÓN.....	101
4.3.1.2 TRES PROGRAMAS DE ILUMINACIÓN.....	103
4.3.2 BENEFICIOS DEL PROGRAMA DE ILUMINACIÓN.....	104
4.3.3 ILUMINACIÓN ADECUADA PARA EL POLLO COBB.....	105
4.4 AHORRO ENERGÉTICO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN.....	108
4.4.1 FACTOR POR REBOBINADO.....	109
4.4.2 EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL MOTOR.....	109
4.4.2.1 CARCASA ABIERTA.....	111
4.4.2.2 CARCASA TOTALMENTE CERRADA.....	112
4.4.2 CLASE DE AISLAMIENTO.....	113
4.5 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	114
4.5.1 BANCOS AUTOMÁTICOS DE CAPACITORES.....	114
4.5.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE CAMBIO DE UN MOTOR ESTÁNDAR POR UN MOTOR DE ALTA EFICIENCIA.....	115
4.5.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	118
4.6 RESULTADOS.....	119

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	120
5.2 RECOMENDACIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍAS.....	122
ANEXOS.....	123

1.1 INTRODUCCION.

En la actualidad una de las prioridades más importantes en las industrias no solo en nuestro país si no en el resto del mundo es lograr el más alto grado de eficiencia en su consumo de energía eléctrica, esto sin afectar sus números de producción, ya que han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un capítulo importante en la misma.

Para lograr lo anterior es necesario implementar programas de ahorro de energía cuyo objetivo es el ahorro y uso eficiente de energía eléctrica. Estos programas ayudan a mejorar la producción y a liberar recursos económicos que pueden ser aprovechados para otras actividades productivas.

Por tal motivo este trabajo está encaminado a identificar aquellos puntos donde exista un consumo innecesario de energía en la producción de aves de engorda, teniendo como principal objetivo la reducción y perdidas de energía eléctrica, proponiendo equipos adecuados a los funcionamientos de la granja avícola buenaventura así como los de mayor eficiencia posible.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Como en cualquier proyecto exitoso de ahorro y uso eficiente de la energía, el diagnóstico energético es tan solo una parte de una serie muy importante de acciones sistemáticas que buscan enraizar la cultura de ahorro en todos los ámbitos de la empresa.

La eficiencia energética no solo reduce considerablemente el consumo de energía eléctrica y combate el problema de contaminación que actualmente se vive, si no que se obtiene una mejora en la productividad, con dicho proyecto se busca la mejora y eficiencia en cada uno de los equipos que se encuentran en función, mejorando el consumo eléctrico y que los resultados sean de gran beneficio para la Empresa Avícola Buenaventura.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 General.

- Proponer un plan de gestión para la mejora de la eficiencia energética eléctrica de la Empresa Avícola Buenaventura.

1.3.2 Específicos.

- Realizar un diagnóstico energético en las instalaciones de la granja.
- Analizar el consumo de energía eléctrica de un año atrás, por medio de las facturas eléctricas.
- Identificar las áreas y equipos que sean de baja eficiencia eléctrica y proponer equipos de mayor eficiencia eléctrica.
- Realizar un análisis económico del proyecto.
- Estudiar los criterios que se utilizan para corregir el bajo Factor de Potencia.

1.4 GENERALIDADES DE LA GRANJA.

La granja donde se realizó el estudio y la propuesta de implementación del plan de gestión energética, pertenece a Buenaventura Grupo Pecuario, empresa mexicana que se dedica a la exportación de pollos.

En la granja se encuentran instaladas 20 casetas convencionales, con dimensiones de 120 metros de largo, 13 metros de ancho y una altura promedio de 3.25 metros, cada caseta tiene la capacidad de albergar de 22 000 a 26 000 aves, misma que se tardan de 5 a 6 semanas para que alcancen el peso adecuado y puedan ser exportadas. La granja realiza este proceso de 6 a 7 veces por año, exportando un aproximado de 2 600 000 a 3 200 000 aves al año.

1.4.1 Referencias Generales de la Empresa.

- **Razón social:** Buenaventura Grupo Pecuario S.A. de C.V.
- **RFC:** BGP870821R59
- **Ciudad/Estado:** Villaflores, Chiapas.
- **Dirección:** Av. Central oriente N° 2 2^{do} piso. Col. Centro.
- **Código Postal:** 30470.
- **Teléfono:** (965) 652 0187 / 2300.

1.4.2 Misión.

Obtener la satisfacción del requerimiento alimenticio nacional mediante la Producción y Comercialización de productos relacionados con la Industria Avícola y porcina, considerando siempre que nuestros clientes son la base de toda nuestra atención y la razón más importante de nuestro trabajo.

Todos los esfuerzos tanto tecnológicos como administrativos están encaminados a hacer realidad este fin, procurando con ello el incremento del patrimonio de los

accionistas; y comprometiéndonos socialmente con el bienestar de los empleados, el desarrollo de la comunidad y preservación del medio ambiente.

1.4.3 Visión.

Grupo Buenaventura se ha distinguido siempre por mantener una alta calidad en sus productos. Nuestra misión es la consolidación nacional en el mercado Avícola y Porcina.

El riguroso proceso de selección y contratación de personal, aunado a los programas de capacitación, nos permite cumplir estrictamente con las políticas específicas de operación, manteniendo al máximo los estándares de servicio.

Nos distingue por ser una empresa que tiene siempre como propósito primordial, centrar sus esfuerzos para lograr satisfacer las necesidades de sus clientes.

Comunicamos cuidadosamente a todos nuestros distribuidores las diferencias y ventajas de trabajar con nosotros; asegurándonos que estén plenamente convencidos de los beneficios y garantías que obtendrán al tenernos como proveedores.

1.4.4 Valores.

- Responsabilidad.
- Constancia.
- Respeto.
- Productividad.
- Trabajo en equipo.
- Desarrollo Profesional.
- Lealtad.
- Familia.

1.5 PROBLEMAS A RESOLVER.

Actualmente la granja Avícola Buenaventura está sufriendo multas por un bajo factor de potencia, esto a pesar de que los transformadores cuentan con bancos de capacitores fijos, además de que en el historial de facturas eléctricas el factor de potencia no ha sido de manera constante.

Esto implicaría realizar un estudio muy profundo de todas las cargas eléctricas instaladas dentro de la granja y en base a los resultados estudiar y definir el método más exacto para la corrección del Factor de Potencia, así mismo dicho estudio ayudaría a elegir el banco de capacitores más adecuado para el sistema sin afectar al transformador y a la carga misma por una sobrecompensación.

Cabe mencionar que el 87% de la energía que actualmente se consume en la granja es ocupada por motores asíncronos trifásicos de eficiencia estándar, además de mencionar que han sido rebobinados por varias ocasiones, lo que implica que la eficiencia de los motores sea muy baja.

Para tal motivo se busca proponer motores de alta eficiencia trifásicos, para disminuir el consumo de energía eléctrica, logrando así un mayor aprovechamiento de la misma. Al mismo tiempo se estará favoreciendo a todos los conductores eléctricos que alimentan los equipos y distribuyen la energía evitando la sobre carga y el calentamiento excesivo en ellos.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.6.1 Alcances.

- En este proyecto se buscara que la energía que se está consumiendo en la granja pueda ser aprovechada al máximo por cada uno de los equipos que se encuentran en función, terminar con las penalizaciones por el bajo factor de potencia que se vive actualmente, lo que estaría implicando a mejorar el porcentaje de carga de los transformadores.

1.6.2 Limitaciones.

- Este estudio se basará en proyecciones cuantitativas de una posible implementación, debido a que por razones de tiempo, el proyecto sólo quedará como propuesta.
- Falta de equipos para mediciones, los cuales son muy importantes para realizar un diagnóstico energético en base de un estudio de cargas, eficiencia de los equipos que actualmente se encuentran y en el estudio de la demanda eléctrica en base a las facturaciones eléctricas.
- Debido a que la política de privacidad de la empresa es muy estricta, no podemos contar con toda la información necesaria para llevar a cabo una buena especificación de la misma y propuesta del proyecto.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN.

Durante los últimos años, las organizaciones han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un capítulo importante en la misma. Debido al incremento paulatino en su precio, han tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos, o por lo menos mantener su mismo nivel.

Para ello, es preciso conocer el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abaratar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

2.2 ANTECEDENTES

Según E. O. Oviedo-Rondon (2007) en su trabajo “Ahorro energético en granjas avícolas” el artículo propone:

- Cambiar bombillas incandescentes por bombillas más eficientes en el uso de energía (fluorescentes o de cátodo frío).
- Limpiar los ventiladores y sus persianas.
- Reemplazar las correas desgastadas de los ventiladores.
- Incrementar el aislamiento térmico especialmente en el techo, sobre techo o ático, en las paredes laterales o cortinas, en las bases de las paredes o cerca al techo, y en los cierres y marcos de las puertas.
- Disminuir las entradas no deseadas de aire en los sistemas de ventilación por túnel.
- Reducir la producción de amoníaco y las fugas de agua.

También hace mención que el consumo de energía varía en las granjas avícolas según la edad de las aves, las características de la nave, el tipo de equipo que se utilice, el mantenimiento de nave y equipos, y las prácticas de manejo.

Las condiciones ambientales y del clima prevalentes en la región donde está ubicada la granja influyen en el tipo de aislamiento necesario para obtener las condiciones ambientales deseadas para las aves dentro de la nave. Sin embargo, en la mayoría de las evaluaciones realizadas en granjas avícolas para determinar el uso de energía y las oportunidades de ahorro se observan aspectos comunes en los que se puede mejorar.

2.3 DEFINICIONES ELÉCTRICAS.

El sistema eléctrico y sus características abarcan no solamente los diversos tipos de equipos que se usan y su agrupación para conformar la carga, sino también el grupo de consumidores que integran un sector. Antes de proceder al diagnóstico y estudio de carga es necesario definir las relaciones más importantes y útiles.

Potencia activa (P). Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo, la origina la componente de la corriente que está en fase con la tensión. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc.

Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra P. De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = I.V.\cos\varphi = I.Z.I\cos\varphi = I^2.Z.\cos\varphi = I^2.R\text{..... } \mathbf{2.1}$$

Dónde: Z = Impedancia (Ω).

Sus unidades son kW o MW. Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

La potencia activa P, por originarse por la componente resistiva, es un vector a cero grados, como se puede apreciar en la siguiente figura.

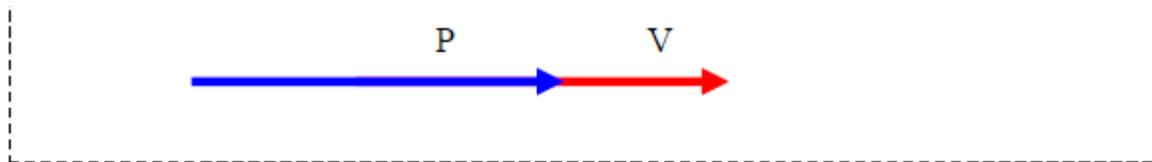


Figura. 2.1 Vector a cero grados.

Potencia reactiva (Q). Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos que generan campos magnéticos y campos eléctricos. La origina la componente de la corriente que está a 90° con respecto a la tensión, en adelante o en atraso. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil y se designa con la letra Q.

A partir de su expresión:

$$Q = I.V.\sin\varphi = I.Z.I\sin\varphi = I^2.Z.\sin\varphi = S.\sin\varphi\dots\dots 2.2$$

Dónde:

S = Potencia aparente o total (kVA o MVA).

Sus unidades son kVAr o MVar. Lo que reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos, los cuales pueden ser del tipo inductivo QL o capacitivo QC, como se observa en la siguiente figura:

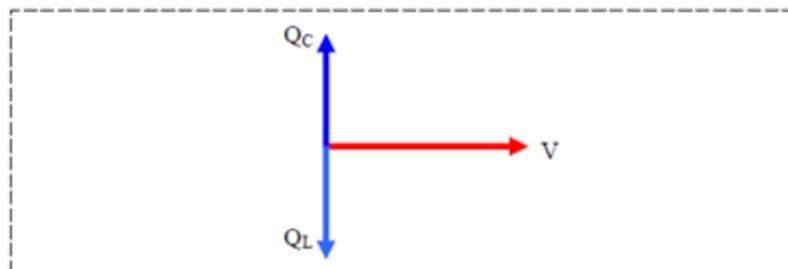


Figura 2.2 Potencia reactiva en adelante (Q_C) o atraso (Q_L) con respecto a la tensión.

Potencia aparente (S): La potencia aparente (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma, por ser la potencia total es el vector resultante de sumar la potencia activa y la potencia reactiva, dicho diagrama fasorial se muestra en la siguiente figura:

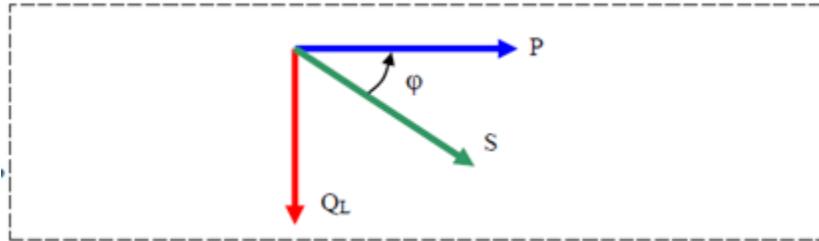


Figura 2.3 Vector resultante (S) de sumar la Potencia Activa y la Potencia Reactiva.

Esta potencia no es la realmente consumida o útil, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($\cos \varphi=1$) ya que entonces la potencia activa es igual a la potencia aparente, esta potencia también es indicativa de que en la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S.

La ecuación para calcular la potencia aparente es:

$$S = I.V \dots\dots\dots 2.3$$

Sus unidades son kVA o MVA.

Demanda. Es la energía eléctrica promedio en un período de tiempo determinado.

La demanda depende del monto mayor incurrido de acuerdo a los siguientes criterios:

- Demanda mínima.
- Demanda máxima
- Demanda asignada contratada.

Demanda mínima. Corresponde al cargo que se efectúa en aquellos casos en que la demanda leída en el mes, es menor a la demanda mínima de la tarifa y demanda asignada contratada.

Demanda Media. Es la demanda de energía eléctrica promedio en un período de tiempo determinado.

Demanda Máxima. La demanda máxima se determina mensualmente por instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos rodado a 5 minutos, en el cual dicha demanda sea mayor que en cualquier otro período de 15 minutos.

Demanda contratada. Es la demanda de referencia contratada por la empresa para ser suministrada, y se considera la demanda máxima incurrida en cualquiera de los meses previos como referencia para su asignación.

Carga conectada. Es la suma de los valores nominales de todas las cargas del consumidor que tienen probabilidad de estar en servicio al mismo tiempo para producir una demanda máxima. La carga conectada se puede referir tanto a una parte como al total del sistema y se puede expresar en vatios, kilovatios, amperes, HP, kilovoltios - amperes, entre otros, dependiendo de las necesidades y requerimientos del estudio.

Facturación de energía eléctrica. Es la forma de expresar y saber la cantidad de energía eléctrica que se ha consumido en un período de un mes y los costos que representa, según las tarifas que se tenga. La forma de realizar la facturación consiste en el cargo por consumo de energía (KWH) y por demanda (KW). Además se presenta una serie de implicaciones que deben ser comprendidas por las personas responsables de la instalación.

Factor de Carga. Es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima durante las 24 horas, diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga.

Factor de Carga = kW Demanda Promedio / kW demanda Máxima....**2.4**

kW Demanda Promedio = kWh Mensuales / Número de horas del mes de facturación....**2.5**

2.4 AHORRO DE ENERGÍA.

Esfuerzo por reducir la cantidad de energía para los usos industriales, instituciones de gobierno y domésticos, en especial en un mundo desarrollado.

2.4.1 Diagnóstico Energético Eléctrico.

El diagnóstico energético eléctrico constituye la herramienta básica para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y para definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

- En resumen, los objetivos del diagnóstico energético son:
- Evaluar cuantitativamente y cualitativamente el consumo de energía.
- Determinar la eficiencia energética, pérdidas y despilfarros de energía en equipos y procesos.
- Identificar potenciales de ahorro energético y económico.
- Establecer indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento.
- Definir posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente.

2.4.2 Actividades de un Diagnóstico Energético.

En sentido general, un diagnóstico comprende las siguientes actividades:

1. Reconocimiento preliminar del sistema eléctrico.

El objetivo fundamental del reconocimiento preliminar es lograr una primera aproximación al sistema en estudio, identificando el proceso productivo y/o áreas principales, las fuentes de energía, la capacidad instalada, horas de operación y los consumidores de energía. Así como conocer las facturas del suministrador de energía eléctrica.

2. Recopilación de la información.

En esta fase, se procede a tomar los datos, realizar las mediciones y registros de las mismas, con el objetivo de conocer la distribución de energía en las diferentes áreas del proceso productivo.

3. Evaluación de la situación energética.

Consiste en determinar la incidencia del consumo de energía de cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total y por lo tanto en el costo total.

4. Determinación de oportunidades de ahorro de energía.

Significa determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos, mediante una evaluación técnica detallada en los sistemas eléctricos. A su vez se identifica las medidas apropiadas de ahorro de energía, previa evaluación de los ahorros en términos de costos.

2.5 OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Estructura de las Tarifas. La estructura actual de la tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se ha tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de tensión de suministro y demanda.

Control del Factor de Potencia. El control del factor de potencia se realiza a través de la compensación reactiva. La demanda de potencia reactiva se puede reducir sencillamente colocando condensadores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL. Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva Qc de los condensadores, se anula total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación reactiva.

El control del factor de potencia a través de la instalación de capacitores:

- Elimina los cargos por concepto de energía reactiva, es decir menor costo de energía eléctrica.
- Aumenta la capacidad del sistema y disminuye las pérdidas por efecto Joule, al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables.

Eficiencia en la Iluminación. Entre el 20 y 25% de la electricidad utilizada en edificios y alrededor del 5% del total de energía consumida en el país, es usada en iluminación.

La iluminación también produce calor adicional en edificios, que probablemente puede beneficiar en climas fríos, pero generalmente representa una carga térmica significativa para los sistemas de aire acondicionado.

El calor de las lámparas, puede contribuir entre un 15 al 20% de la carga térmica en edificios. Aunque los problemas y por tanto las soluciones son particulares para cada sistema de iluminación, en la actualidad se cuenta con esquemas de

modernización de los mismos con los cuales se cumplen los requerimientos establecidos por las normas oficiales, ofreciendo además confort a los usuarios y un sistema más eficiente en cuanto a consumo de energía.

Un sistema de iluminación está compuesto por 4 elementos principales:

- Lámpara.
- Balastro.
- Gabinete.
- Control.

2.6 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EFICIENTES.

2.6.1 Lámparas.

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.).

Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) que mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación).

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescente • Fluorescente • Halógenas de baja potencia • Fluorescentes compactas
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado general: fluorescentes • Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescentes • Halógenas • Fluorescentes • Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los tipos • Luminarias situadas a baja altura (≤ 6 m): fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura (>6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores • Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> • Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Figura 2.4 tipos de lámparas más utilizadas

2.6.2 Lámparas fluorescentes.

En este tipo de lámparas, la luz se produce debido al fenómeno de fluorescencia, por medio de una descarga eléctrica dentro de un tubo cuya longitud es mucho mayor que su diámetro, en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión.

Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. Balastro.

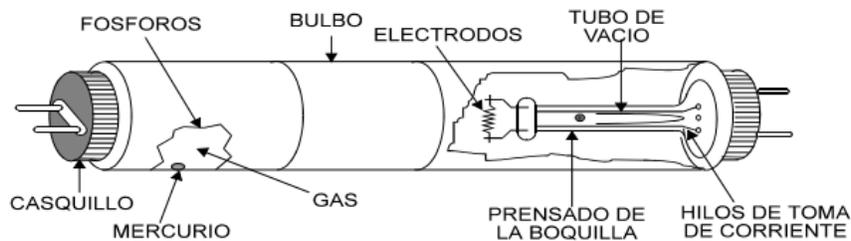


Figura 2.5 Componentes de una Lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balastro y para el encendido existen las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo (Slim line) en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

2.6.3 Lámparas Compactas Fluorescentes (CFL).

Se desarrollaron a fines de la década de los 70s, pero fueron introducidas al mercado norteamericano a principios de los 80s.

Las CFLs están disponibles en una amplia gama de temperaturas de color (TCC), desde 2700°K hasta 5000°K. Tienen generalmente un alto rendimiento de color (CRI) y las hay en una amplia variedad de tamaños, formas y potencias. La cada vez mayor disponibilidad de luminarios diseñados especialmente para operar CFLs satisfagan las necesidades de casi todas las aplicaciones.

Las CFLs consumen solamente entre una tercera y una cuarta parte de la energía consumida por las incandescentes, teniendo además una vida 10 veces superior.

Por ejemplo, una CFL de 13 watts (que consume 17 watts con todo y su balastro) vive 10,000 horas y puede producir casi la misma luz que una incandescente de 60 watts que vive usualmente menos de 1,000 horas.

Lámparas de tubo gemelo sencillo con doble alfiler y diámetro de media pulgada (T4) con arrancador integrado en la base. Operan con balastro económico tipo electromagnético de circuito serie. Las hay de potencias de 5 a 13 watts y se encuentran disponibles tanto para sistemas modulares como dedicados.

Lámparas de doble tubo gemelo (llamadas Quad) con doble alfiler y diámetro T4 o T5 con arrancador integrado en la base. Estas lámparas producen más luz que las de tubo gemelo sencillo y están disponibles en potencias hasta 27 watts. Se aplican en todos los sistemas de CFLs.

Lámparas de doble tubo gemelo con cuatro alfileres y diámetro T4 o T5. Gracias al número de alfileres no requieren de arrancador en la base. Estas lámparas están diseñadas para usarse principalmente con balastos electrónicos. Las T5 de mayor potencia (hasta 55 watts) usan bases 2G11 aunque por sus características en ocasiones se consideran como lámparas fluorescentes estándar.

2.6.4 Balastos.

Un balastro proporciona el voltaje necesario para arrancar la lámpara y una vez encendida, mantiene a la lámpara en operación. Todos los balastos consumen cierta cantidad de energía que debe siempre considerarse cuando se determina la eficacia de un sistema. Tanto los sistemas modulares como los integrales combinan una base tipo Edison y un balastro para la instalación directa en los luminarios para lámparas incandescentes.

Todas las otras CFLs están diseñadas para operar con un balastro externo que debe ser específico para cada tipo de lámpara y potencia.

2.6.5 Balastos Electromagnéticos de Alta Eficiencia.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente tienen la ventaja de contar con un termoprotector que evita sobrecalentamientos internos.

Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos.

Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que puedan vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

2.6.6 Balastos Electromagnéticos Para Lámparas Lineales.

Encendido instantáneo (EI).

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por ésta razón los balastos de encendido instantáneo son de mayor tamaño y aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores (con lo cual se reduce el mantenimiento) son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara.

2.6.7 Balastos Electromagnéticos para Lámparas Lineales.

Encendido rápido (ER).

En éste tipo de balastos se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de EI porque además de la tensión

aplicada a cada cátodo se aplica una tensión entre cátodos de tal manera que se inicie el arco. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque.

2.6.8 Luovers.

Son reflectores a base de aluminio pulido al espejo con recubrimientos especiales, presentando un comportamiento especular. Están diseñados para reducir la absorción de luz y evitan la distorsión de la longitud de onda de los rayos incidentes.



Figura 2.6 Luovers.

2.7 EMPLEO DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.

En los países de Latino América, se estima que aproximadamente, un 70% de la energía corresponde a los sistemas de fuerza (motores eléctricos en general) debido en gran parte a la antigüedad y las barreras que han limitado una modernización de estos importantes equipos.

Los principales beneficios de invertir en motores de alta eficiencia son:

- Ahorros por el consumo de la energía eléctrica, lo que implica menores costos de operación, menores cargos por demanda máxima.
- Menores pérdidas en vacío.
- Mayor vida útil de aislamiento.
- Mayor confiabilidad.
- Reducción de costos de mantenimiento.
- Utilización de nuevas tecnologías.

2.7.1 Tipos de Motores.

Actualmente, existen una gran diversidad de motores utilizados dentro de la industria, sin embargo, todos ellos caen dentro de una clasificación de acuerdo a la corriente utilizada o el tipo de fabricación del motor.

De acuerdo a la corriente que utilizan los motores se clasifican como de corriente alterna y de corriente directa.

Por el tipo de fabricación, se clasifican como abiertos, cerrados, a prueba de goteo, a prueba de explosión, etc. Por el tipo de par, se clasifican como de alto par de arranque, par de arranque normal.

Por su forma de operación, se clasifican como motores síncronos, asíncronos o de inducción, de rotor devanado, de alto deslizamiento, etc.

Por la velocidad, se clasifican como de 2 polos, 4 polos, 6 polos, etc., cuyas velocidades de sincronismo son 3600, 1800 y 1200 r.p.m. respectivamente.

Los motores más utilizados dentro de la industria es el motor asíncrono o más conocido como motor de inducción. Esto se debe a que su construcción es muy sencilla pero muy robusta, se adapta bien a marcha a velocidad constante, tiene pocos componentes y por lo tanto su costo de adquisición y de mantenimiento no son muy elevados.



Figura 2.7 Motores de alta eficiencia.

Por tipo de corriente	Por construcción	Por par desarrollado	Por Velocidad
De corriente directa	Abiertos	Alto par de arranque	De 2 polos (3600 rpm)
De corriente alterna	Cerrados	Bajo par de arranque	De 4 polos (1800 rpm)
Universales	A: prueba de explosión	Par de arranque normal	De 6 polos (1200 rpm), etc.

Tabla 2.1 Características de los motores.

2.7.2 Características Generales del Motor de Inducción.

Su nombre deriva de su principio de operación, ya que el estator, que es donde se ubican los devanados, induce un voltaje en el rotor, debido a la acción de un campo magnético fluctuante.

El rotor, está formado únicamente por láminas muy delgadas de acero al silicio, aisladas entre sí por barniz, por su similitud con las jaulas de las ardillas, este motor se conoce como motor con rotor jaula de ardilla.

Al variar el valor del campo magnético, varía también el valor del voltaje inducido en el rotor, lo que provoca corrientes circulantes en el rotor y por lo mismo, campos magnéticos, que se van a oponer al campo que las genera, provocando con ello un par motriz y por lo tanto un movimiento giratorio del rotor.

Entre el voltaje inducido en el rotor y el campo generado por el estator, existe un desfaseamiento, esto es lo que provoca la inducción de voltaje.

Aunque el rotor sigue al campo magnético del estator, debe existir una diferencia porque de lo contrario no se produce la inducción y el rotor no gira.

El rotor, está formado únicamente por láminas muy delgadas de acero al silicio, aisladas entre sí por barniz, por su similitud con las jaulas de las ardillas, este motor se conoce como motor con rotor jaula de ardilla.

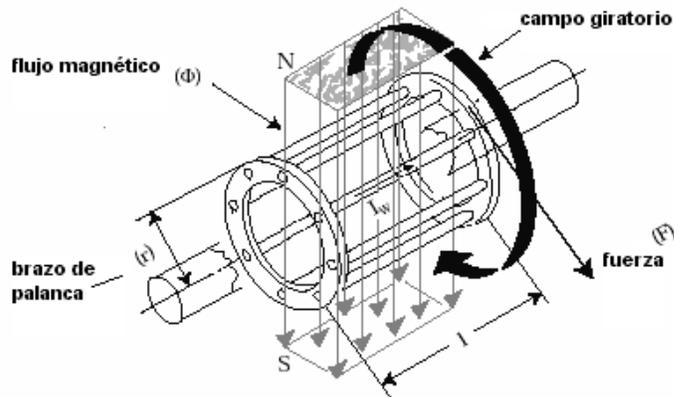


Figura 2.8 Principio de operación de un motor de inducción.

2.7.3 Velocidad de Rotación de un Motor

La velocidad con la que gira el campo magnético del estator (n_s) se conoce como velocidad síncrona (o sincrónica) del motor y se deduce que dicha velocidad síncrona solo se puede cambiar si se modifica la frecuencia o el número de polos.

La velocidad de giro de este campo magnético en revoluciones por minuto (r.p.m.), es:

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots 2.6$$

Dónde:

F= Frecuencia de alimentación.

P= Número de polos del devanado del estator.

En la tabla que se presenta a continuación, se indica la velocidad síncrona de acuerdo al número de polos del motor para una frecuencia de alimentación de 60 Hz.

Número de Polos	Velocidad Síncrona (RPM)
2	3600
4	1800
6	1200
8	900

Tabla 2.2 Velocidad Síncrona de Motores de Inducción.

A esta diferencia entre la velocidad de sincronismo o del campo del estator y la velocidad del rotor se le denomina deslizamiento, y se expresa normalmente como porcentaje.

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} * 100 \dots\dots 2.7$$

Dónde:

S= deslizamiento.

N_s= velocidad de sincronismo.

N_r= velocidad real.

2.8 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad.

2.8.1 Factor de Potencia

Es la relación de la potencia activa P con la potencia aparente S , es decir la proporción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total (S) requerida por la carga. Bajo condiciones de tensiones y corrientes senoidales el factor de potencia es igual al $\text{Cos } (\varphi)$.

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots 2.8$$

En un circuito trifásico equilibrado la potencia activa (P), reactiva (Q) y aparente (S) se expresan como:

$$P = 3 VI \cos \varphi \dots\dots 2.9$$

$$Q = 3 VI \text{ Sen } \varphi \dots\dots\dots 2.10$$

$$S = 3 VI = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots 2.11$$

A continuación en la figura 2.9 se presenta el diagrama vectorial de potencias, para una carga inductiva:

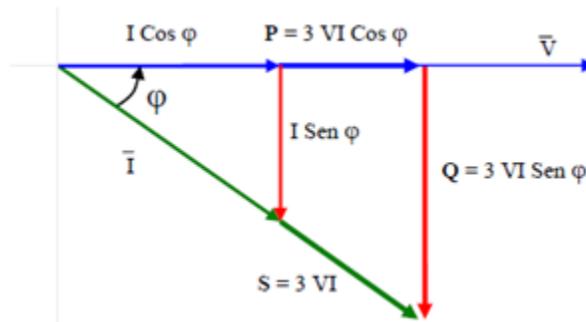


Figura 2.9 Triangulo de potencias.

Dónde:

V = Tensión fase-neutro (V).

I = Corriente de fase (A).

En este diagrama vectorial se puede apreciar que, para una potencia activa (P) dada, la corriente (I) y la potencia aparente (S) son mínimas cuando el ángulo de desfase es igual a 0° o lo que es equivalente cuando el $\cos \varphi = 1$.

2.8.2 Planteamiento para la corrección del Factor de Potencia.

La aplicación de los bancos de capacitores en las instalaciones industriales y en las redes de distribución, es la corrección del factor de potencia, esto se hace por dos razones fundamentalmente:

- a) Para estar dentro de los límites mínimos fijados por las compañías suministradoras y evitar penalización por bajo factor de potencia.

- b) Cuando el $\text{Cos } \varphi$ es mayor que el especificado por la compañía suministradora (0.9), entonces se penaliza, es decir, se impone una sanción económica o cargo por bajo factor de potencia en el recibo de consumo de energía.
- c) Para mejorar las condiciones operativas (voltajes y pérdidas) y tener una mejor economía de operación. Considerando la figura 2.10, si el valor mínimo especificado es $\text{cos } \varphi_2$, entonces es necesario pasar de $\text{cos } \varphi_1$ a $\text{cos } \varphi_2$, mantenido el suministro de la carga constante, por lo tanto para pasar del valor actual de consumos de potencia reactiva Q_1 , al valor deseado, para obtener el ángulo φ_2 , es decir a Q_2 , se requiere restar a Q_1 una cantidad Q_c , que corresponde a la potencia reactiva del banco de capacitores.

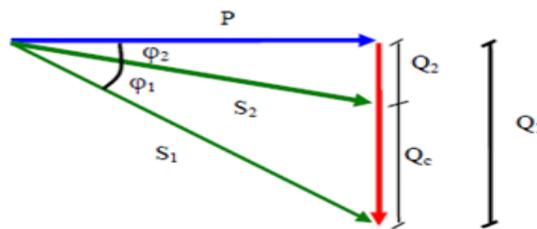


Figura 2.10 corrección del $\text{cos } \varphi_1$ a $\text{cos } \varphi_2$.

Para realizar el cálculo de Q_C se utiliza la ecuación $Q_C = P \times (\text{Tan } \varphi_1 - \text{Tan } \varphi_2)$, sin embargo se puede utilizar la ecuación $Q_C = P \times \text{Factor K}$, la cual se obtiene a través de la figura 2.10, donde en el primer caso el factor K se obtiene por medio de una tabla (anexo), donde se muestra el factor inicial el cual es el factor en el que nuestro sistema está en operación y el factor de potencia deseado, para encontrar el valor del factor K se toma el valor en el cual estos dos factores se intersectan.

2.8.3 Definición de un Capacitor.

Los capacitores son equipos capaces de acumular electricidad; están constituidos básicamente por dos placas conductoras colocadas frontalmente en paralelo y separadas por un medio cualquiera aislante, que puede ser aire, papel, plástico, etc. En las caras externas de estas placas se conecta una fuente de tensión que genera un campo electrostático en el espacio comprendido entre las dos placas.

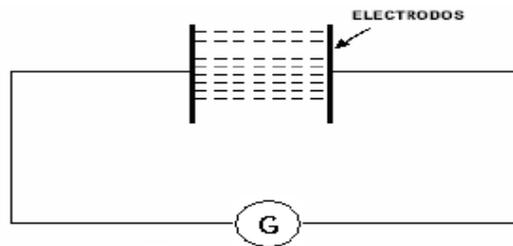


Figura 2.11 Campo electrostático entre las dos placas del capacitor.

El generador G podría ser una batería o un generador cualquiera de corriente continua o de corriente alterna, las placas paralelas se denominan electrodos, las líneas de flujo entre las placas paralelas son imaginarias, el material aislante colocado entre las placas paralelas se denomina dieléctrico, la energía electrostática queda acumulada entre las placas y en menor intensidad en su vecindad.

El coulomb es una cantidad de carga eléctrica que puede ser almacenada o descargada en forma de corriente eléctrica durante un cierto periodo de tiempo tomado como unidad. Para mejor comprensión se puede considerar el caso de una batería de automóvil de 54 Ah que puede descargar toda la energía a razón de 1A en un tiempo de 54 horas, o bien 54 A en un tiempo de 1h.

Un coulomb es por lo tanto el flujo de carga o descarga de una corriente de 1A en un tiempo de 1 seg., esto quiere decir que durante un tiempo de 1seg, 6.25×10^{18} electrones son transportados de una placa a otra cuando la carga o descarga del capacitor es de 1.6×10^{-19} (C). Es bueno saber que la carga eléctrica de un electrón es de 1.6×10^{-19} C.

Si una determinada tensión V (volts) se aplica entre las placas paralelas separadas por una distancia de d (m), la intensidad del campo eléctrico se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{V}{d} \dots\dots \mathbf{2.12}$$

Dónde:

E = Intensidad del campo eléctrico (V/m).

V = Tensión (V).

d = Distancia (m).

La unidad que mide la capacidad de carga C de un capacitor es el Farad, de modo que 1 Farad es la capacidad de carga eléctrica de un capacitor cuando una carga eléctrica de 1coulomb (6.25×10^{18} electrones) está almacenada en el medio eléctrico bajo una tensión aplicada de 1V entre las terminales de placas paralelas. Los capacitores son evaluados por la cantidad de carga eléctrica que es capaz de almacenar en su campo y está dada por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots \mathbf{2.13}$$

2.8.4 Energía Almacenada.

Cuando los electrodos de un capacitor son sometidos a una tensión entre sus terminales, circula en su interior una corriente de carga, lo que hace que una determinada cantidad de energía se acumule en su campo eléctrico. La energía media almacenada en el capacitor se puede obtener con la ecuación:

$$E = \frac{1}{2} \times C \times V_m^2 \dots\dots \mathbf{2.14}$$

Dónde:

E = Energía almacenada (J).

C = Capacidad del capacitor (F).

V_m = Tensión aplicada en valor pico (V).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DEL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO.

3.1 INTRODUCCIÓN.

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está utilizando, para lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía que generalmente se le conoce como diagnóstico energético.

El diagnóstico energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía. Sin embargo, no se podría alcanzar ahorros significativos a largo plazo sin el respaldo de un programa de ahorro de energía dentro de la empresa.

Para desarrollar eficientemente y con éxito un programa de ahorro de energía en una organización debe cumplirse las siguientes condiciones:

- Compromiso en recursos y tiempo, tanto de la gerencia como del personal de la empresa, para implementar y desarrollar un programa energético con un esfuerzo permanente.
- Debe existir una base de datos consistente, sobre consumos energéticos de la empresa.
- Los proyectos viables deben ser evaluados de acuerdo con las normas y técnicas financieras de la compañía.
- El programa de ahorro de energía debe manejarse como cualquier programa gerencial o administrativo de la empresa.

En resumen, un programa de ahorro de energía en una empresa, implica un compromiso y una organización permanente a largo plazo, que se integra a la administración diaria de la empresa y que sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un diagnóstico energético mientras que éste, representa una intervención temporal que identifica los ahorros potenciales.

3.2. RECONOCIMIENTO DE PLANTA.

En este punto se analiza el área y los equipos que se encuentran instalados en la granja, para tener el conocimiento donde realizara el diagnóstico energético.

La granja avícola tiene una extensión aproximada de 30 hectáreas de terreno plano, en la cual se encuentran las construcciones de dos secciones en la cuales con un total de 20 casetas de ambiente convencional y un área de servicios.

La granja tiene en uso la tarifa HM, la cual se aplica a los que destinan la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 Kilowatts o más.

La empresa que se encarga de suministrar la energía eléctrica a la granja es Comisión Federal de Electricidad (CFE), con una carga contratada de 210 KW, actualmente la granja avícola tiene cargos por bajo Factor de Potencia (F.P.), además de acuerdo a su historial de facturación no mantiene un Factor de potencia constante.

La carga contratada por parte de la empresa es distribuida en tres transformadores con sus cargas correspondientes, distribuidas de la siguiente manera:

Área de Servicios (Transformador de 45 KVA): Las cargas que se encuentran en esta sección son: bomba de pozo profundo, bomba de arco, una caseta convencional y un total de 10 luminarias fluorescentes compactas de 15 watts.

1° Sección (Transformador de 150 KVA): Alimenta a 9 casetas convencionales.

2° Sección (Transformador de 150 KVA): Alimenta a 10 casetas convencionales.

Las casetas convencionales tienen una dimensión de 120m de largo por 13m de ancho y una altura promedio de 3.25m, retiradas 20 m una caseta de la otra.

Cabe mencionar que únicamente las dos secciones cuentan con bancos de capacitores de tipo fijos con las capacidades de 50 KVAR y 30 KVAR respectivamente.

A continuación se presenta una tabla de las cargas que se encuentran instaladas en una caseta convencional y en el área de servicios, esto para darnos una perspectiva más clara de las cargas eléctricas que se están manejando dentro de la granja.

DESCRIPCION	CAPACIDAD (H.P. O WATTS)	VOLTAJE DE PLACA	FASES	CANTIDAD	MARCA DEL EQUIPO	R.P.M.
Ventiladores	½	220 V	3	16	FASCO	1725
Motor de silo	3/4	220 V	1	1	LEESON	1725
Motor comedero	½	220 V	3	2	LEESON	1725
Fogger	1	220 V	1	1	STA-RITE	3450
Lámparas fluorescentes	15 WATTS	127 V	1	12	MEGAMEX	----

Tabla 3.1 Equipos instalados en una Caseta convencional.

En la tabla 3.1 se puede observar los equipos eléctricos que existen en una caseta convencional, donde hay un total de 19 motores asíncronos de 1725 RPM, una bomba de Fogger de 3450 RPM y 12 lámparas fluorescentes compactas de 15 Watts c/u.

DESCRIPCION	CAPACIDAD (H.P. O WATTS)	VOLTAJE DE PLACA	FASES	CANTIDAD	MARCA DEL EQUIPO
Lámparas fluorescentes	15 WATTS	127v	1	10	MEGAMEX
Bomba de arco	2	220V	1	1	SIEMENS, 3450 R.P.M.
Bomba de pozo profundo.	5	220v	3	1	GRUNDFOS

Tabla 3.2 Área de Servicios.

En la Tabla 3.2 se menciona dos bombas centrifugas, 10 lámparas fluorescentes compactas de 15 Watts.

Haciendo un resumen de todos los equipos que se encuentran en la granja avícola buenaventura, quedaría de la siguiente manera:

Equipos	Cantidad	Capacidad (HP O KW)
Motores de ventilador	320	½ H.P.
Motores de silo	20	¾ H.P.
Motores de Comedero	60	½ H.P.
Bombas de Fogger	20	1 H.P.
Bomba para Arco	1	2 H.P.
Bomba Sumergible	1	5 H.P.
Lámparas	250	15 Watts

Tabla 3.3 Equipos eléctricos ubicados en toda la granja.

Equipo Eléctricos	Cantidad
Motores	400
Bombas centrifugas	22
Lámparas	250

Tabla 3.4 Suma de los Equipos eléctricos.

Como se puede observar en la tabla 3.4 la granja avícola Buenaventura tiene en función cargas inductivas, las cuales son consumidoras de la potencia activa, pero que a la vez necesitan potencia reactiva para un buen funcionamiento, estas cargas son la principal causa de un bajo Factor de Potencia en toda industria que cuente con las mismas, en este caso para la Granja Avícola buenaventura.

Para compensar la potencia reactiva que necesitan los equipos para un buen funcionamiento eléctrico dentro de la granja, es necesaria la instalación de bancos de capacitores y evitar cargos por un Bajo Factor de Potencia. En la granja, dicha potencia reactiva trata de compensarse con los bancos de capacitores que se mencionan en la Tabla 3.5 también se menciona la ubicación de ellos.

Transformador	Banco de Capacitores	Sección
45 KVA-3F-13.2KV/220-127V	No tiene	Área de servicios
150 KVA-3F-13.2KV/220-127V	50 KVAR-3F-220V-FIJO	1
150KVA-3F-13.2 KV/220V-127V	30 KVAR-3F-220V-FIJO	2

Tabla 3.5 Banco de capacitores que contiene cada Transformador.

En base a la información recabada, se puede observar una perspectiva más clara de todos los equipos que son utilizados para llevar a cabo todo el proceso para la crianza de pollos de engorde en la Granja Avícola Buenaventura, y poder observar puntos específicos para implementar dicho proyecto.

3.3 Voltaje de Planta.

Es muy importante tomar en cuenta el voltaje que están proporcionando los transformadores de la granja a los equipos eléctricos en función, ya que a partir de este punto dependerá de gran manera el funcionamiento de los mismos. Por ello se realizaron mediciones en cada uno de los transformadores para saber exactamente que voltaje están proporcionando a su respectiva área.

Periodo-(00:01)	L1-N	L2-N	L3-N	L1-L2	L2-L3	L1-L3
00:01	110	110	108	204	203	204
00:02	112	112	108	205	203	203
00:03	108	110	108	204	202	203
00:04	107	110	106	204	202	203
00:05	109	110	107	203	203	204
00:06	107	109	107	206	202	204
00:07	107	110	108	205	203	204
00:08	107	109	106	205	204	202
00:09	110	109	109	205	203	202
00:10	108	109	109	204	203	202
00:11	108	110	108	204	202	203
00:12	106	109	108	203	202	202
00:13	106	110	109	205	202	204
00:14	109	110	107	205	203	204
00:15	108	110	105	203	202	204
00:16	108	110	106	205	203	203
00:17	108	109	106	204	203	202
00:18	107	108	107	203	203	202
00:19	107	109	108	203	204	203
00:20	107	109	108	200	202	202
00:21	108	109	108	200	204	203
00:22	107	108	106	205	205	204
00:23	108	106	109	204	200	203
00:24	108	106	109	204	202	203
00:25	108	109	110	205	203	202
00:26	107	109	107	205	202	202
00:27	108	109	107	205	202	204
00:28	107	108	108	203	204	201
00:29	107	109	108	203	204	202
00:30	108	109	107	204	203	202
PROMEDIO:	107.83	109.13	107.57	203.93	202.77	202.87

Tabla 3.6 Mediciones en el área de servicios – Transformador 45 KVA

Periodo-00:01	L1-N	L2-N	L3-N	L1-L2	L2-L3	L1-L3
00:01	106	110	109	204	203	202
00:02	107	110	109	204	203	202
00:03	108	109	109	204	203	202
00:04	108	109	108	204	203	203
00:05	106	110	109	204	203	203
00:06	104	110	109	205	203	203
00:07	104	110	108	205	204	203
00:08	104	109	107	205	204	203
00:09	104	108	107	204	204	203
00:10	105	108	108	204	204	203
00:11	105	109	106	204	204	204
00:12	104	109	106	204	204	204
00:13	105	110	109	204	203	204
00:14	104	110	109	205	203	204
00:15	106	110	109	205	203	203
00:16	107	109	109	205	202	203
00:17	109	109	109	205	202	202
00:18	106	109	109	206	202	203
00:19	106	109	108	204	202	203
00:20	108	108	109	204	203	203
00:21	107	108	109	204	203	202
00:22	106	109	109	204	204	203
00:23	107	110	109	204	203	203
00:24	107	109	109	205	203	205
00:25	106	109	108	203	203	203
00:26	106	107	107	203	204	203
00:27	104	107	107	203	204	203
00:28	105	108	107	203	204	203
00:29	105	108	107	203	204	204
00:30	104	108	106	204	204	204
PROMEDIO:	105.77	108.93	108.13	204.17	203.27	203.10

Tabla 3.7 Mediciones en la Sección 1 – Transformador de 150 KVA.

Periodo-00:01	L1-N	L2-N	L3-N	L1-L2	L2-L3	L1-L3
00:01	108	109	109	204	204	202
00:02	108	109	109	204	203	204
00:03	108	108	108	205	203	204
00:04	106	108	108	205	203	204
00:05	106	108	109	205	203	203
00:06	109	108	110	205	202	202
00:07	108	109	110	206	203	202
00:08	108	109	110	204	204	203
00:09	108	108	109	204	203	202
00:10	107	108	109	204	203	203
00:11	107	109	110	204	202	204
00:12	107	108	109	204	202	203
00:13	107	109	109	205	202	203
00:14	107	109	109	203	203	202
00:15	108	108	110	203	202	202
00:16	108	108	110	203	203	204
00:17	108	108	110	203	203	201
00:18	106	108	110	203	203	202
00:19	106	110	109	204	204	202
00:20	107	110	108	202	202	203
00:21	107	110	109	203	204	202
00:22	108	110	109	203	205	203
00:23	108	109	109	203	200	203
00:24	108	109	110	202	202	205
00:25	108	108	110	203	203	203
00:26	110	109	110	203	202	203
00:27	110	108	109	205	202	203
00:28	110	109	109	203	204	203
00:29	109	109	109	203	204	204
00:30	108	109	108	203	203	204
PROMEDIO:	107.77	108.70	109.23	203.70	202.87	202.93

Tabla 3.8 Mediciones en la Sección 2 – Transformador de 150 KVA.

Los resultados que se presentan en las tablas 3.6, 3.7 y 3.8, son un promedio de todas las mediciones que se realizaron en el interruptor principal de cada uno de los transformadores y en el interruptor principal de cada una de las casetas.

Como se puede observar se observa una distribución de un bajo voltaje, pero esto es parte de los problemas que se están suscitando por el bajo factor de potencia que se encuentra en la granja.

Estos datos servirán para saber el funcionamiento de cada uno de los equipos eléctricos de toda la granja, además de obtener el porcentaje de carga de cada uno de los transformadores, tomando en cuenta el Factor de Potencia que actualmente existe.

3.4 TARIFAS ELECTRICAS.

Haciendo caso omiso de los muchos tipos de tarifas y de los diferentes procedimientos de cálculo de cualquier compañía de generación de energía eléctrica del mundo, todas las facturas extendidas sobre el consumo de electricidad obedecen al mismo patrón.

Son tres los conceptos los que llevan estas facturas:

- Demanda máxima (KW).
- Energía consumida (KWh).
- Factor de potencia (F.P.).

También existen otros conceptos que forman parte de la facturación y que en ocasiones se utilizan para realizar cobros adicionales o bonificaciones, en la actualidad para fomentar el ahorro de energía se han creado tarifas preferenciales en las que se hace referencia a estos conceptos.

- Horas de Facturación.
- Factor de Carga.
- Medición en Baja Tensión.
- Cargos por Mantenimiento.

3.4.1 Cargos por Demanda.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. En este renglón se incluyen los cargos de la inversión, agregando intereses, impuestos, amortización, etc.

La demanda máxima es la demanda media en kilowatts durante un periodo de 15 minutos en el cual el consumo de energía es mayor que en cualquier otro.

3.4.2 Medición de la energía.

El principio de funcionamiento de un medidor de potencia se encuentra fundamentado en las leyes de Faraday, que aplicadas a la medición de potencia se explican en forma más simple de la siguiente manera:

Dos electromagnéticos son colocados en el medidor y se alimentan con el voltaje y la corriente. El flujo resultante induce el torque del disco el cuál es proporcional a la potencia. La acción de frenado del disco es proporcionada por un mangote permanente.

3.4.3 Medición de la energía activa.

En una red de energía eléctrica sin neutros dos wattmetros pueden ser usados para medir la energía reactiva.

Con el neutro, la corriente en las tres fases debe ser medida.

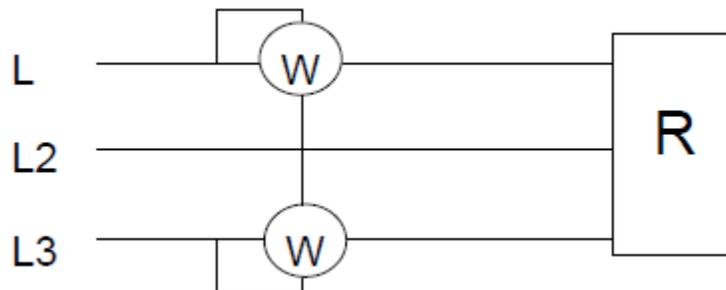


Figura 3.1 Medición de la energía activa

3.4.4 Medición de la Potencia Reactiva.

El principio es el mismo que para la potencia activa, pero el flujo debido al voltaje en la bobina tiene que estar desfasado 90°. Para este propósito, se usa el valor de voltaje de las otras dos fases diferentes para la medición de corriente.

Los costos de operación de la porción de la factura de consumo de energía eléctrica, se basa en el número de kilowatt hora registrados en el término de cierto período, normalmente de un mes. Para establecer comparaciones, se debe tomar en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrá diferencias.

3.4.5 Tipos de Tarifa para el Sector Industrial.

Actualmente en México por parte de Comisión Federal de Electricidad existen un total de tarifas eléctricas, en este caso haremos un resumen de las tarifas que son aplicadas al sector industrial.

3.4.5.1 Baja Tensión

Tarifa 2. Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

Tarifa 3. Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

3.4.5.2 Media Tensión.

Tarifa O-M. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.

Tarifa H-M. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Tarifa H-MC. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión en la región Baja California, con una demanda de 100 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

3.4.5.3 Alta Tensión.

Tarifa HS (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión). Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HS-L (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización). Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HT (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión). Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa HT-L (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización). Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

3.4.5.4 Servicio de Respaldo.

Tarifa HM-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en media tensión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HM-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en media tensión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HM-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en media tensión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HS-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel subtransmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HS-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel subtransmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HS-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel subtransmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado, dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HT-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel transmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HT-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

Tarifa HT-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel transmisión). Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

3.4.5.5 Servicio Interrumpible.

Tarifa I-15. Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, Semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 10,000 (diez mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año.

Tarifa I-30. Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 20,000 (veinte mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año.

El lugar donde se enfocó el proyecto es de sector industrial, la cual cuenta con la tarifa HM, por lo tanto aremos una descripción más detallada de la misma, tomando en cuenta los precios y cargos que le son aplicados.

3.4.6 DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA HM.

Actualmente en México existen 20 tarifas eléctricas que pueden ser aplicas para el servicio industrias, incluyendo las dos de servicio interrumpible. Una de ellas es la tarifa HM misma que se describe ampliamente a continuación.

3.4.6.1 Tarifa H-M.

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.

3.4.6.2 Aplicación.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 260.17	\$ 2.2678	\$ 1.2138	\$ 0.9534
Baja California Sur	\$ 250.06	\$ 1.8195	\$ 1.6840	\$ 1.1918
Central	\$ 180.29	\$ 2.1734	\$ 1.3439	\$ 1.1236
Noreste	\$ 165.75	\$ 2.0075	\$ 1.2477	\$ 1.0221
Noroeste	\$ 169.26	\$ 2.0193	\$ 1.2382	\$ 1.0374
Norte	\$ 166.52	\$ 2.0220	\$ 1.2598	\$ 1.0242
Peninsular	\$ 186.29	\$ 2.1260	\$ 1.2627	\$ 1.0399
Sur	\$ 180.29	\$ 2.1287	\$ 1.2841	\$ 1.0684

Tabla 3.9 Costo de la energía acorde a la región.

3.4.6.3 Mínimo mensual.

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

3.4.6.4 Demanda contratada.

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

3.4.6.5 Horario.

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

3.4.6.6 Periodos de punta, intermedio y base.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

3.4.6.6.1 Región Baja California.

Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes		0:00 - 14:00 18:00 - 24:00	14:00 - 18:00
sábado		0:00 - 24:00	
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Tabla 3.10 Horarios de facturación-Región B.C.

Del último domingo de octubre al 30 de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00	
sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
domingo y festivo	0:00 - 24:00		

Tabla 3.11 Horarios de facturación-B.C.

3.4.6.6.2 Región Baja California Sur.

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes		0:00 - 12:00 22:00 - 24:00	12:00 - 22:00
sábado		0:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Tabla 3.12 Horarios de facturación-Región B.C.S.

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

Tabla 3.13 Horarios de facturación-Región B.C.S

3.4.6.6.3 Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 3.14 Horarios de Facturación del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Tabla 3.15 Horarios de facturación del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

3.4.6.7.- Demanda facturable.

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \text{máx.} (DI - DP, 0) + FRB \times \text{máx.} (DB - DPI, 0)$$

Dónde:

DP: Demanda máxima medida en el periodo de punta.

DI: Demanda máxima medida en el periodo intermedio.

DB: Demanda máxima medida en el periodo de base.

DPI: Demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio.

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.300	0.150
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

Tabla 3.16 Factores de reducción.

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "máx." significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente. Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

3.4.6.8 Energía de punta, intermedia y de base.

Energía de punta es la energía consumida durante el periodo de punta.

Energía intermedia es la energía consumida durante el periodo intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el periodo de base.

3.4.6.9 Depósito de garantía.

Será de 2 veces el importe que resulte de aplicar el cargo (6) por demanda facturable a la demanda contratada.

Con esta descripción más detallada sobre la tarifa eléctrica que se está utilizando en la Granja Avícola Buenaventura, podemos tener un conocimiento más amplio de todos los conceptos que vienen dentro de la factura, además de saber los precios que le están aplicando con respecto a su consumo eléctrico.

3.4.7 FACTURACIÓN ENERGÉTICA DE LA GRANJA AVÍCOLA BUENAVENTURA.

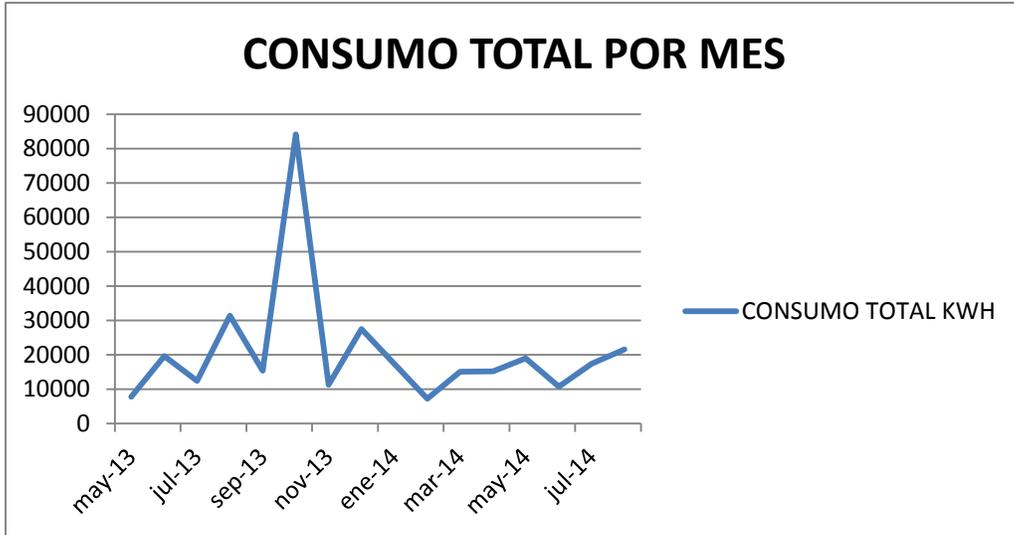
Gracias a las facturas eléctricas proporcionadas por parte de la empresa se pudo obtener una gráfica del comportamiento de la energía consumida, el costo promedio, F.P, entre otros conceptos. El periodo del que se obtuvo la información es lo equivalente de 15 facturas eléctricas, tomando en cuenta que la facturación de las mismas es de manera mensual, nos estaríamos refiriendo a 15 meses de consumo Eléctrico (1.6 años).

En la siguiente tabla se resume el consumo de energía eléctrica durante el periodo que se hizo mención en el párrafo anterior, cabe recalcar que dicha tabla también nos ayudara a saber las variaciones de otros conceptos como: el Factor de Potencia, Precio medio, Factor de Carga, Consumo Total (KWH), entre otros.

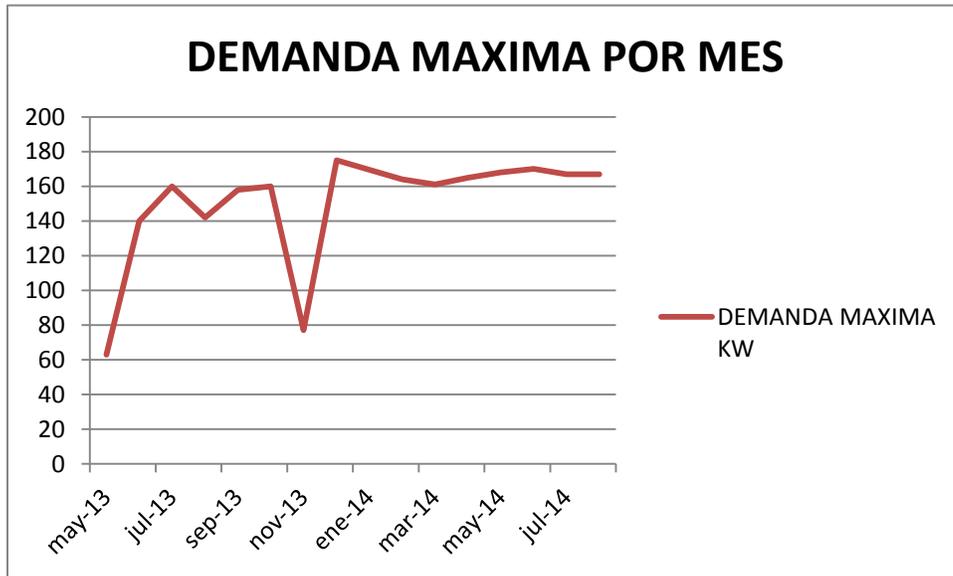
MES	F.P. %	F.C. %	DEMANDA MAXIMA KW	CONSUMO TOTAL KWH	PRECIO MEDIO
may-13	99.59	7	63	7728	2.5746
jun-13	97.43	18	140	19572	2.4785
jul-13	94.32	10.16	160	12320	3.4609
ago-13	98.53	26	142	31346	1.9692
sep-13	92.8	13	158	15372	2.9712
oct-13	90.01	64	160	84140	1.59845
nov-13	100	17.23	77	11290	2.4621
dic-13	90.76	21	175	27422	2.5206
feb-14	96.33	7	164	7164	5.4185
mar-14	85.58	13	161	15048	3.4133
abr-14	82.72	36	165	15142	1.4435
may-14	88.45	15	168	18953	2.874
jun-14	88.7	8	170	10670	4.1523
jul-14	85.41	14	167	17378	3.1131
ago-14	80.92	17	167	21535	2.9128
Promedio mensual:	91.44	19.09	149.13	21005.33	2.89

Tabla 3.17 Datos de facturación eléctrica.

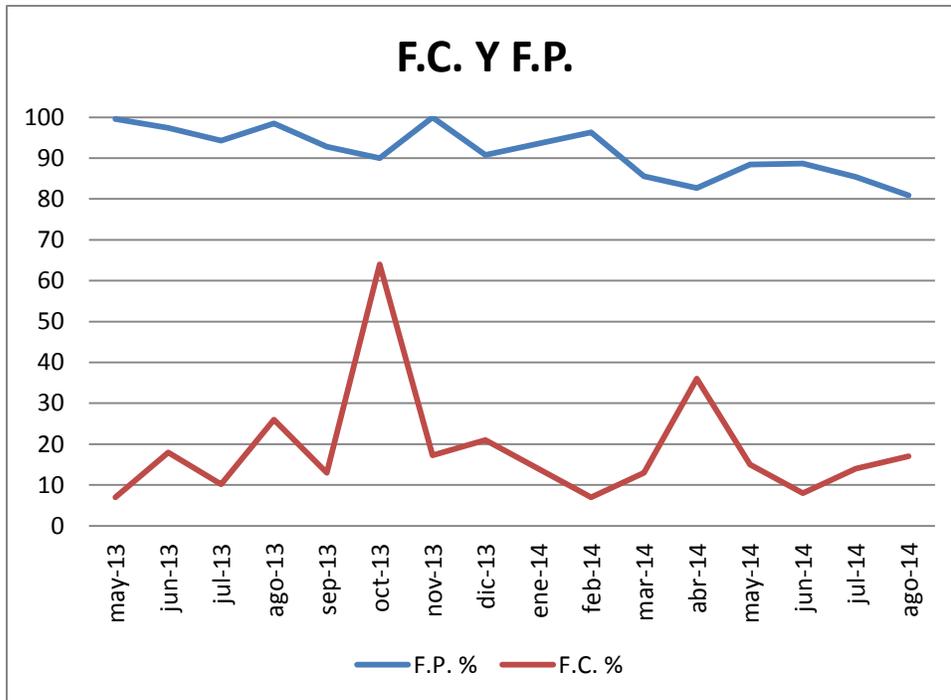
Las siguientes graficas son la representación de los conceptos que se mencionan en la tabla anterior, en ellas se puede observar las variaciones que existen mes con mes por el consumo de energía eléctrica y los cargos que le son aplicados a la Granja Avícola Buenaventura.



Gráfica 3.1 Consumo KWh mensual.

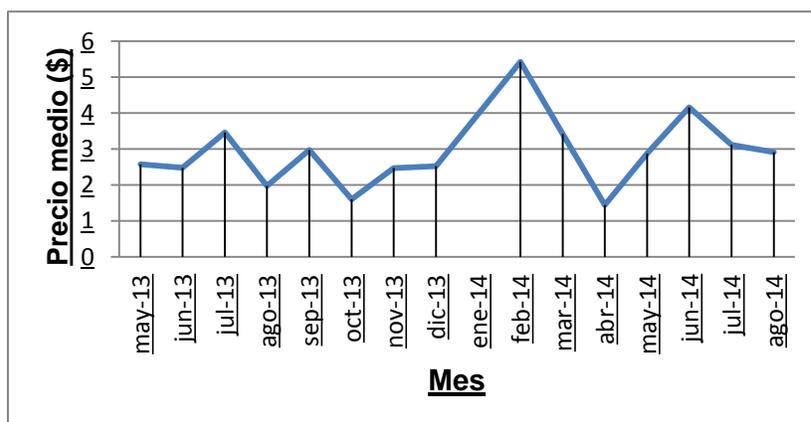


Gráfica 3.2 Demanda Máxima de KW mensual.



Gráfica 3.3 Variaciones del Factor de Carga y Factor de Potencia.

Como se puede observar en la gráfica 3.3, el factor de potencia ha ido decreciendo conforme pasan los meses de facturación, además de observar que los valores no se han mantenido de manera constante mes con mes, esto a pesar de que existen bancos de capacitores fijos dentro de la Granja Avícola Buenaventura, es por tal motivo que dicho Granja está recibiendo multas por bajo Factor de Potencia (F.P.).



Gráfica 3.4 Precio medio del KWh mensual.

Es importante mencionar que las Facturas eléctricas engloban todo el sistema eléctrico de la Granja, debido a que solo cuenta con un solo medidor por parte de Comisión Federal de Electricidad.

Para la Granja Avícola Buenaventura es difícil mantener un consumo constante de energía eléctrica, mes con mes, debido a que hay factores muy importantes como: la temperatura ambiente y la edad del pollo, para el uso de todo el equipo eléctrico que se encuentra instalado dentro de las casetas convencionales.

Sin duda alguna los motores de comedero y de silo son los que trabajan de manera constante durante la engorda de los pollos, ya que son los encargados de distribuir el alimento para los mismos de un punta "A" a un punto "B". Por otra parte los ventiladores y las bombas centrifugas (Fogger) que se encuentran instalados en las casetas, son utilizados para la ventilación de los pollos, lo que implica que entren en función a partir de los 25 días de crecimiento del pollo, esto siempre y cuando la temperatura tanto afuera como adentro de la caseta este muy elevada, evitando así la asfixia y muerte de los pollos.

3.4.8 ANÁLISIS DE CARGA ACTUAL.

En este capítulo se analizara toda la carga eléctrica que se encuentra instalada actualmente dentro de la Granja Avícola Buenaventura, tomando en cuenta la capacidad nominal (kilowatts - Potencia Activa) de cada uno de ellos, el voltaje que le es aplicado y en base a ello, obtener valores como, la corriente (I), la potencia aparente (KVA) entre otros, estos valores se obtendrán de manera unitaria como de manera general.

3.4.8.1 Área de servicios.

El área de servicios es alimentado por un transformador de 45 KVA, y las cargas que sen encuentran en dicha área son: una caseta convencional de 120 metros de largo por 13 metros de ancho y una altura promedio de 3.25 metros, una bomba sumergible de 5hp, una bomba siemens de 2hp y las cargas por parte de la oficina.

El transformador que aquí se encuentra no cuenta con banco de capacitores. En la tabla 3.18 se observan los resultados de los cálculos eléctricos para cada uno de los equipos de esta área.

Descripción	Cantidad	Volts	P.H	F.P.	H.P.	KW	KW Tot.	I Unt.	I Tot.	KVA Unt.	KVA Tot.
Ventiladores	16	203	3	0.8	1/2	0.507	8.112	1.805	28.873	0.634	10.140
Motor de silo	1	203	1	0.8	3/4	0.780	0.780	4.803	4.803	0.975	0.975
Motor de comedero	3	203	3	0.8	1/2	0.507	1.521	1.805	5.414	0.634	1.901
Bomba de Fogger	1	203	1	0.8	1	0.993	0.993	6.115	6.115	1.241	1.241
Iluminación interior	12	108	1	0.8	-	0.015	0.180	0.174	2.083	0.019	0.225
Bomba sumergible	1	203	3	0.8	5	4.490	4.490	15.981	15.981	5.613	5.613
Lámparas	10	108	1	0.8	-	0.015	0.150	0.174	1.736	0.019	0.188
bomba siemens	1	203	1	0.8	2	1.935	1.935	11.915	11.915	2.419	2.419
Total:							18.161		76.920		22.701

Tabla 3.18 Consumo eléctrico de los equipos del área de servicios.

Los valores que se le asignan a los caballos de potencia a watts, se tomó de una tabla de equivalencia que proporciona CFE, esto para tener un mejor respaldo al seleccionar un equipo eléctrico para las cargas eléctricas actuales, otro punto que se consideró para tomar en cuenta estos valores, es que fueron los mismos que se tomaron en cuenta para la elaboración de los planos e instalación eléctrica de la granja Avícola buenaventura.

Los valores como el Factor de Potencia y el voltaje son lo que actualmente se están manejando en la granja, por tal motivo los resultados obtenidos son los que actualmente manejan cada uno de los motores, bombas, luminarias, etc.

Como se puede observar en la tabla 3.18, los resultados totales que se obtuvieron son los siguientes:

Potencia Activa: 18.161 KW.

Corriente: 76.920 A.

Potencia Aparente: 22.701 KVA.

En base a los resultados anteriores se puede obtener el porcentaje de carga con que se encuentra actualmente el transformador de esta área.

$$\% \text{ CARGA} = \frac{KVA \text{ MEDIDOS}}{KVA \text{ NOMINALES}} \times 100 \dots\dots \mathbf{3.1}$$

KVA totales (Carga): 22.701 KVA.

KVA Nominales (Transformador): 45 KVA.

Sustitución de valores en la fórmula 3.1.

$$\% \text{ CARGA} = \frac{22.701 \text{ KVA}}{45 \text{ KVA}} \times 100 = 50.44 \%$$

El porcentaje de carga del transformador con respecto a los KVA'S es del 50.44%.

Para obtener el porcentaje de carga del transformador con respecto a la Potencia Activa útil (KW) se utiliza la fórmula 3.2.

$$\% \text{ CARGA} = \frac{KW \text{ MEDIDOS}}{KW \text{ NOMINALES}} \times 100 \dots\dots \mathbf{3.2}$$

KW Nominales: Es la Potencia Activa útil que está manejando el transformador actualmente, el cual se obtiene en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia Activa util (KW): } KVA \times F.P \dots\dots \mathbf{3.3}$$

KVA: Valor nominal del transformador.

F.P: Factor de potencia existente en la granja.

Potencia Activa util (KW): $45 \text{ KVA} \times 0.8 = 36 \text{ KW}$

$$\% \text{ CARGA} = \frac{18.161}{36} \times 100 = 50.44\%$$

Como se puede observar en los resultados obtenidos, este transformador tiene una Potencia Activa útil de 36 KW, lo que indica que con el factor de potencia que se tiene en la granja, solo se puede aprovechar el 80% de su capacidad nominal del transformador, lo implica que si se quisiera meter nuevos equipos eléctricos, la sumatoria con los existentes no debe sobrepasar los 36 KW.

3.4.8.2 Sección 1.

Esta sección se encuentra un transformador de 150 KVA con un Banco de Capacitores 50 KVAR de tipo fijo, alimentando a 9 casetas convencionales.

En la siguiente tabla, se muestran las cargas eléctricas y los parámetros de cada uno de ellos, ubicados en una sola caseta convencional.

Descripción	Cantidad	V	P.H	F.P	H.P	KW	KW Tot.	I Unt.	I Tot.	KVA Unt.	KVA Tot.
Ventiladores	16	203	3	0.8	1/2	0.507	8.112	1.81	28.87	0.634	10.14
Motor de silo	1	203	1	0.8	3/4	0.780	0.780	4.80	4.803	0.975	0.975
Motor de comedero	3	203	3	0.8	1/2	0.507	1.521	1.81	5.414	0.634	1.901
Bomba de Fogger	1	203	1	0.8	1	0.993	0.993	6.12	6.115	1.241	1.241
Iluminación interior	12	108	1	0.8	-	0.015	0.180	0.17	2.083	0.019	0.225
Total:							11.586		47.29		14.48

Tabla 3.19 Características eléctricas de los equipos de la sección 1.

La tabla 3.19 solo representa la carga instalada en una sola caseta convencional. A continuación se presenta la tabla 3.20, la cual corresponde a toda la carga eléctrica que se encuentra en esta sección, tomando en cuenta los resultados finales de la tabla 3.19.

N° DE CASETAS	KW	CORRIENTE	KVA
1	11.59	47.29	14.48
2	23.17	94.58	28.97
3	34.76	141.86	43.45
4	46.34	189.15	57.93
5	57.93	236.44	72.41
6	69.52	283.73	86.90
7	81.10	331.01	101.38
8	92.69	378.30	115.86
9	104.27	425.59	130.34

Tabla 3.20 Carga eléctrica acorde a las casetas instaladas.

Como se puede observar en la tabla anterior, la carga instalada en esta sección es de 104.27 KW en las 9 casetas convencionales, con un consumo total de 425.59 Amperes y una Potencia Aparente de 130.34 KVA.

El porcentaje de carga que existe en este transformador es del 86%.

3.4.8.3 Sección 2.

En esta sección se encuentra instalado un transformador de 150 KVA, cuenta con un banco de capacitores de 30 KVAR de tipo Fijo, alimentando a 10 casetas convencionales.

En la tabla 3.21 se puede observar la carga eléctrica que existe en las 10 casetas convencionales, las cargas que existen en una caseta convencional no varía, ya que contienen los mismos equipos.

N° DE CASETAS	KW	CORRIENTE	KVA
1	11.59	47.29	14.48
2	23.17	94.58	28.97
3	34.76	141.86	43.45
4	46.34	189.15	57.93
5	57.93	236.44	72.41
6	69.52	283.73	86.90
7	81.10	331.01	101.38
8	92.69	378.30	115.86
9	104.27	425.59	130.34
10	115.86	472.88	144.83

Tabla 3.21 Sumatoria de las cargas eléctricas de las casetas.

Como se puede observar en la tabla 3.21, la carga instalada en esta sección es de 115.86 KW en las 10 casetas convencionales, con un consumo total de 472.88 Amperes y una Potencia Aparente de 144.83 KVA.

Con estos resultados se obtiene el porcentaje de carga existente en el transformador de esta sección.

Porcentaje de Carga con respecto a la Potencia Aparente (KVA).

$$\% \text{ CARGA} = \frac{144.83}{150} \times 100 = 96.55\%$$

Porcentaje de Carga con respecto a la Potencia Activa (KW).

Tomando en cuenta que la Potencia Activa útil en este transformador es de 120 KW y que la Potencia Activa en esta sección es de 115.86 KW, el porcentaje de carga es el siguiente:

$$\% \text{ CARGA} = \frac{115.86}{120} \times 100 = 96.5\%$$

3.4.9 PORCENTAJE DE ENERGÍA CONSUMIDA POR EQUIPOS.

Como ya se mencionó anteriormente en la granja solo se manejan 3 tipos de equipos eléctricos, lámparas fluorescentes, motores asíncronos y bombas centrífugas. Los cuales se mencionan de una manera más clara en las siguientes tablas.

Equipos eléctricos en una caseta	
Motores	20
Bombas	1
Lámparas	12

Tabla 3.22 Equipos instalados en una caseta convencional.

Al realizar un conteo de todos los equipos existentes en la granja Avícola Buenaventura, queda de la siguiente manera:

Ubicación	Numero de casetas	Motores	Bombas	Lámparas
Área de servicios.	1	20	3	22
Sección 1	9	180	9	108
Sección 2	10	200	10	120
Total	20	400	20	250

Tabla 3.23 Equipos instalados en toda la granja avícola.

Para saber el porcentaje de la Potencia Activa que les corresponde a los equipos instalados en la granja, se realizó la tabla 3.24 y en base a ella poder sacar las gráficas correspondientes.

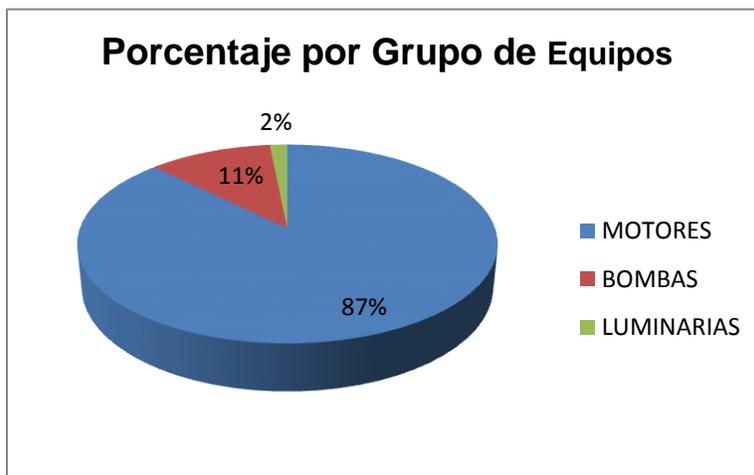
EQUIPOS	CANTIDAD	KW
MOTOR DE VENTILADORES	320	162.24
MOTOR DE SILO	20	15.6
MOTOR DE COMEDERO	60	30.42
BOMBA DE FOGUER	20	19.86
BOMBA DE POSO	1	4.49
BOMBA DE ARCO	1	1.935
LUMINARIAS	250	3.75

Tabla 3.24 Potencia instalada por equipos.

En la tabla 3.25 se encuentra la suma total que le corresponde a cada grupo de equipos eléctricos existentes en la granja Avícola Buenaventura.

EQUIPOS	ENERGIA OCUPADA KW
MOTORES	208.26
BOMBAS	26.285
LUMINARIAS	3.75

Tabla 3.25 Sumatoria de la potencia instalada por genero de equipos.



Gráfica 3.5 consumo de energía por equipos.

Como se puede observar en la gráfica anterior, el equipo eléctrico de mayor consumo son los motores con el 87% seguido de las bombas centrífugas con el 11% y por último las luminarias con el 2%.

3.5 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

La luz es el medio mediante el cual el ojo es capaz de percibir visualmente ciertos objetos, la luz físicamente es una radiación electromagnética capaz de propagarse en un movimiento ondulatorio transversal a una velocidad de 300,000 km. /seg.

Dentro del espectro electromagnético, la luz visible está comprendida entre las longitudes de onda de 380 a 780 nanómetros (un nanómetro es igual a 10^{-9} metros).

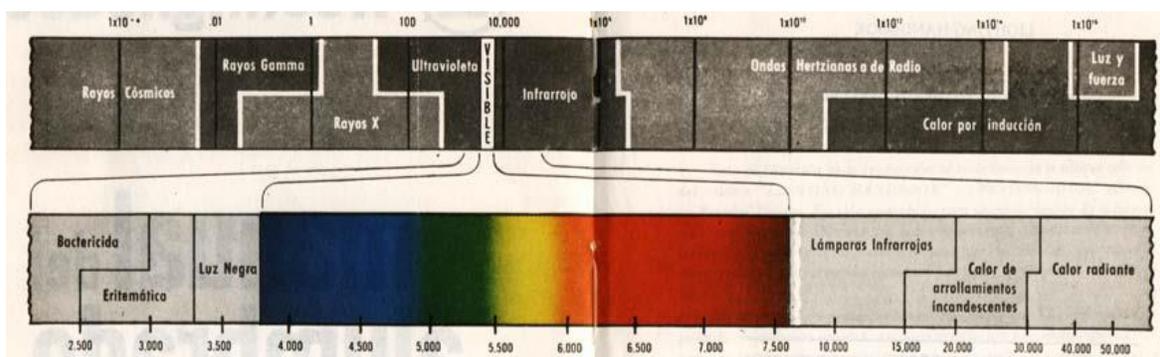


Figura 3.2 Longitud de onda de Angstrom y Espectro Electromagnético.

Antes del espectro visible se encuentra la región correspondiente a la radiación ultravioleta y posteriormente la infrarroja.

El ojo humano normal percibe la luz en diferentes colores de acuerdo a su sensibilidad, la cual es mayor para las longitudes de onda de 550 m nanómetros en la visión de día y para 507 nm en caso de la visión nocturna. En otras palabras el ojo humano no es igualmente sensible para todas las longitudes de onda del espectro visible, incluso la sensibilidad varía según el individuo y/o edad.

En la avicultura moderna, la luz se considera una de las principales herramientas para regular la actividad y el bienestar de los pollos de engorde en todo el mundo.

En las naves que disponen de ventanas o cortinas laterales traslúcidas el control que se tiene sobre algunos aspectos de iluminación es mínimo. Esto ha estimulado el desarrollo de naves de paredes sólidas, cortinas oscurecidas o semioscurecidas.

La iluminación artificial tiene tres aspectos: duración del periodo de luz (fotoperiodo), tipo de luz utilizada (longitud de onda) y la intensidad. La longitud de onda determina el color de la luz y se puede medir en Kelvin. Las luces verde y azul se consideran como de alta temperatura y las de baja temperatura son el rojo y naranja.

La longitud de onda de la luz verde es 560 nm y la del azul de 480 nm, mientras que la roja y naranja es superior a los 660 nm. Las aves ven muy bien con luz brillante y blanca, que contiene mucho de luz azul y verde de corta longitud de onda.

Las aves pueden ver a intensidades de luz entre 380-507 nm λ , por encima de las que pueden observar los humanos en el espectro de luz UV. Esto indica que los luxómetros no son siempre los instrumentos más adecuados. Inclusive a bajas intensidades de luz, el desarrollo del ojo de las aves aumenta.

La gran mayoría de las aves se llegan a acostumbrar a intensidades muy bajas o periodos muy cortos de luz, pero también se pueden presentar en algunos pollos problemas de degeneración retinal, buftalmos, miopía, glaucoma y daño de las lentes que les lleve a la ceguera. Las aves tienen tres fotorreceptores de color, uno más que los humanos.

Los fotorreceptores de las aves tienen su máxima sensibilidad a longitudes de onda entre 415, 455, 458 y 571 nm, mientras que los de los humanos son sensibles a 419, 531 y 558 nm. Esta es una de las razones por las que los pollos se adaptan muy bien a luces con longitud de onda muy pequeña.

3.5.1 Terminología de iluminación.

Brillantez o Luminancia. Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

Lámpara. Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Existen diferentes tipos de lámparas.

Balastro. Es el equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica, proporciona a la lámpara sus condiciones de operación correcta.

Luminaria. Es el gabinete contenedor de lámparas y en algunos casos también del balastro, se utiliza para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas.

Flujo Luminoso. Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en cierto ángulo sólido, su unidad de medida es el lumen. Un lumen es igual a un flujo emitido por una esfera unitaria de cuya intensidad luminosa es de una candela.

Candela. Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática de una longitud de onda de 555 nanómetros y de la cual la intensidad radiante en esa dirección es de $1/683$ W en un ángulo sólido de un radian.

Fotocandela. Es la iluminación sobre una superficie de un pie cuadrado en área teniendo un flujo distribuido uniformemente de un lumen.

Nivel de Iluminación o Iluminancia. Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a la tarea a desarrollar y tipo de lugar de trabajo.

Reflector. Es el dispositivo empleado para controlar los cambios de dirección de un haz luminoso cuando pasa de un cierto medio a otro de diferente densidad. El mejor control de la luz se logra empleando lentes ópticos.

Curva de distribución. Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria, se representa en coordenadas polares y sus valores están dados en candelas.

Curva Isolux. Son curvas que representan iguales niveles de iluminación sobre un plan de trabajo.

Eficiencia de una Lámpara. Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar, se expresa como lumen/Watt.

Eficacia de una Luminaria. Es el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámpara que aloja una luminaria entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar incluido los balastos, se expresa como lumen/watt.

$$\text{Eficiencia} = \text{Lúmenes} / \text{Watt} \dots\dots \mathbf{3.4}$$

Temperatura de Color. Es una medida del color de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura en particular, es expresada en grados Kelvin (K). Las lámparas incandescentes tienen una baja temperatura de color (2800 K) denotada por un tono rojo amarillo; las lámparas luz de día poseen alta temperatura de color (aproximadamente 6000 K) y aparecen como azulado.

En la actualidad el fósforo usado en las lámparas fluorescentes puede graduarse para proveer cualquier temperatura de color deseada en un rango de 2800 a 6000 K.

La temperatura de color correlacionada (TCC) de una fuente de luz, es una manera de describir la apariencia o cromaticidad de la fuente. Describe la aparente blancura de la lámpara. A las fuentes que tienen una temperatura de color correlacionada baja (2700 K a 3400 K) se les llama de color o apariencia “cálida”.

A las lámparas fluorescentes con una temperatura de color correlacionada alta se les llama de apariencia “fría”. Las lámparas de TCC igual a 3500 K son llamadas de “medio rango” ya que no son ni “cálidas” ni “frías”.

Coefficiente de Utilización. Es la relación entre el flujo luminoso saliente de una luminaria e incidente sobre un plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámparas sin considerar la luminaria. En cierta forma es una medida de la eficiencia de la luminaria, las luminarias con mayores coeficientes de utilización aprovechan en mejor forma el flujo luminoso de las lámparas.

El coeficiente de utilización de la luminaria es dependiente tanto de la geometría de la luminaria como de las características físicas del local a iluminar, estas características son: longitudes y colores internos. El coeficiente de utilización toma en cuenta la iluminación que es absorbida y reflejada por las paredes, colores, y la textura misma. Estos valores se pueden encontrar en los catálogos de los fabricantes de luminarias.

Índice de Rendimiento de Color. El índice de rendimiento de color (IRC) es una escala internacional (sistema numérico) del 1 al 100 que sirve para indicar la calidad relativa de rendimiento de color de una fuente comparada contra una fuente de referencia estándar de la misma temperatura de color. Expresa el grado con el que los colores se aprecian “naturales” bajo una fuente de luz.

En general, cuanto más alto es el IRC mejores son las propiedades de rendimiento de color de la fuente medida. El IRC de dos fuentes de luz cualesquiera sólo debe ser comparado si ambas fuentes son de la misma temperatura de color correlacionada.

3.5.2 Iluminación actual.

Como ya se ha mencionado anteriormente la granja Avícola Buenaventura tiene instaladas 12 luminarias fluorescentes compactas en cada una de las casetas convencionales, con una potencia de 15 watts/luminaria, instaladas a una distancia de 10 metros una de la otra.

Las características generales de las luminarias son las siguientes:

Tipo de luminaria:	Espiral-Fluorescente, compacta autobalastada.
Potencia:	15 Watts
Vida útil:	10 000 horas
Flujo Luminoso:	905 lm
Temperatura de Color:	3000 K
Voltaje:	127 volts

Tabla 3.26 Características de la luminaria actual.

De acuerdo con las mediciones realizadas con un luxómetro, las casetas tienen un promedio de 6 a 8 luxes por casetas, de acuerdo con el manual del pollo Cobb de engorde (raza que manejan la Granja Avícola Buenaventura), es necesario tener 25 luxes de manera homogénea durante los primeros 7 días, después de los 7 días de edad, o preferiblemente a los 150 gramos de peso corporal, la intensidad de la luz debe disminuirse gradualmente hasta alcanzar de 5 a 10 lux. Esto para estimular ganancia de peso temprano en las aves.

Las medidas que se tomaron en las casetas convencionales fueron de la siguiente manera:

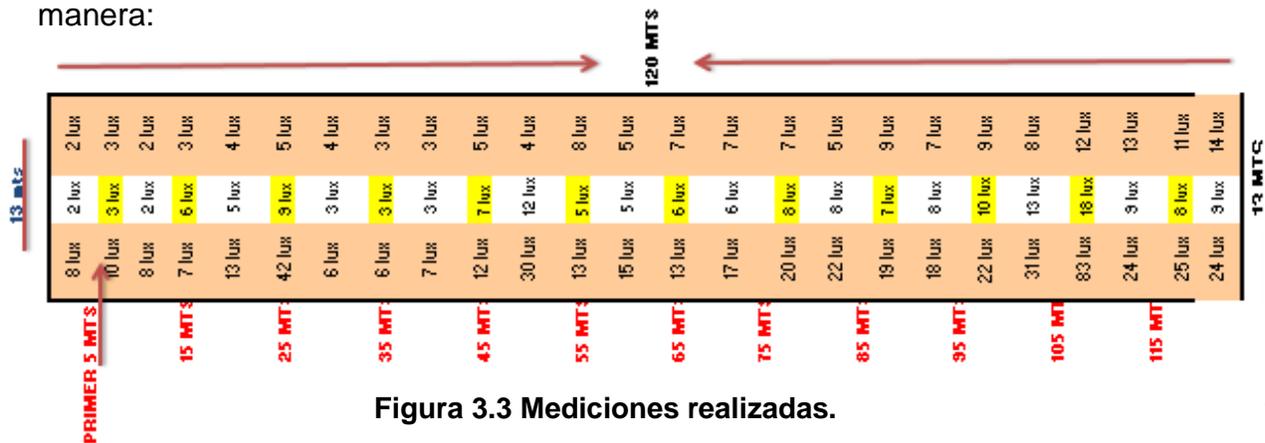


Figura 3.3 Mediciones realizadas.

La Figura 3.3 representa una caseta convencional de la granja Avícola Buenaventura, los puntos en color amarillo representa las luminarias que están instaladas en las mismas. Se realizaron un total de 75 mediciones con el luxómetro, ubicadas como se encuentra en la imagen. Los luxes que se obtuvieron en las mediciones están muy por debajo de lo que las aves necesitan durante los primeros días de crecimiento, ya que en el momento en que se realizaron las mediciones las casetas no tenían pollos.

Otro de los puntos que hay que tomar en cuenta, es que sobre los laterales de la caseta se presentaron las mayores lecturas, esto debido a que existe filtración de luz solar, debido a que las cortinas laterales ya están muy deterioradas, debajo de las luminarias se encuentran las menores lecturas. Las lecturas se realizaron a 10 centímetros del suelo tomando en cuenta la estura de las aves.

Haciendo una representación aproximada del sistema de iluminación de las casetas con el software Dialux 4.12, queda de la siguiente manera:



Figura 3.4 Vista 3D

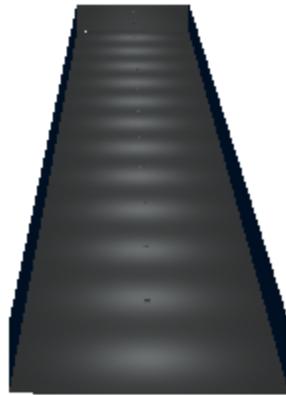


Figura 3.5 Vista 3D-Frontal.

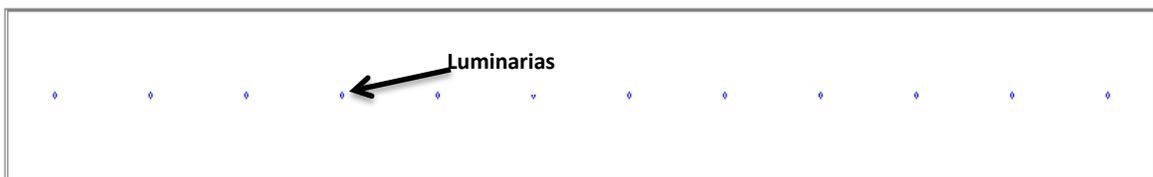


Figura 3.6 Vista Planta

En las figuras que se presentaron anteriormente muestran cómo se encuentran ubicadas las luminarias en una caseta convencional y la luminancia que existe en las mismas (6-8 lux), cabe mencionar que las luminarias son de tipo ahorradoras, lo que implica que no existe mucho consumo de energía por las mismas, pero en este caso no satisfacen el nivel de iluminación que las aves necesitan durante los primeros días de crecimiento.

3.6 CONTROL DE DEMANDA ELÉCTRICA.

En términos generales, el controlar la demanda, es la acción de interrumpir por intervalos de tiempo la operación de ciertas cargas eléctricas (iluminación, motores, etc.) que inciden directamente sobre la demanda máxima facturable, a fin de reducir o limitar los niveles de consumo en razón de los precios tarifarios.

El control de la demanda eléctrica puede ser una oportunidad de ahorro económico muy rentable ya que actualmente el cargo por demanda representa, entre un 20 a un 30% de la facturación eléctrica, además el ahorro no será tan solo por la reducción en el cargo por demanda, sino que también en los cargos por consumo en el horario punta.

No obstante, es importante señalar que el control de demanda es una de las oportunidades de ahorro económico que más atención, tiempo y comprensión del proceso productivo requiere, dado que para que esta oportunidad sea factible, es indispensable que no afecte el proceso, requiriendo para esto adecuar las rutinas de operación e identificar los usos inadecuados de los equipos.

3.6.1 Medición de la Demanda.

El desconocimiento asociado al cargo por demanda máxima, produce que se asuma que el cargo está basado en un pico instantáneo de demanda. No lo es, en su lugar el pico de demanda instantáneo o es promediado o integrado sobre un período prefijado de 15 minutos.

Para la medición de la demanda, se utiliza el siguiente método: Se realiza la medición del consumo de energía por un período de 15 minutos. El consumo de energía en los 15 minutos, es dividido entre el período de demanda de 15 min. Para obtener una demanda promedio. Posteriormente, el siguiente período de medición es desplazado en 5 minutos, tomando un período de demanda de 15 minutos nuevamente.

En la siguiente figura se observa un diagrama de los períodos de demanda y el desplazamiento de tiempo entre período y período.

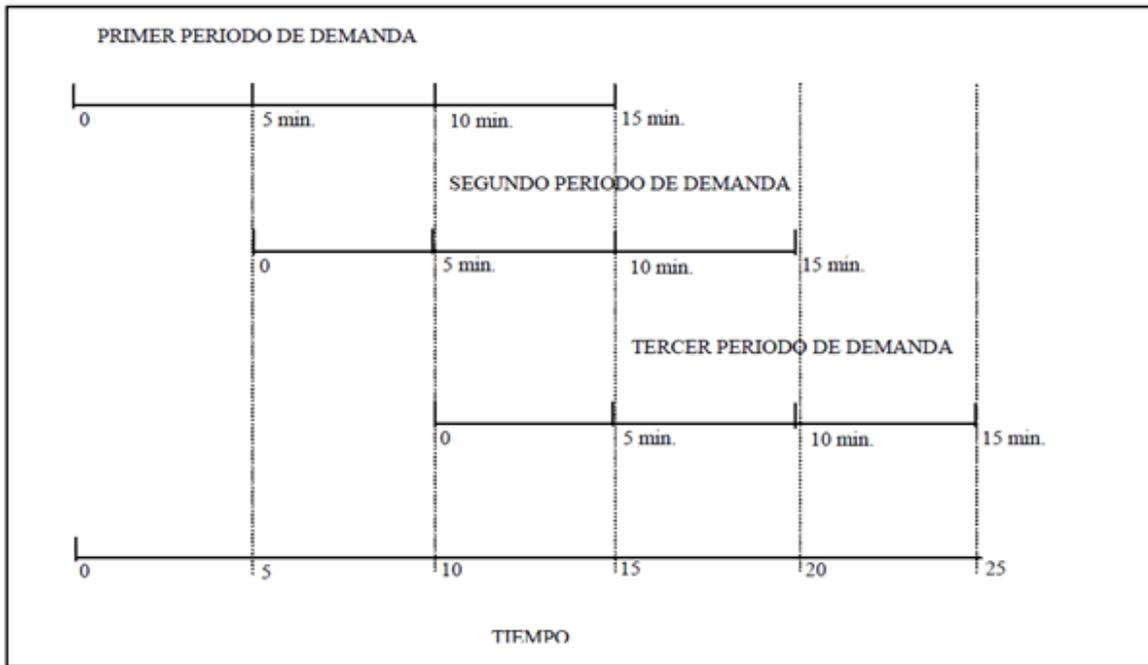


Figura 3. 7 Medición de la demanda.

3.6.2 Control de la Demanda.

Los intervalos de 15 minutos utilizados para la determinación de la demanda máxima ofrecen una posibilidad de control ya que existe cierto tiempo disponible para apagar o reducir cargas que pueden estar contribuyendo al pico de demanda.

Los primeros pasos para establecer un programa de administración de la demanda están enlistados a continuación.

1. Entender la factura de energía eléctrica y determinar si existe un potencial de reducción de demanda.
2. Determinar cuando ocurre la demanda máxima, el día y hora del período de facturación.

3. Identificar las cargas que contribuyen a generar los picos de demanda e identificar cuales se pueden disminuir o sacar de operación cuando se presenta el pico.

3.6.3 Demanda Eléctrica Específica.

La demanda eléctrica específica en un período determinado, es el índice que relaciona a la Demanda Máxima medida con el consumo, y está definida como el cociente de la Demanda Máxima medida en un período determinado (un mes, por lo general), medido en kW, y el Consumo de energía, medido en kWh, en el mismo período, esto es:

$$\text{Demanda Específica} = \frac{\text{Demanda Máxima Medida}}{\text{Consumo}} \quad \dots 3.5$$

La demanda máxima medida es uno de los conceptos con los que la Comisión Federal de Electricidad integra a la facturación, por tal motivo, es importante mantener ésta medida bajo control en el valor más bajo posible. La demanda eléctrica específica es un indicador de la situación de la Demanda Máxima medida, e indica, hasta qué punto ésta se encuentra bajo control.

Cada instalación eléctrica, tiene un valor ideal del índice de Demanda Específica. Cuando se instala un sistema de control de demanda, se busca que el índice real de la instalación se aproxima lo más posible al valor ideal. En este sentido podemos decir, que la demanda específica nos indica que tan alejado se encuentra el valor de la Demanda Máxima medida del valor ideal.

La principal aplicación de este índice radica en el análisis histórico del comportamiento del mismo, pues con éste, se detecta de inmediato alguna situación anormal en el manejo de la demanda máxima medida, que pueda estar redundando en dispendios energéticos.

Un aspecto que hay que cuidar cuando se realiza un análisis sobre una serie histórica de datos, es que todos deben referirse a un intervalo de tiempo igual.

Desafortunadamente la facturación eléctrica no nos llega por períodos de tiempo iguales; éstos suelen ser desde 28 hasta 33 días, por lo que emplear esta información sin el debido cuidado, puede acarearnos errores. Para resolver esta situación, habrá que afectar el valor de la demanda específica por un factor de ajuste por número de días. Dicho factor está dado por la siguiente relación.

$$Fd = N / 30 \dots\dots 3.6$$

Dónde: N es el número de días del período de facturación.

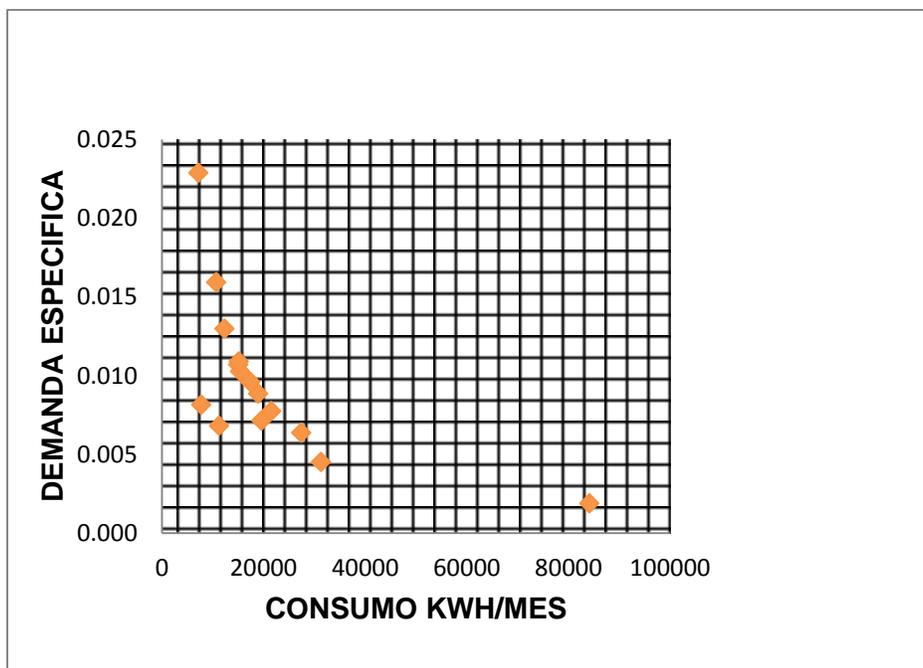
Entonces la Demanda Específica estará dada por:

$$\text{Demanda Específica} = \frac{\text{Demanda Máxima Medida} \times Fd}{\text{Consumo}} \dots\dots 3.7$$

Determinando el potencial de ahorro mediante el análisis de la demanda específica, aplicando el sistema de control de demanda en la granja buenaventura con los siguientes datos de facturación.

DATOS DE FACTURACION				CONSUMO TOTAL KWH	Dem. Esp. KW/KWh
MES	N° DIAS	Fd	DEMANDA MAXIMA KW		
may-13	31	1.033	63	7728	0.008
jun-13	31	1.033	140	19572	0.007
jul-13	32	1.067	160	12320	0.013
ago-13	32	1.067	142	31346	0.005
sep-13	31	1.033	158	15372	0.010
oct-13	32	1.067	160	84140	0.002
nov-13	31	1.033	77	11290	0.007
dic-13	32	1.067	175	27422	0.006
feb-14	29	0.967	164	7164	0.023
mar-14	32	1.067	161	15048	0.011
abr-14	31	1.033	165	15142	0.011
may-14	32	1.067	168	18953	0.009
jun-14	31	1.033	170	10670	0.016
jul-14	32	1.067	167	17378	0.010
ago-14	32	1.067	167	21535	0.008

Tabla 3.27 Datos de facturación.



Grafica 3.6 Demanda específica-Comportamiento histórico.

Como se puede observar en la gráfica 3.6 los valores de la demanda específica se encuentran ya que se obtienen valores muy bajos. Lo que indica que la demanda máxima se ha mantenido bajo control, esto a pesar que no se maneja algún sistema de control de demanda.

3.6.4 Factor de Carga.

Un parámetro útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y que ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de la demanda es el Factor de Carga de la granja.

El factor de carga se define como la razón del consumo eléctrico actual y la demanda máxima, y se puede explicar como una medida de aprovechamiento de la capacidad instalada.

Por ejemplo, si un consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100% de carga o de su factor de carga. En esta forma se logrará la tarifa más baja por kWh.

El factor de carga se puede calcular para cada factura eléctrica mensual o promedio del año.

El factor de carga para cada facturación está dado por:

$$F.C. = \text{kWh} / (\text{kW máx.} \times \text{Hrs.}) \dots\dots 3.8$$

Dónde:

KWh = Consumo en el período facturado

KW máx. = Demanda Máxima

Hrs. = Número de horas del período de facturación.

MES	DEMANDA MAXIMA KW	CONSUMO TOTAL KWH	PRECIO MEDIO \$/KWH	FACTOR DE CARGA
may-13	63	7728	\$ 2.57	0.1704
jun-13	140	19572	\$ 2.48	0.1942
jul-13	160	12320	\$ 3.46	0.1069
ago-13	142	31346	\$ 1.97	0.3066
sep-13	158	15372	\$ 2.97	0.1351
oct-13	160	84140	\$ 1.60	0.7304
nov-13	77	11290	\$ 2.46	0.2036
dic-13	175	27422	\$ 2.52	0.2176
feb-14	164	7164	\$ 5.42	0.0607
mar-14	161	15048	\$ 3.41	0.1298
abr-14	165	15142	\$ 1.44	0.1275
may-14	168	18953	\$ 2.87	0.1567
jun-14	170	10670	\$ 4.15	0.0872
jul-14	167	17378	\$ 3.11	0.1445
ago-14	167	21535	\$ 2.91	0.1791
Promedio mensual:	149.13	21005.33	\$ 2.89	0.1967

Tabla 3.28 Datos de facturación mensual

* Número de horas en el período: 720

** Precio medio obtenido de la factura eléctrica.

La tabla 3.28 muestra una variedad de factores de carga para diferentes condiciones.

Es deseable alcanzar el más alto factor de carga posible para que el costo promedio de energía pueda ser reducido. El factor de carga se puede incrementar, ya sea, aumentando el consumo de demanda constante o reduciendo la demanda a consumo constante.

Un factor de carga bajo en una planta puede usarse como indicativo de la posibilidad de controlar la demanda. El factor de carga ideal es de 1.0, es muy difícil de alcanzar, pero mientras más alto es el factor de carga, es mejor la utilización de la capacidad instalada de la planta y menor es el costo promedio de la energía.

Para una planta que opere un solo turno, el factor de carga está limitado alrededor de 0.25 a 0.30, para dos turnos de operación el máximo factor de carga puede ser de 0.55 a 0.60, mientras que para una operación de 3 turnos se pueden alcanzar factores de carga tan altos como 0.85 a 0.90. En este caso se toma en cuenta que la granja cuenta con un solo turno, por lo tanto el factor de carga estará limitado de 0.25 a 0.30

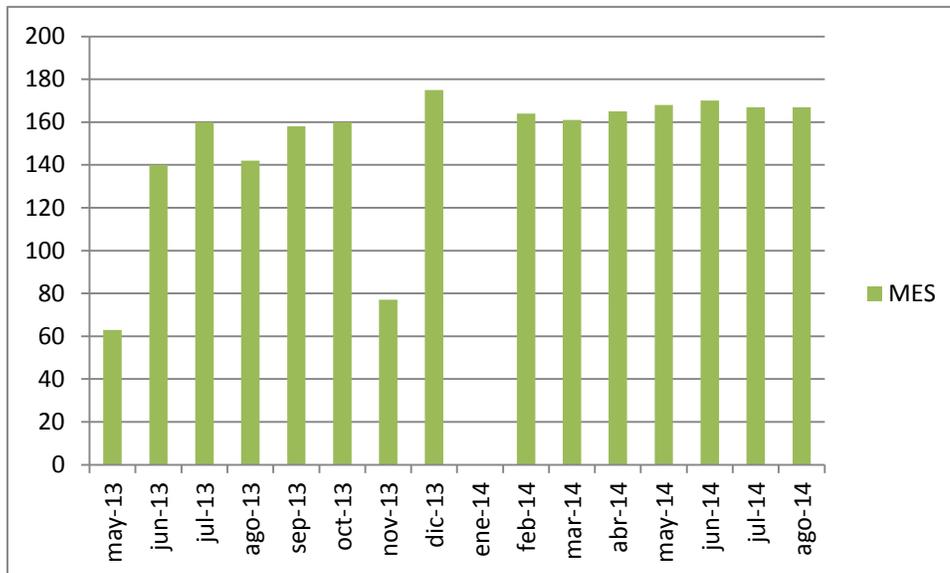
3.6.5 Curvas o Perfiles de Demanda.

Una vez que el análisis de la factura, ya sea a través de la demanda específica o el factor de carga, indica la posibilidad de controlar la demanda, se pueden desarrollar curvas de carga o perfiles y determinar cuándo y de donde provienen las contribuciones a la demanda máxima. Las curvas de carga deben graficarse empezando con la escala de tiempo más grande como se muestra a continuación:

Curva de Carga	Periodo	Fuente De Datos
Máxima Demanda Mensual	Al Menos de dos o Tres Años	Facturas Eléctricas
Diaria	Un Periodo de Facturación	Wathorimetro de la Planta
Horaria	Un Día Típico Máximo	Un Graficador de Demanda o el Wathorimetro de la Planta

Tabla 3.29 Características de las curvas de carga.

Con el perfil de demanda máxima mensual se puede identificar rápidamente el patrón de demanda durante el año y determinar cuáles meses pueden contribuir más a la demanda facturable. Si hay meses que activen la cláusula en la que las diferencias de demandas negativa, la siguiente figura muestra un ejemplo del valor de la demanda máxima para un período de 15 meses.



Grafica 3.7 Perfil de la Demanda Máxima Mensual.

3.6.6 Identificación de Cargas.

Para control de demanda máxima, se deben identificar dos tipos de cargas eléctricas:

La primera es la causada por el equipo instalado, el cual afecta de manera importante los picos de demanda y debe ser el primer objetivo para controlar la demanda.

La segunda categoría de cargas representa las que no contribuyen significativamente al pico de demanda, pero deben apagarse con muy poco efecto negativo sobre el proceso. El equipo seleccionado para el control de cargas principales incluye equipos que no son de operación continua, cargas auxiliares no esenciales, o equipos que operen bajo controles termostáticos donde el gradiente térmico no es crítico.

Para el control de demanda, es muy importante otorgar prioridades a las cargas.

Las cargas que tienen poco o nulo impacto sobre la producción o el confort, pueden considerarse como prioritarias para ponerse fuera de operación. Las cargas con mayor efecto negativo sobre el proceso productivo deben ser las últimas en la lista de prioridades.

Una vez que este tipo de análisis ha empezado, la planta está lista para pasar al segundo paso e iniciar esfuerzos para controlar la demanda máxima.

CAPITULO IV.

PROPUESTAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

4.1 INTRODUCCIÓN.

Una vez analizados los puntos anteriores es muy importante identificar las oportunidades para el ahorro de energía eléctrica, además de identificar aquellos equipos que no están cumpliendo con las funciones adecuadas para darles un buen confort a las aves.

Antes de realizar una propuesta para el ahorro de energía, tener como prioridad el confort de las aves en las casetas convencionales de la granja Avícola buenaventura, una mala decisión puede afectar de manera directa a las aves. Es por eso que dichas propuestas van de la mano con las instrucciones que da el manual del pollo que maneja la granja.

4.2 AHORRO ENERGÉTICO CON LA OPTIMIZACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

En la gran mayoría de las industrias, hoteles, hospitales, tiendas departamentales, etc. existen gran cantidad de motores instalados; que se emplean tanto en equipo de bombeo, ventilación, aire acondicionado, procesos de fabricación especializada, etc.

Estos motores, consumen una gran cantidad de potencia reactiva que es la que utilizan para provocar los campos magnéticos que son su principio de funcionamiento.

Aunque está potencia reactiva no se utiliza para producir trabajo, es necesario que esté presente para la operación de los motores y demás equipo que utilizan el electromagnetismo para funcionar, tales como transformadores, balastos, etc.

Por esta razón, tiene también que generarse esta potencia y transmitirse desde las plantas generadoras hasta los usuarios, con lo que es necesario considerarla en el dimensionamiento de dichas plantas, cables, etc. Por lo que al existir en una industria un bajo factor de potencia, es más costoso para la compañía suministradora alimentar ese excedente de potencia reactiva requerida, por lo que aplica una penalización cuando este valor de factor de potencia decae por debajo de valores establecidos.

Por lo tanto, es bastante recomendable mantener dicho valor de factor de potencia por arriba del valor mínimo establecido para no ser penalizados y obtener además bonificaciones y otras ventajas asociadas con la mejora del factor de potencia, de las cuales se hablará en incisos posteriores.

En este caso, como se ha venido mencionando, el Factor de Potencia que se encuentra actualmente en la granja Avícola Buenaventura es del 80% y, se propone la corrección al 98% para obtener mayores beneficios para todo el sistema eléctrico y los equipos en función.

4.2.1 Efectos del Bajo Factor de Potencia.

Debido a que el factor de potencia, es en sí, la medida de que tan eficiente se utiliza la energía en una planta, conforme este desciende, es necesario demandar más potencia aparente en KVA, para alimentar una misma cantidad de potencia activa KW, ya que los KVAR se incrementan, esto significa que estamos pagando más energía de la que estamos utilizando.

En este caso con el factor de potencia de 80%, solamente se está utilizando el 80% de la energía proporcionada por la compañía suministradora, es decir, solamente el 80% de la corriente que se está recibiendo produce trabajo útil.

En el caso de los transformadores, con un factor de potencia de 80%, la capacidad disponible en KW es del 80% de los datos de placa. Además la regulación del voltaje es más del doble para un transformador con 80% de factor comparado con un transformador con factor de potencia de 90%, es decir 2% y 5% respectivamente, además de las pérdidas en el cobre y en el núcleo del transformador.

En las siguientes tablas se puede observar el porcentaje de carga del transformador y la variación de otros parámetros eléctricos, conforme a la modificación del Factor de Potencia.

Área de servicio	TRANSFORMADOR 45 KVA					
POTENCIA UTIL (KW)	45	44.1	40.5	36	31.5	27
F.P.	100%	98%	90%	80%	70%	60%
CARGA	18.161	18.161	18.161	18.161	18.161	18.161
% CARGA DEL TRANSFORMADOR	40%	41%	45%	50%	58%	67%
KVA	18.16	18.53	20.18	22.70	25.94	30.27
KVAR	0	3.69	8.80	13.62	18.53	24.21

Tabla 4.1 Parámetros eléctricos del área de servicio a diferentes valores de F.P.

Sección 1	TRANSFORMADOR 150 KVA					
POTENCIA UTIL (KW)	150	147	135	120	105	90
F.P.	100%	98%	90%	80%	70%	60%
CARGA	104	104	104	104	104	104
% CARGA DEL TRANSFORMADOR	69%	71%	77%	87%	99%	116%
KVA	104	106.12	115.56	130.00	148.57	173.33
KVAR	0	21.12	50.37	78.00	106.10	138.67

Tabla 4.2 Parámetros eléctricos de la Sección 1 a diferentes valores de F.P.

Sección 2	TRANSFORMADOR 150 KVA					
POTENCIA UTIL (KW)	150	147	135	120	105	90
F.P.	100%	98%	90%	80%	70%	60%
CARGA	115.86	115.86	115.86	115.86	115.86	115.86
% CARGA DEL TRANSFORMADOR	77%	79%	86%	97%	110%	129%
KVA	115.86	118.22	128.73	144.83	165.51	193.10
KVAR	0	23.53	56.11	86.90	118.20	154.48

Tabla 4.3 Parámetros eléctricos de la Sección 2 a diferentes valores de F.P.

4.2.2 Ventajas y Beneficios de Corregir el Factor de Potencia.

De manera resumida, se puede decir que al corregir el factor de potencia se obtienen los siguientes beneficios.

4.2.2.1 Incremento de la capacidad de carga.

-Transformadores.

-Líneas de transmisión y distribución.

Al mejorar el factor de potencia, se puede liberar carga de los transformadores y líneas de alimentación, ya que al disminuir la potencia aparente necesaria, se puede utilizar esta para otras cargas, ya sea equipo nuevo, ampliaciones, etc.

La forma de calcular la potencia liberada en transformadores es:

$$KVA = KW \left(\left(\frac{1}{\cos \varphi 1} \right) - \left(\frac{1}{\cos \varphi 2} \right) \right) \dots\dots 4.1$$

KW= Carga eléctrica instalada.

Cos φ 1= Factor de Potencia actual.

Cos φ 2= Factor de Potencia mejorado.

Considerando la misma potencia activa.

Aplicando la fórmula 4.1 a los transformadores de la granja, la potencia liberada en cada uno de ellos será la siguiente.

Potencia liberada en el transformador del **área de servicios**:

$$KVA = 18.161 \left(\left(\frac{1}{0.80} \right) - \left(\frac{1}{0.98} \right) \right) = 4.17 \text{ KVA}$$

Potencia liberada en el transformador de la **sección 1**:

$$KVA = 104 \left(\left(\frac{1}{0.80} \right) - \left(\frac{1}{0.98} \right) \right) = 23 \text{ KVA}$$

Potencia liberada en el transformador de la **sección 2**:

$$KVA = 115.86 \left(\left(\frac{1}{0.80} \right) - \left(\frac{1}{0.98} \right) \right) = 26.6 \text{ KVA}$$

La potencia total liberada en toda la granja, sería de **53 .77 KVA**, corrigiendo el factor de potencia al 98%.

4.2.2.2 Reducción de Pérdidas por Efecto Joule (calentamiento).

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión:

$$P = I^2 R \dots\dots 4.2$$

Dónde:

I es la corriente total.

R es la resistencia del conductor expresada en ohms.

Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

- Calentamiento de cables.
- Calentamiento de los embobinados del transformador.
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección.

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores, que además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.

El bajo factor de potencia también puede causar pérdidas de potencia en el sistema de distribución interno de la planta. La corriente en los alimentadores es alta debido a la presencia de la corriente reactiva. Cualquier reducción en esta corriente resulta en menores kW de pérdida en la línea.

Al pasar de un factor de potencia bajo (F.P<0.9) a un factor de potencia alto (F.P>0.9), la corriente se reduce en un cierto porcentaje y por consiguiente las pérdidas también se reducen.

4.2.2.3 Reducción de Pérdidas en Transformadores.

Las pérdidas en transformadores son de dos tipos:

Pérdidas en los devanados (pérdidas en el cobre, pérdidas eléctricas) y pérdidas en el núcleo (pérdidas en el hierro, pérdidas magnéticas).

Las pérdidas en el núcleo corresponden a la potencia disipada por el transformador para magnetizarse y se mantienen constantes con o sin carga. Las pérdidas en el cobre, varían con el cuadrado de la corriente y están directamente relacionadas con el factor de potencia.

La suma de estas dos pérdidas se conocen como pérdidas totales a plena carga, corregidas por el índice de carga (La potencia a la carga real dividida entre la potencia a plena carga) al cuadrado, o sea:

$$P_{tot} = P_{fe} + P_{cu} * (KW / (F.P. * KVA))^2 \dots\dots 4.3$$

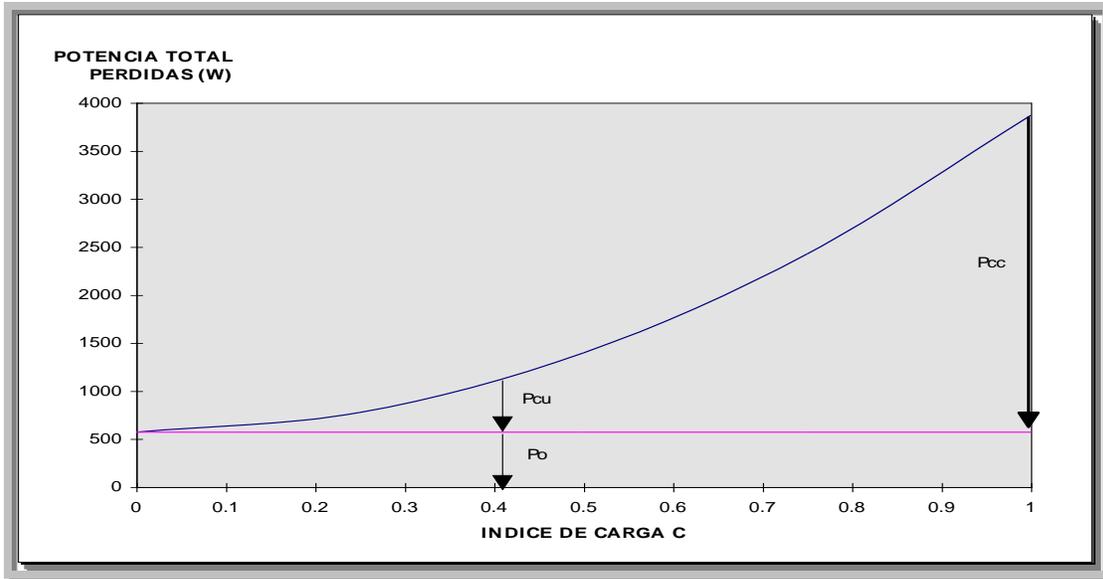


Figura 4.1 Pérdidas de un transformador.

4.2.2.4 Mejora de la regulación de voltaje en los equipos y sistemas asociados.

Un bajo factor de potencia ocasiona exceso de corriente en alimentadores, motores y transformadores y por lo tanto una mayor caída de voltaje, que puede provocar una reducción considerable en la potencia de salida de lámparas y motores, etc.

La caída de voltaje en un conductor a través del cual circula una corriente defasada un ángulo φ , está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta V = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi \dots\dots 4.4$$

Dónde:

- ΔV : Es la caída de voltaje (en volts).
- Y: Es la corriente en amperes.
- R y X: Es la resistencia y reactancia respectivamente.
- Y: Están dados en ohms.
- $RI \cos \varphi$: Es la contribución de la potencia activa a la caída de voltaje.
- $RI \sin \varphi$: Es la contribución de la potencia reactiva a la caída de voltaje.

En forma general, podemos decir que la caída de voltaje producido por la corriente reactiva, es de 5 a 10 veces mayor, que la producida por la corriente activa.

Por lo que de ahí podemos observar que al mejorar el factor de potencia y disminuir las corrientes reactivas demandadas por el sistema, se reduce en gran manera la caída de voltaje.

4.2.3 COMO CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.

Existen varias maneras para corregir el factor de potencia, pero en este caso se ha elegido corregirlo por medio de bancos de capacitores, siendo este la manera más económica y eficiente para realizar dicho movimiento.

Para llevar a cabo una adecuada corrección del factor de potencia, la propuesta es, instalar bancos de capacitores automáticos en cada uno de los transformadores de la granja Avícola Buenaventura.

Para saber exactamente las capacidades de los mismos se realizan los siguientes procedimientos.

4.2.3.1 Calculando banco de capacitores área de servicios.

La compensación del factor de potencia se simplifica a pasar de un factor de potencia fp_1 a un factor de potencia fp_2 reduciendo el ángulo φ tanto como se desee.

Para esto es necesario conocer el tamaño del capacitor en KVAR que reduzca el efecto inductivo de la cargas.

Existen muchas maneras para calcular el valor nominal de un banco de capacitores que se necesita, pero en este caso solo nos enfocaremos en dos de ellas:

- **Triangulo de Potencias.**
- **Factor K.**

Antes de hacer los cálculos correspondientes, es necesario saber el Factor de Potencia actual en la granja Avícola Buenaventura es de: $\cos \varphi = 0.8$ y la propuesta es corregirlo a: $\cos \varphi = 0.98$

4.2.3.1.1 Calculando banco de capacitores con el Triángulo de Potencias.

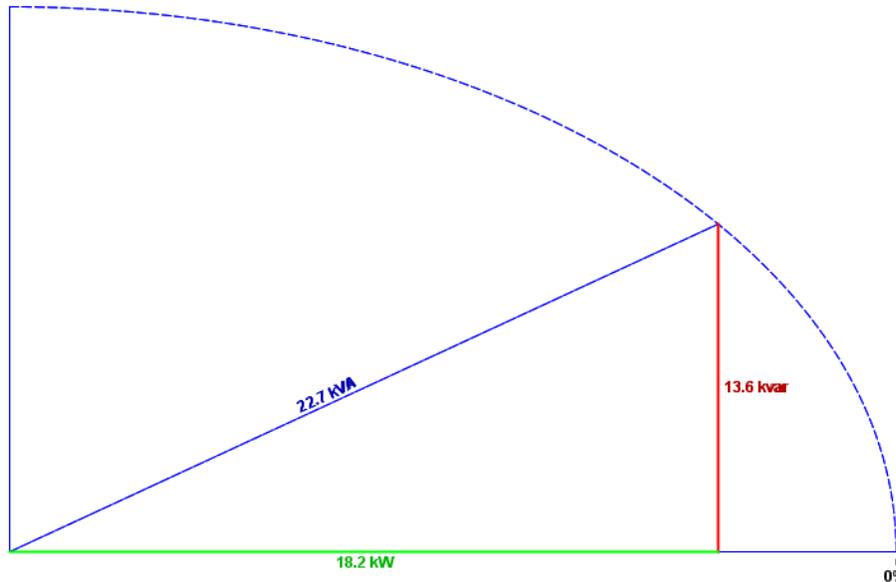


Figura 4.2 Valores del área de servicio con $\cos \varphi=0.8$

En base al triángulo anterior se obtiene la siguiente fórmula:

$$KVAR = \sqrt{(KVA)^2 - (KW)^2} \dots\dots 4.5$$

Sustituyendo valores en la fórmula 4.5:

$$KVAR = \sqrt{(21.899)^2 - (18.161)^2}$$

$$KVAR = \sqrt{479.566 - 329.82}$$

$$KVAR = 12.24$$

Corrigiendo el Factor de Potencia a 0.98:

$$KW = F.P \times KVA \dots\dots 4.6$$

$$KW = 0.98 \times 21.899 = 21.461$$

$$KVA = \frac{KW}{F.P.} \dots\dots 4.7$$

$$KVA = \frac{21.461}{0.98} = 21.899$$

$$KVAR' = \sqrt{(KVA)^2 - (KW)^2}$$

$$KVAR' = \sqrt{(21.899)^2 - (21.461)^2}$$

$$KVAR' = 4.36$$

Potencia del capacitor:

$$CKVAR = KVAR - KVAR' \dots\dots 4.8$$

$$CKVAR = 12.24 - 4.36 = 7.88$$

Capacidad del banco de capacitores es: **7.88 KVAR**

4.2.3.1.2 Calculando banco de capacitores con el Factor K.

$$CKVAR = KW \times K \dots\dots 4.9$$

KW: 18.161.

K: 0.5469.

$$CKVAR = 18.161 \times 0.5469$$

$$CKVAR = 9.932$$

La diferencia entre resultados de los métodos que se aplicaron para calcular el banco de capacitores es de 2.052 KVAR. Pero el que se implementara para realizar posteriores cálculos será el del Factor *K*, independientemente por ser uno de los métodos más cortos, pero de acuerdo a sugerencias, tanto de ingenieros como de fabricantes de bancos de capacitores, es uno de los más eficientes.

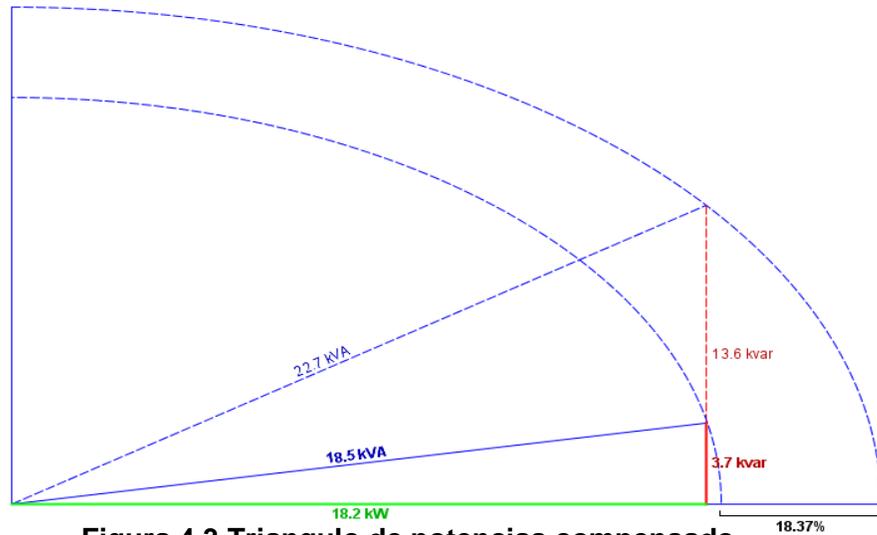


Figura 4.3 Triangulo de potencias compensado.

De acuerdo con los valores comerciales, el banco de capacitor que se estaría utilizando en esta área es de 10 KVAR.

4.2.3.2 Calculando banco de capacitores para la sección 1 con factor k.

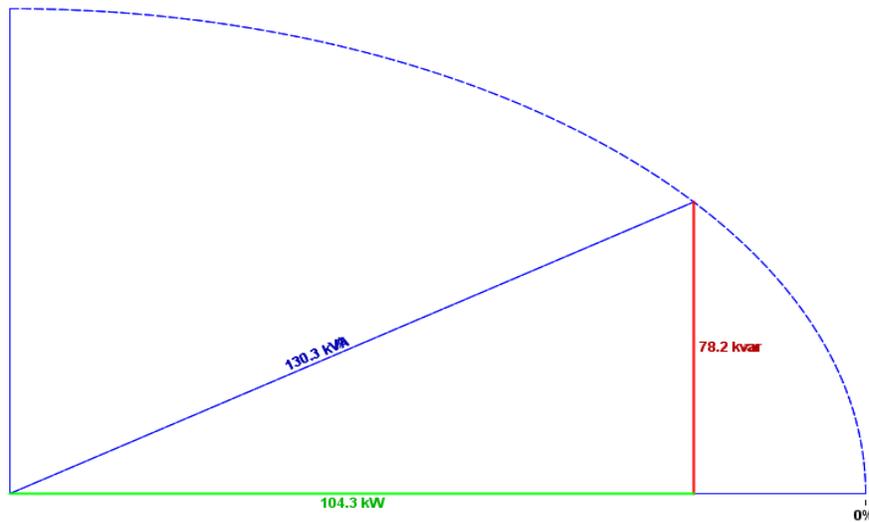


Figura 4.4 Triangulo de Potencias no compensado.

Factor de Potencia actual= 0.80

Factor de Potencia deseado= 0.98

$$CKVAR = 104.27 \times 0.5469$$

$$CKVAR = 57.025$$

De acuerdo con el valor nominal comercial el valor del banco de capacitores sería de 60 KVAR. El triángulo de potencia quedaría de la siguiente manera.

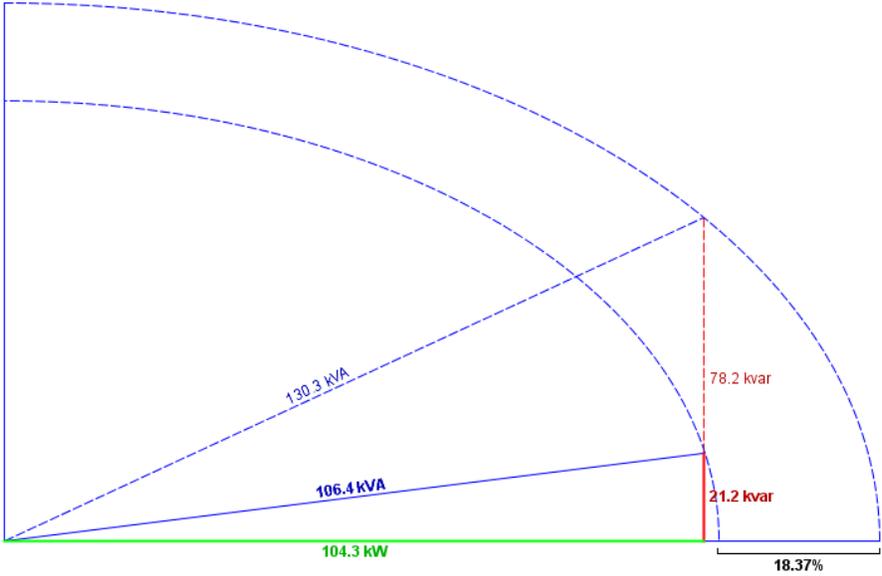


Figura 4.5 Triangulo de Potencia compensado.

4.2.3.3 Calculando banco de capacitores para la sección 2 con factor k.

Antes de iniciar con los cálculos correspondientes en la figura 4.6 se muestra de la manera como se encuentra actualmente el triángulo de potencias de la sección 2.

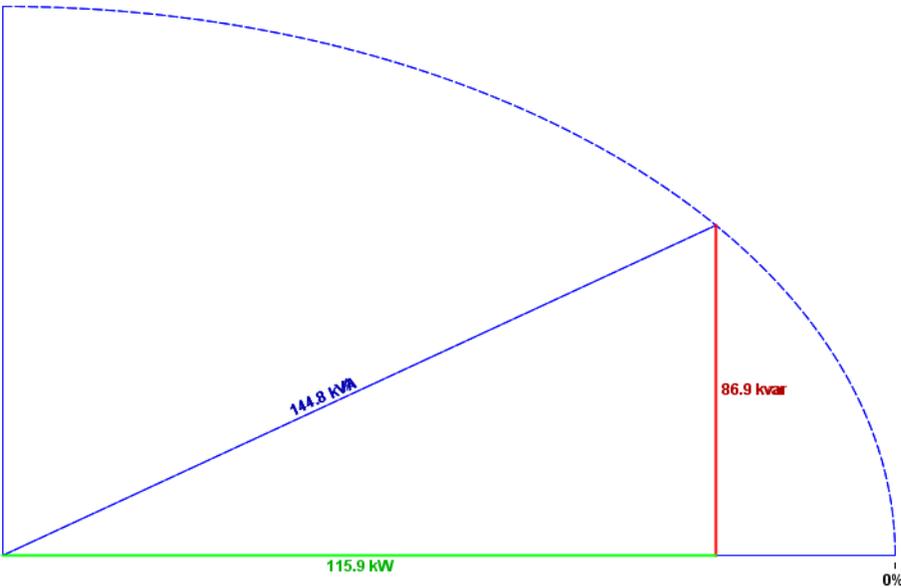


Figura 4.6 Triangulo de Potencia no compensado.

Factor de Potencia actual= 0.80

Factor de Potencia deseado= 0.98

$$CKVAR = KW \times K$$

K: 0.5469.

$$CKVAR = 115.86 \times 0.5469$$

$$CKVAR = \mathbf{63.36}$$

De acuerdo con el valor nominal comercial el valor del banco de capacitores sería de 60 KVAR. El triángulo de potencia quedaría de la siguiente manera.

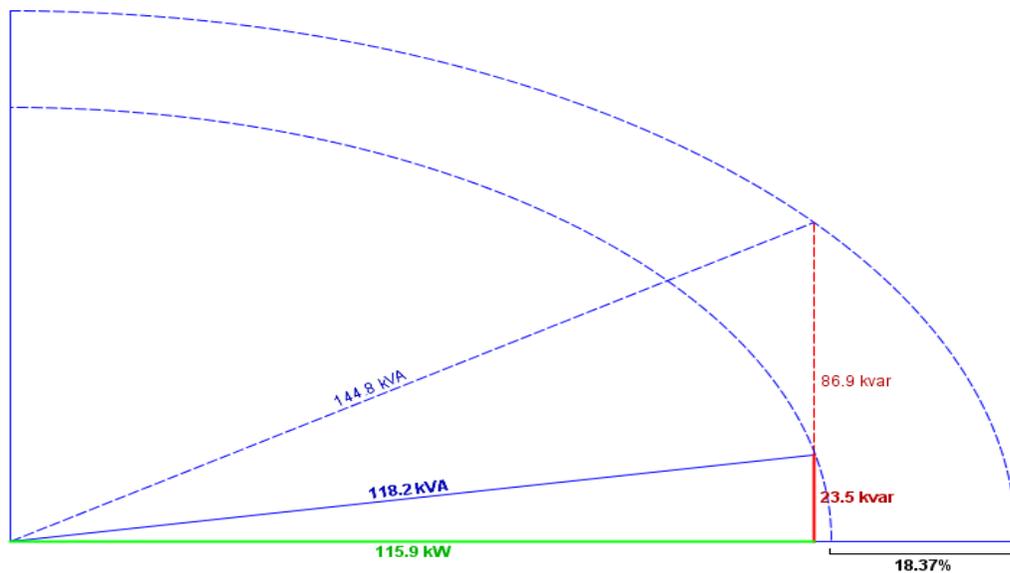


Figura 4.7 Triángulo de Potencia compensado.

Con las siguientes compensaciones, se busca eliminar todas las pérdidas que se mencionaron anteriormente, incluyendo las multas que están siendo aplicadas por parte de Comisión Federal de Electricidad.

Al realizar la compensación necesaria en los tres puntos, se puede lograr una reducción del 18.37% del consumo de Potencia Aparente.

4.2.3.4 Eliminación de la penalización por bajo factor de potencia.

Como es bien sabido, las compañías suministradoras penalizan el bajo factor de potencia ya que para ellas es más costoso generar y transmitir la energía. Esta penalización se elimina e inclusive se puede obtener bonificación por un factor de potencia mayor de 90%.

El cargo por bajo factor de potencia se calcula con la fórmula:

$$\text{Cargo} = \frac{3}{5} \left(\frac{90}{\text{fp medido}} \right) - 1 * 100 \dots \mathbf{4.10}$$

La bonificación se calcula con la fórmula:

$$\text{Bonificación} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{\text{fp medido}} \right) * 100 \dots \mathbf{4.11}$$

De acuerdo con las facturaciones eléctricas, se obtienen los siguientes datos:

Demanda contratada: 210 KW.

Demanda máxima en el mes: 174 KW.

Factor de Carga: 17%.

Factor de Potencia: 80%.

Facturación= \$58 788.31

Factor de potencia deseado: 98%.

$$\text{cargo} = \frac{3}{5} \left(1 - \frac{90}{80} \right) - 1 \times 100 = 7.5 \%$$

$$\text{cargo} = \$58\,788.31 \times 7.5\% = \mathbf{\$4\,409.12}$$

Actualmente, el cargo por bajo Factor de Potencia aplicado a la granja Avícola Buenaventura es de \$4 409. Mismo que puede ser eliminado, incluso lograr una bonificación, realizando la compensación reactiva que se propone.

Con el nuevo Factor de Potencia se puede lograr la siguiente bonificación:

$$\text{Bonificacion} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{98} \right) \times 100 = 2.041 \%$$

$$\text{Bonificacion} = \$58\,788.31 \times 2.041 = \$1\,199.86$$

Merma evitada al mes: **\$5 608.98**

Corrigiendo Factor de potencia puede eliminarse al 100% el cargo por este concepto, se estará evitando una pérdida de \$5 608.98 Aprox. al haber corregido al Factor de Potencia propuesto, 98%. Esto en el lapso de un mes.

4.2.3.5 Elección entre compensación fija o automática.

Cuando la demanda de kVAr es inferior o igual al 15% de la potencia nominal del transformador, es posible la utilización de condensadores fijos. Para valores superiores al 15%, es recomendable instalar una batería de condensadores automática (NORMA IEC). La ubicación de los equipos de compensación dentro de una instalación puede ser:

Global (un equipo para toda la instalación).

Parcial (grupo a grupo de receptores).

Individual (en cada receptor).

En principio, la compensación ideal, a nivel técnico, es aquella que se aplica en el mismo punto de demanda.

En la práctica, los factores técnicos y económicos determinarán la elección del equipo.

En este caso se propondrá una compensación parcial, es decir, en cada transformador, para tener una mayor eficiencia de la misma. No se puede hacer una compensación global porque no funciona por un medio de un único interruptor es decir simultáneamente.

Una vez aclarado este punto, la recomendación es instalar en los 3 transformadores, bancos de capacitores automáticos, para logran una compensación adecuada, además de eliminar la sobrecompensación que actualmente existe con los bancos de capacitores que se encuentran instalados, mismos que no cumplen con lo que la Norma IEC recomienda, además de que no están proporcionando los KVAR´S que las cargas están demandando.

La recomendación para lograr una buena compensación en cada uno de los trasformadores, se observa en la tabla 4.4

Lugar	Transformador	Valor del banco de capacitores.	Tipo de compensación.
Área de servicios	45 KVA	10 KVAR	Automático
Sección 1	150 KVA	60 KVAR	Automático
Sección 2	150 KVA	60 KVAR	Automático

Tabla 4.4 recomendaciones para la compensación.

4.3 AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

De acuerdo con la información que se ha obtenido, acorde al sistema de iluminación que se está manejando en las casetas convencionales de la granja Avícola Buenaventura y al manual del pollo Cobb-sistema de iluminación, se llegó a lo siguiente:

- Instalar luminarias LEDs, para lograr ganar un mayor peso corporal en las aves, esto de acuerdo a estudios realizados por: E.R. Benson, R.L. Alphin, H Li y C.J. Schmidt, todos ellos de la Universidad de Delaware, EUA.
- Cumplir con los 25 luxes que necesitan las aves durante los primeros 7 días de crecimiento y de 10-5 lux hasta el día de su exportación.
- Realizar periodos de oscuridad, acorde al peso que se necesita obtener.

En este punto, más que buscar un ahorro energético, se toma como prioridad el confort de las aves dentro de las casetas convencionales, ya que actualmente la granja está manejando lámparas ahorradoras, pero no cumplen con lo que las aves necesitan.

4.3.1 Programas de iluminación.

Los programas de iluminación son un factor clave para un buen rendimiento del pollo de engorde y un bienestar general del lote. Los programas de iluminación se diseñan típicamente con cambios que ocurren a ciertas edades y tienden a variar según el peso de mercado que se desee alcanzar.

Los programas de iluminación desarrollados para impedir el crecimiento excesivo entre los 7 y los 21 días de edad reducen la mortalidad debido a ascitis, síndrome de muerte súbita, problemas de patas y picos de mortalidad de causas desconocidas. Investigaciones científicas indican que programas de iluminación que incluyen 6 horas seguidas de oscuridad ayudan a desarrollar el sistema inmune de las aves.

Un programa de iluminación estándar no será exitoso en todas las partes del mundo. Por esta razón, los programas que mencionaremos más adelante deben ser ajustados considerando las condiciones ambientales regionales, el tipo de galpón y los objetivos generales del productor.

Programas de iluminación inapropiadamente empleados pueden causar una disminución en la ganancia diaria de peso y comprometer el rendimiento general del lote. Cuidadosa observación del desempeño del lote, densidad de nutrientes y consumo de alimento son también importantes para diseñar un programa exitoso de iluminación. Si información detallada de la ganancia diaria de peso puede obtenerse, es preferido implementar un programa de iluminación basado en esta información.

Es necesaria una adecuada estimulación de las aves durante los primeros 5 a 7 días para obtener niveles óptimos de consumo de alimento y para un buen desarrollo de los sistemas inmune y digestivo. Una reducción de la energía que se requiere para la actividad de las aves durante la mitad del período de crecimiento aumentará la eficiencia de producción. La distribución uniforme de la luz dentro del galpón es esencial para el éxito de cualquier programa de iluminación.

Se recomienda usar 25 lux (2,5 pies-vela o foot-candle), en el área más oscura del galpón, medido a la altura del pollito durante la crianza para estimular ganancia de peso temprana. La intensidad de luz óptima a nivel del piso no debería variar más de un 20%. Después de los 7 días de edad, o preferiblemente a los 150 gramos de peso corporal, la intensidad de la luz debe disminuirse gradualmente hasta alcanzar de 5 a 10 lux (0,5 a 1 foot-candle).

4.3.1.1 puntos clave a considerar cuando se use un programa de iluminación.

- Ensaye cualquier programa de iluminación antes de convertirlo en política de la granja.
- Suministre 24 horas de luz durante el primer día de alojamiento para asegurar una adecuada ingestión de agua y alimento.
- Apague las luces en la segunda noche para establecer la hora de apagada de las luces. Esta hora no debe ser cambiada a lo largo de la vida de las aves.
- Una vez establecida la hora de apagada para un lote, cualquier ajuste debe hacerse modificando solamente la hora de encendido de las luces. Las aves se acostumbran rápidamente a la hora de apagado y llenarán el buche con agua y alimento antes de que se apaguen las luces.
- Use un solo bloque de oscuridad en un periodo de 24 horas.
- Empiece a aumentar el período de oscuridad cuando las aves alcancen 100 a 160 gramos.
- Si se utiliza la crianza en una parte del galpón, evite reducir la intensidad de la luz hasta que todo el galpón sea utilizado.

- Permita que las aves se alimenten a voluntad (ad libitum) para asegurarse que ellas estarán con el buche lleno de agua y de alimento durante las horas de oscuridad y para que puedan beber y alimentarse tan pronto como las luces se enciendan. Esto ayuda a prevenir la deshidratación y el estrés de las aves.
- En la medida de lo posible, los períodos de oscuridad deben ser durante la noche para asegurarse de que el interior del galpón este completamente oscuro y que una adecuada inspección del lote sea posible durante el día.
- Las aves deben pesarse semanalmente como mínimo y durante los días en que se ajuste el programa de iluminación. El programa de iluminación debe ajustarse de acuerdo con el peso promedio de las aves. La experiencia del rendimiento particular de una granja también debe ser considerada.
- El período de oscuridad debe aumentarse en etapas y no de forma gradual (ver los programas).
- Reducir el período de oscuridad antes de la captura reduce la “tendencia a volar”.
- Si se practica adelgazamiento del galpón (retiro parcial de aves) es bueno reintroducir seis horas de oscuridad la primera noche después del adelgazamiento.
- Reduzca las horas de oscuridad en temporadas cálidas especialmente si las aves están estresadas durante el día y si se ha reducido el consumo de alimento.
- Durante el **invierno** coincida la apagada de las luces con la puesta del sol, de esta forma las aves estarán despiertas y activas durante el periodo más frío de la noche.
- Durante el **verano** coincida la encendida de las luces con la salida del sol.
- Verifique que la parte posterior del galpón, donde se instalan los comederos con sensores, no tenga corrientes de aire o la cama húmeda. Esto puede resultar en el vaciado del resto de los comederos creando pánico y mayor incidencia de rasguños entre las aves.
- No apague el sistema de alimentación durante las horas de oscuridad.

- Es preferible empezar a aumentar o disminuir las horas de luz antes del encendido o apagado que usar una hora de amanecer o de anochecer como disminución de luz.
- Galpones con cortinas claras tienen pocas alternativas. En este caso los programas de iluminación deben diseñarse para coincidir con las horas de luz solar.
- 48 horas antes de la captura, aumente la intensidad de la luz a 10/20 lux para que las aves se acostumbren a la captura. Esto es válido solamente cuando la captura se haga durante el día.

4.3.1.2 Tres programas de iluminación.

1. programa de iluminación estándar – opción 1.

Edad Días	Horas de Oscuridad	Horas de Cambio
0	0	0
1	1	1
100 a 160 gramos	6	5
Cinco días antes del beneficio	5	1
Cuatro días antes del beneficio	4	1
Tres días antes del beneficio	3	1
Dos días antes del beneficio	2	1
Un día antes del beneficio	1	1

Figura 4.8 Peso al beneficio: <2,5 kg.

2. programa de iluminación estándar – opción 2.

Edad Días	Horas de Oscuridad	Horas de Cambio
0	0	0
1	1	1
100 a 160 gramos	9	8
22	8	1
23	7	1
24	6	1
Cinco días antes del beneficio	5	1
Cuatro días antes del beneficio	4	1
Tres días antes del beneficio	3	1
Dos días antes del beneficio	2	1
Un día antes del beneficio	1	1

Figura 4.9 Peso al beneficio: 2,5 – 3,0.

2. programa de iluminación estándar – opción 3.

Edad Días	Horas de Oscuridad	Horas de Cambio
0	0	0
1	1	1
100 a 160 grams	12	11
22	11	1
23	10	1
24	9	1
29	8	1
30	7	1
31	6	1
Cinco días antes del beneficio	5	1
Cuatro días antes del beneficio	4	1
Tres días antes del beneficio	3	1
Dos días antes del beneficio	2	1
Un día antes del beneficio	1	1

Figura 4.10 Peso al beneficio: >3,0 kg.

4.3.2 beneficios del programa de iluminación.

- Un período de oscuridad es un requerimiento natural para cualquier tipo de animal.
- La energía es conservada durante el descanso, llevando a una mejora en conversión alimenticia.
- La mortalidad y los defectos del esqueleto se reducen.
- Periodo de luz y oscuridad, aumentan la producción de melatonina que es importante para el desarrollo del sistema inmune.
- La uniformidad de las aves se mejora.
- La tasa de crecimiento puede ser igual o mejor que en aves que han estado en sistemas de luz permanente una vez que el crecimiento compensatorio se obtiene.
- La legislación de los gobiernos locales pueden afectar los programas de iluminación que se pueden utilizar. Todas las operaciones deben cumplir completamente con las regulaciones locales de bienestar animal.

4.3.3 iluminación adecuada para el pollo Cobb.

Como ya se ha mencionado anteriormente el pollo Cobb necesita un nivel de iluminación de 25 luxes durante los primeros 7 días de edad de las aves, la intensidad de la luz debe disminuirse gradualmente hasta alcanzar la iluminancia de 10-5 luxes.

Para saber exactamente cuántos lúmenes y cuantas luminarias se necesitan para llevar a cabo el nivel de iluminación que necesitan las aves se realizaron los cálculos correspondientes con el Método de las cavidades Zonales.

Este método como su nombre sugiere divide el local en cavidades individuales: la cavidad cielorraso, la cavidad local y la cavidad piso. Esta forma de analizar por separado el comportamiento de los tres sectores más importantes del volumen total de un local a iluminar, confiere a los cálculos realizados por este método una mayor precisión.

En esta ocasión se hará en una versión simplificada del método, es decir se analizará solamente la cavidad local, ya que las dos restantes cavidades, no influyen para aplicar este método.

Como ya se ha mencionado anteriormente se necesita iluminar una caseta convencional que contiene las siguientes medidas:

Longitud: 120 m.

Ancho: 13 m.

Alto: 3.25 m.

Iluminancia media: 25 lux.

Factor de mantenimiento: 0.6. Por ser un ambiente sucio.

A) Calculando Incide del Local.

$$K_1 = 5 \times hm \times \frac{a+1}{(a \times 1)} \dots\dots 4.12$$

$a = ancho; b = largo; hm = altura de la luminaria sobre el plano de trabajo (m).$

$$K_1 = 5 \times 2 \times \frac{13 + 120}{(13 \times 120)} = 0.85 \cong 1$$

Con este valor se puede obtener el valor del Coeficiente de Utilización tomando en cuenta las Reflectancias de techo, paredes y piso que tendrá el local a iluminar, en esta caseta se toman los valores 70%, 10% y 20% respectivamente, los cuales aplicándolos a una tabla que proporciona la Norma CIE, es valor resultante es de: 0.50.

B) Flujo Luminoso.

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \dots\dots 4.13$$

Dónde:

E_m = Nivel de iluminación medio (lux).

Φ_T = Flujo luminoso que el local necesita (Lúmenes).

S = Superficie a iluminar (m^2).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (CU) y de mantenimiento (Cm), que se definen a continuación:

C_u = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa.

C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria. Sustituyendo valores en la fórmula 4.13:

$$\Phi_T = \frac{25 \times 1560}{0.50 \times 0.60} = 130\ 000 \text{ Lúmenes.}$$

C) Numero de Luminarias Requeridas.

$$NL = \frac{\phi_T}{\phi_L \times n} \dots\dots 4.14$$

Dónde:

NL= Número de luminarias.

ϕ_T = Flujo luminoso total, necesario en la zona o local.

ϕ_L = Flujo luminoso de una Lámpara (se toma del catálogo).

n= Número de lámparas que tiene la luminaria.

Para saber este dato, es necesario conocer con anticipación el tipo de luminaria que va hacer utilizar en local, en este caso en las casetas convencionales:

Características de la luminaria:



RVLD

Descripción:	Luminario de LED Avícola DIMEABLE
Tipo:	Exteriores
Modelos:	RVLD1C (127 V) RVLD2C (220 V)
Material del cuerpo:	Aluminio
Grado de IP:	IP65
Número de LEDs:	2 piezas Tipo COB
Potencia:	80W
Rangos de Voltaje:	127V / 220V
Rangos de Frecuencia:	50Hz / 60Hz
Consumo:	0,62 A
Color de Temperatura (CT):	3 000 K
Eficiencia Luminosa:	>5 000 Lm
Temperatura de funcionamiento:	-25°C ~ 45°C
Humedad de funcionamiento:	10% ~ 90%
Tiempo de vida:	> 30 000 Hrs
Ángulo de apertura:	140°
Factor de Potencia:	> 0.9
Garantía Limitada por:	2 años
Aplicaciones:	Ideal para Ave en piso: Pollo de Engorda, Reproductora o Postura debido a su sistema dimeable.

Figura 4.11 Descripción de la luminaria RVLD

Sustituyendo valores:

$$NL = \frac{130000}{5000 \times 2} = 13 \text{ Luminarias}$$

La recomendación es instalar 13 luminarias RVLD en cada caseta convencional de la granja Avícola Buenaventura, a una altura de 2 metros por encima del nivel de las aves para cumplir con los 25 luxes que necesitan los primeros días, esta luminaria tiene la característica de ser dimeable, para ir adecuando la iluminación con forme las aves lo necesitan.

Las luminarias se pueden colocar a una altura mayor pero su luminosidad al nivel de las aves no será el adecuado, mientras más alto se coloquen las luminarias se deben colocar más de ellas. Al final no nos interesa la iluminación de arriba sino al nivel de las aves.

4.4 AHORRO ENERGÉTICO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN.

Las necesidades actuales obligan al uso eficiente de la energía eléctrica. Entre las diferentes formas del uso racional de la energía existe la posibilidad de la sustitución de motores eléctricos con baja eficiencia o estándar por motores de alta eficiencia.

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica giratoria, de la energía total utilizada por el motor, las pérdidas son considerables ya que estas ocupan de un 5 a un 25 % de la energía y la parte restante es ocupada para la realización del trabajo. Es por esto, que es necesario la utilización de equipos mucho más eficientes que reduzcan las perdidas tanto eléctricas como mecánicas.

Los motores que se utilizan actualmente en la granja Avícola Buenaventura son de eficiencia estándar, además de que ya están muy rebobinados, es por ello que la propuesta es sustituirlos por motores de alta eficiencia, para obtener un ahorro en el consumo de energía eléctrica.

4.4.1 Factor por Rebobinado.

Siempre que un motor se rebobina, aunque se realice en un taller de calidad, se produce una disminución en la eficiencia del motor, ya que sus elementos se ven sometidos a sobre calentamiento, golpes, sobre esfuerzos mecánicos, mala calidad de las refacciones, etc. Se puede asegurar que cuando un motor se repara en un taller adecuado, su eficiencia disminuye hasta el 2%, mientras que si se realiza en un taller de mala calidad, puede disminuir hasta un 6%, sin embargo, es común que se considere un 1.5% de disminución de eficiencia por cada rebobinado realizado al motor .

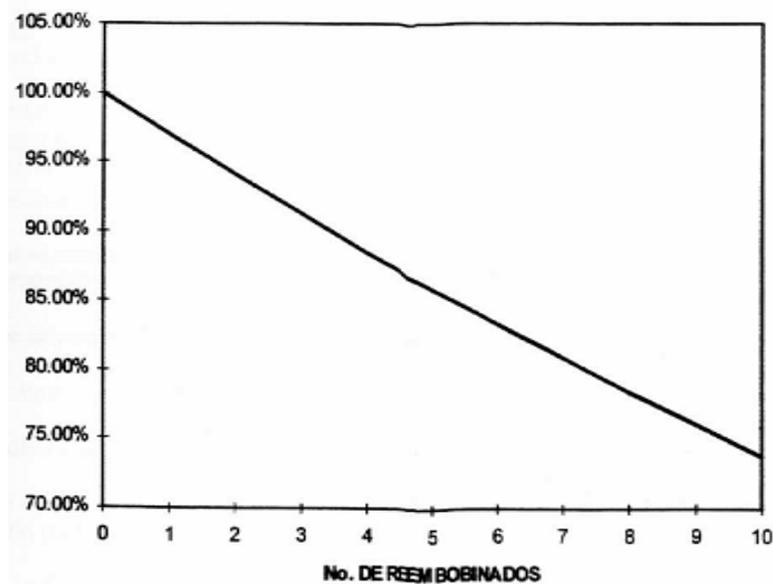


Figura 4.12 Reducción de la eficiencia por cada rebobinado en el motor.

4.4.2 El diseño y fabricación del motor.

Los factores que hay que tomar en cuenta para que un motor eléctrico sea de alta eficiencia son:

El ahorro de energía eléctrica que se puede obtener de los motores es mediante la reducción de sus pérdidas y esto se puede lograr en el diseño, buscando desde su fabricación que este sea lo más eficiente posible.

Cuando se diseña un motor y se requiere hacerlo de alta eficiencia se debe recurrir a la optimización de los materiales, es decir, se debe de realizar lo siguiente:

- Usar acero con mejores propiedades, para reducir las pérdidas por histéresis y de corrientes parásitas, empleando un acero con un alto grado de silicio y también con acero de grano orientado.
- Laminaciones más delgadas, para reducir aún más las pérdidas de histéresis y corrientes parásitas, empleando un espesor de 0.457 mm en lugar del típico de 0.559.
- Aumentar el calibre del conductor, pues las pérdidas I^2R se reducirán considerablemente. Para compensar el aumento en el tamaño de la ranura y la correspondiente del acero activo, el núcleo del motor debe aumentarse esto reduce la densidad de flujo y mejora el factor de potencia, obteniéndose así algunos beneficios adicionales.
- Mejorar el diseño de las ranuras, las pérdidas I^2R en el rotor se reducen al rediseñar la ranura del rotor para incrementar la sección del conductor; al hacer esto la velocidad aumenta ligeramente.
- Mejorar el sistema de aislamiento del motor, para reducir las pérdidas de corrientes entre barras de las ranuras del rotor, se tratan las laminaciones con un aislamiento inorgánico a base de fosfato de zinc de alta temperatura antes de fundir el rotor
- Los rodamientos de la flecha del rotor deben ser de mejor calidad, antifricción y de larga duración.
- Diseño del ventilador de enfriamiento eficiente, al reducirle peso con materiales ligeros y optimizando su diseño para que oponga menor resistencia al aire.
- Aluminio de mejor calidad en el rotor, con lo que se mejora el par y las pérdidas por I^2R .

También se reduce la distancia del entrehierro, con lo que el flujo de dispersión se reduce y con ello las pérdidas de flujo magnético.

En la carcasa, también se mejoran las aletas de enfriamiento, con lo que se hace más eficiente la operación del motor.

La caja de conexiones también es ligeramente mayor, para mejorar las conexiones y evitar puntos calientes.

Cabe mencionar, que al incrementar el tamaño del hierro, el motor de alta eficiencia es ligeramente más grande hacia atrás, pero en la base las dimensiones son las mismas que un motor de eficiencia estándar.

También al incrementarse el tamaño del cobre utilizado en los devanados, la corriente de arranque del motor de alta eficiencia se incrementa ligeramente, por lo que se recomienda verificar los ajustes del relevador de protección del arrancador del motor.

Emplear motores de mayor eficiencia, reduce las pérdidas y los costos de operación. Al sustituir un motor de baja eficiencia o eficiencia estándar, la potencia ahorrada (PA) se puede calcular aplicando la siguiente ecuación:

$$PA (KW) = * Valor nominal del motor (KW) X HP \left(\frac{100}{E_1} - \frac{100}{E_2} \right) \dots\dots 4.15$$

* El valor nominal del motor para el factor de conversión, dependerá si es monofásico o trifásico ya que como menciono anteriormente, los valores son asignados de una tabla que proporciona CFE.

Dónde:

HP = Caballos de potencia.

E1 = Eficiencia del motor de rendimiento menor.

E2 = Eficiencia del motor de rendimiento mayor.

4.4.2.1 Carcasa Abierta

a) Usos Generales: Las aperturas para ventilación permiten el paso del aire exterior para enfriamiento, sobre y alrededor de los devanados del motor.

b) Abierto Aprueba de Goteo: Las aberturas para ventilación están construidas de modo que no haya interferencia en el funcionamiento impidiendo la entrada de líquidos o sólidos en un ángulo de 0 a 15 grados hacia abajo desde la vertical.

c) Resguardado o Protegido. Las aberturas que dan acceso directo a partes vivas (energizadas) o rotatorias (excepto los ejes lisos) están limitadas en tamaño por el diseño de las partes estructurales o por pantallas, mallas, etc., para evitar el contacto accidental con las partes giratorias o eléctricas.

d) A Prueba de Salpicaduras. Este es un motor abierto en el cual la ventilación impide la entrada de líquido o sólidos a cualquier ángulo menor de 100 grados hacia abajo de la vertical.

4.4.2.2 Carcasa Totalmente Cerrada

a) Usos Generales: Es un motor cerrado para evitar el libre intercambio de aire entre la interior y exterior de la cubierta, pero no es hermético.

b) Totalmente Cerrado Sin Ventilación. Es un motor totalmente cerrado el cual no está equipado para ser enfriado por medios externos.

c) Totalmente Cerrado con Ventilación Exterior. Es un motor totalmente cerrado con un ventilador para soplar aire a través de la carcasa externa. Esto son comúnmente utilizados en atmósferas; corrosivas, sucias y polvosas.

d) A Prueba de Explosión. Es un motor totalmente cerrado, diseñado y construido para impedir una ignición de gas o vapor alrededor de la máquina por chispas provocadas por esta, dentro de la máquina impidiendo que salgan fuera de la carcasa.

e) Con Devanados Encapsulados. Es un motor abierto en el cual el devanado está cubierto con un revestimiento, de material fuerte (resinas) para proporcionar protección contra la humedad, suciedad y contra sustancias abrasivas.

f) Para Frecuencia Variable (Inverter Duty). Los fabricantes de motores realizaron cambios de diseño para optimizar los motores para poder utilizarse con variadores de frecuencia.

Los motores están diseñados para recibir la potencia con una onda senoidal de 60 Hz, sin embargo, los variadores de frecuencia no entregan una onda senoidal perfecta ya que estos generan una cierta cantidad de distorsión de armónicos. Por esta razón, muchos fabricantes producen líneas de motores para uso con variadores de frecuencia para torque constante o variable, con ventilación fija o enfriamiento mediante ductos externos.

Sobre todo es importante verificar en motores que operan a carga constante y baja velocidad, que el enfriamiento que reciba el motor sea el adecuado de acuerdo al tipo de aislamiento del motor.

g) Motores Para Ambientes Especiales. La gran mayoría de fabricantes de motores tienen modelos de motores adecuados para ambientes altamente corrosivos, ambientes sucios, a prueba de agua (lavable) inclusive a chorro de agua. Sin embargo todos ellos caen dentro de la clasificación de motores cerrados.

4.4.2 Clase de Aislamiento

Los tipos de aislamiento están clasificados por la NEMA, de acuerdo a la máxima temperatura permisible en operación, se presentan en la tabla siguiente:

Clase	Máxima Temperatura Permisible (°C)
A	105
B	130
F	155
H	180

Tabla 4.5 Clasificación de aislamiento de aislamiento en motores.

La temperatura máxima del motor se determina al restar la temperatura ambiente aceptada como normal para el diseño de la mayor parte de los motores que es de 40°C y la temperatura máxima permisible.

Cuando se reemplace un motor por otro se debe considerar al menos el mismo aislamiento o uno mejor. Generalmente cuando se comete el error de remplazar un motor y utilizar un aislamiento con menor temperatura permisible, el resultado es la falla prematura del motor. Por cada 10°C arriba de la temperatura permisible la vida del motor puede disminuir a la mitad.

4.5 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Teniendo en cuenta los costos energéticos actuales, se determina la inversión necesaria para la implementación de la mejora; dicha inversión se cuantifica sobre la base de presupuestos facilitados por distintos fabricantes.

A continuación se y la inversión requerida y el tiempo de recuperación en cada caso.

4.5.1 Bancos automáticos de capacitores.

La propuesta en este caso es instalar un total 110 KVAR´S, esta cantidad estará cubriendo con tres bancos de capacitores automáticos de las siguientes capacidades:

Valor nominal del banco de capacitores (KVAR´S)	Precio unitario (\$)
60	\$41 760.00
60	\$41 760.00
10	\$ 25 520.00
Total (KVAR´S)= 110	\$109 040.00

Tabla 4.6 Precios y capacidades nominales de los bancos automáticos.

El costo total de la inversión de los bancos de capacitores tendrá un valor de \$109 040.00.

Tiempo de recuperación= $\$109\,040.00/\$5\,608.98= 19.44$ meses \approx **1.62 años**.

Se considera una rentabilidad buena, ya que la inversión se recuperará en aproximadamente 1.62 años mismos que se verá reflejado en la facturación eléctrica.

No existe riesgo alguno para la implementación de la medida, por el contrario, y como ya se mencionó, esta actuará en beneficio de la funcionalidad de los transformadores, al disminuir los índices de carga a los que se encuentran, ya que los transformadores alcanzan una mayor eficiencia al operarlos de entre un 70 % a un 80 % de su capacidad nominal.

4.5.2 Análisis de factibilidad de cambio de un motor estándar por un motor de alta eficiencia.

Como ya se mencionó anteriormente los motores que se encuentran en función en la granja Avícola Buenaventura son de eficiencia estándar mismos que se encuentran muy rebobinados, lo cual impide aplicar un método para saber la eficiencia de los mismos.

Como es bien sabido, por norma todos los motores deben especificar en la placa de datos la eficiencia que le corresponde al motor, estos motores no cuentan con el dato.

Por ser un motor de eficiencia estándar, por haber las reparaciones que han sufrido y tomando en cuenta las pérdidas que han sufrido durante las mismas se toma una eficiencia del 50%.

Se busca sustituir motores que ocupan mayor consumo de energía eléctrica, los cuales son de $\frac{1}{2}$ Hp y $\frac{3}{4}$ Hp, 3Ø-1800 RPM, con una eficiencia del 50% y un uso aproximado de 3108 horas al año. Por motores de las mismas características de operación solo que de alta eficiencia, 82.5% y 85%, un precio neto de \$7 384.98 y \$8 211.26, respectivamente.

Capacidad en caballos de potencia	Watts para motores	
	Monofásicos	Trifásicos
0.5	527	507
0.75	780	740

Tabla 4.7 Capacidad en caballos de potencia-CFE.

De lo anterior se puede encontrar la energía perdida por cada motor.

$$EPa = (Pa) (\text{Horas de uso por año}) \dots\dots \mathbf{4.16}$$

Dónde:

EPa = Energía pérdida al año por baja eficiencia de equipo.

Pa = Potencia en kW ahorrado por cambio de motor.

Para obtener los ahorros anuales, sería:

$$\text{\$ Ahorros anuales} = (EPa) (\text{Costos promedio de la energía}) \dots\dots \mathbf{4.17}$$

Energía perdida para el motor de ½ Hp.

$$PA = (0.507) \left(\frac{100}{50} - \frac{100}{82.5} \right) = (0.507)(0.79) =$$

$$PA = \mathbf{0.401 KW}$$

$$EPa = (0.401)(3108) = \mathbf{1\ 246.308 \frac{KWh}{año}}$$

$$\text{\$ Ahorro anual} = (1\ 246.308)(2.89)$$

$$\text{\$ Ahorro anual} = \mathbf{\$3\ 601.83 M.N.}$$

Este ahorro anual es solo de uno, de los 380 motores de ½ Hp existentes en la granja, el ahorro total sería de **\\$1 368 695.4** al año.

Energía perdida para el motor de ¾ Hp.

$$PA = (0.740) \left(\frac{100}{50} - \frac{100}{82.5} \right) = (0.740)(0.79) =$$

$$PA = 0.585 KW$$

$$EPa = (0.585)(3108) = 1\ 860.3 \frac{KWh}{año}$$

$$\$ Ahorros\ anual = (1\ 860.3)(2.89)$$

$$\$ Ahorros\ anual = \$5\ 376.267\ M.N.$$

De esta capacidad, se manejan 20 motores en la granja Avícola Buenaventura, teniendo un ahorro total anual de: **\$ 107 525.34**

Si se sustituyeran los motores actuales por motores de alta eficiencia, el retorno de inversión debido a los ahorros sería:

$$Periodo\ de\ Recuperacion = \frac{Inversión}{\$ Ahorros\ anual} \dots\dots 4.18$$

Para el motor de ½ Hp:

Ahorro total anual: **\$1 368 695.4**

Costo de la inversión en los 380 motores= \$2 806 292.4

$$Periodo\ de\ Recuperacion = \frac{\$2\ 806\ 292.4}{\$1\ 368\ 695.4} = 2.05\ Años.$$

Para el motor de ¾ Hp:

Ahorro total anual: **\$ 107 525.34**

Costo de la inversión en los 20 motores= **\$164 225.2**

$$Periodo\ de\ Recuperacion = \frac{\$164\ 225.2}{\$107\ 525.34} = 1.53\ Años.$$

* Precios obtenidos de distribuidora Baldor-Motores de alta eficiencia.

4.5.3 Análisis de factibilidad en el sistema de iluminación.

Se puede observar que es notorio el aumento en el consumo de la energía con las luminarias que se están proponiendo pero en este caso, pero como ya se ha mencionado en este caso se busca el confort y el buen desarrollo de las aves.

En la iluminación actual, las casetas cuentan 12 luminarias con una potencia de 15 watts c/u, que de acuerdo con las mediciones realizadas con el luxómetro existe un promedio de 6-8 lux.

Tomando en cuenta que están en función las 24 horas del día durante 300 días al año, tienen un consumo de: 108 KWh/Año. Económicamente estamos hablando de \$312.12 al año, esto en una sola caseta en las 20 casetas convencionales estaríamos hablando de \$6 242.4 al año.

Con las nuevas luminarias se podrá cumplir con la iluminación que las aves necesitan durante toda su estancia en las casetas convencionales, tomando en cuenta que se aplicaran los fotoperiodos correspondientes, se utilizan los siguientes promedios para el consumo de energía.

- 80 watts durante los primeros 7 días, un promedio de 18 horas al día.
- 20 watts: durante el resto de la parvada, un promedio de 21 horas al día.

Tomando en cuenta que se realizan de 6 parvadas al año en la granja, el consumo de energía al año con los datos anteriores será de 136 KWh/Año, \$393.04 al año por cada caseta, un consumo total de:

2 720 KWh/año= \$7 860.8 al año.

Teniendo un aumento de \$1 618.4 al año.

Los precios de las luminarias propuestas son de \$2 339.02, hay que tomar en cuenta el precio del dimmer que es de \$2 428.02 (precios netos).

Costo de la inversión por caseta: $(\$2 339.02 \times 13) + 2 428.02 = \$32 835.28$

Costo de la inversión en las 20 casetas= \$656 705.6

Al hacer la inversión, el periodo de amortización será de:

Periodo de amortización= $656\ 705.6 / 6\ 242.4 = 105.2$ años.

Sería absurdo realizar este tipo de inversiones al observar el tiempo de recuperación, pero como se ha venido mencionando desde un principio es lo que el manual del pollo Cobb propone, para que las aves tengan un buen confort y pueden tener un buen desarrollo.

Este estudio se realizó con la colaboración de Megamex.

4.6 RESULTADOS.

Los resultados de los casos mencionados anteriormente son los siguientes:

- Al realizar la compensación de potencia reactiva se logra corregir el factor de potencia lo cual conlleva a un ahorro mensual que en este caso para la empresa que se analizó corresponde al \$5 608.98 de ahorro en la factura de consumo de energía. Por lo que resulta sumamente económico, puesto que su amortización resulta en un plazo en este caso de 1.62 años y seguirá produciendo ahorros económicos durante su funcionamiento.
- Al realizar la inversión en los motores de alta eficiencia se logra tener un ahorro económico total anual de \$ 1 476 220.74. Por lo que la amortización de la inversión resulta en un plazo de 2.012 años.
- Con la inversión de las luminarias, más que un ahorro se busca mejorar el confort de las aves en las casetas convencionales, ya que como se ha venido mencionando desde un principio no cuentan con la iluminación que estas necesitan.
- Se logra un ahorro del 18.37% en el consumo de la potencia aparente en cada uno de los transformadores, lo cual ayuda a liberar carga y tener una mayor eficiencia en los mismos.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El diagnostico de energía es una herramienta sumamente útil para abordar los problemas que se presentan en el uso racional de la energía en la industria y los servicios.

Por otra parte, la obtención de datos puede resultar problemática cuando no se cuenta con la instrumentación adecuada y correctamente calibrada, en cuyo caso deberá ser calculada la información necesaria si esto es posible.

Por lo expuesto anteriormente, un sistema eléctrico no compensado adecuadamente está presentando perdidas en el consumo de energía eléctrica, además de que el sistemas eléctrico puede estar trabajando con una sobrecarga, lo cual impide que se puedan instalar nuevos equipos sin modificar todo el sistema eléctrico.

Los motores eléctricos son de suma importancia en la actualidad, debido a las diferentes aplicaciones industriales a los que son sometidos, es por ello, que se deben tomar en cuenta la eficiencia de los mismos, para aprovechar la mayor parte de energía eléctrica. Hablando de costo un motor de alta eficiencia puede ser 2 o 3 veces mayor que de un motor estándar, pero el ahorro de energía es mucho mayor.

Al realizar la inversión de los equipos puede resultar muy costoso, pero si se toman en cuenta los ahorros y beneficios que se obtendrán con ellos, resulta una inversión favorable y de rápida amortización.

5.2 RECOMENDACIONES

- Sustitución de equipos convencionales por ahorradores de energía eléctrica.
- Instalación de bancos de capacitores automáticos para no provocar una sobrecompensación con los bancos de capacitores fijos.
- Realizar mantenimientos preventivos a los equipos eléctricos.
- Realizar limpieza a las luminarias para que no disminuya su eficiencia de iluminación dentro de las casetas.
- Sustituir las luminarias actuales por las propuestas para lograr un buen confort en las aves, además de logran la iluminación que el manual del pollo Cobb recomienda.

BIBLIOGRAFÍAS.

1. Enríquez Harper Gilberto. Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales, 2008.
2. Compensación de Potencia Reactiva. Manual de Schneider Electric, Junio 2008.
3. Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica. (Ing. Javier Ortega Solís).
4. <http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA 2403 motores eléctricos>.
5. Ambriz J.J. Villalba, J. y H. Romero. “metodología e instrumentación de diagnósticos energéticos para plantas industriales”. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Informe Final a CONACyT. México, Abril de 1992.
6. Wildi, Theodore, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, Sexta edición, Pearson Educación, México, 2007.
7. Tesis-Compensación de Potencia Reactiva, Enrique Gómez Morales, México, D.F., Octubre 2009.
8. Cobb guía de manejo del pollo de engorde.
9. <http://www.cfe.gob.mx>
10. <http://www.megamex.com.mx>
11. J. J. Ambriz y H. Romero-paredes. Metodología e instrumentación de diagnósticos energéticos para plantas industriales. Universidad autónoma metropolitana.

ANEXOS

Antes de la compensación		Especificación de kVAr de una batería de condensadores que se van a instalar por kW de carga para mejorar $\cos \varphi$ (el factor de potencia) o $\tan \varphi$ con un valor determinado													
		$\tan \varphi$	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	$\cos \varphi$	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41		1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42		1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43		1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44		1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45		1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46		1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47		1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48		1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49		1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50		0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52		0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53		0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55		0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56		0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57		0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58		0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59		0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60		0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76		0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78		0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79		0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81			0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82			0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83			0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Figura A1. Valores del Factor K.

VEMAC

POPOCATEPETL 141 COL. XOCHIMILCO
GUADALUPE N.L.
TEL (0181)-88-61-39-16, 818-1-76-35-06

GRUPO PECUARIO BUENA AVENTURA SA DE CV
DOM.CONOCIDO

ESTIMADO(A): ING. MARIO

DE ACUARDO A SU ATENTA SOLICITUD DE COTIZACION, DAMOS A SU CONSIDERACION LA SIGUIENTE OFERTA

PART.	CANT.	DESCRIPCION.	P.UNIT	TOTAL
1	1	BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO DE 10 KVAR, EN 240 VOLTS, TRIFASICO MCA VEMAC 60 HZ. QUE INCLUYE DIPLAY DIGITAL CON PARAMETROS DE FACTOR DE POTENCIA, KVA, KW, AMPS, FRECUENCIA, DISTORCION ARMONICA, FP, CONTACTORES, CONTROL, TRASFORMDOR DE VOLTAJE, FUSIBLES DE DISPARO RAPIDO, INTERRUPTOR GENERAL PARA TODO EL EQUIPO, CAPACITORES, DONA DE MEDICION, TC, TODO ALOJADO A GABINETE NEMA 3R DE 2 PASOS DE 5 KVAR.		\$ 22,000.00
2	1	BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO DE 60 KVAR, EN 240 VOLTS, TRIFASICO MCA VEMAC 60 HZ. QUE INCLUYE DIPLAY DIGITAL CON PARAMETROS DE FACTOR DE POTENCIA, KVA, KW, AMPS, FRECUENCIA, DISTORCION ARMONICA, FP, CONTACTORES, CONTROL, TRASFORMDOR DE VOLTAJE, FUSIBLES DE DISPARO RAPIDO, INTERRUPTOR GENERAL PARA TODO EL EQUIPO, CAPACITORES, DONA DE MEDICION, TC, TODO ALOJADO A GABINETE NEMA 3R DE 4 PASOS DE 15 KVAR.		\$ 36,000.00
3	1	BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO DE 65 KVAR, EN 240 VOLTS, TRIFASICO MCA VEMAC 60 HZ. QUE INCLUYE DIPLAY DIGITAL CON PARAMETROS DE FACTOR DE POTENCIA, KVA, KW, AMPS, FRECUENCIA, DISTORCION ARMONICA, FP, CONTACTORES, CONTROL, TRASFORMDOR DE VOLTAJE, FUSIBLES DE DISPARO RAPIDO, INTERRUPTOR GENERAL PARA TODO EL EQUIPO, CAPACITORES, DONA DE MEDICION, TC, TODO ALOJADO A GABINETE NEMA 3R DE 5 PASOS DE 5 Y 15 KVAR.		\$ 39,000.00
				TOTAL..... \$ 97,000.00

PRECIOS MAS EL I.V.A. MONEDA NACIONAL
CONDICIONES DE PAGO. AL CONTADO POR ANTICIPADO.
GARANTIA. 7 AÑOS
TIEMPO DE ENTREGA. 1 SEMANA
INCLUYE EL GASTO DE ENVIO A CHIAPAS
INCLUYE GABINETE USO INTERPERIE NEMA 3R

SIN MAS POR EL MOMENTO Y EN ESPERA DE SUS MUY APRECIABLES NOTICIAS SE DESPIDE DE USTED:

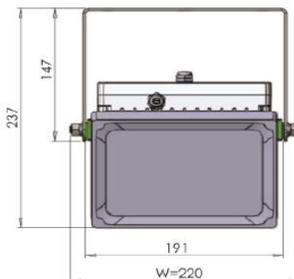
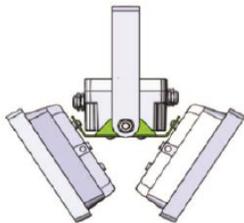
ATENTAMENTE



ING. EDUARDO FIGUEROA IBARRA

Figura A2. Cotización de banco de capacitores

RVLD



Descripción:	Luminario de LED Avícola DIMEABLE
Tipo:	Exteriores
Modelos:	RVLD1C (127 V) RVLD2C (220 V)
Material del cuerpo:	Aluminio
Grado de IP:	IP65
Número de LEDs:	2 piezas Tipo COB
Potencia:	80W
Rangos de Voltaje:	127V / 220V
Rangos de Frecuencia:	50Hz / 60Hz
Consumo:	0,62 A
Color de Temperatura (CT):	3 000 K
Eficiencia Luminosa:	>5 000 Lm
Temperatura de funcionamiento:	-25°C ~ 45°C
Humedad de funcionamiento:	10% ~ 90%
Tiempo de vida:	> 30 000 Hrs
Ángulo de apertura:	140°
Factor de Potencia:	> 0.9
Garantía Limitada por:	2 años
Aplicaciones:	Ideal para Ave en piso: Pollo de Engorda, Reproductora o Postura debido a su sistema dimeable.

- Luminario de LED **DIMEABLE** diseñada exclusivamente para la industria Avícola. Larga duración.
- La más alta tecnología en iluminación Avícola que genera altos rendimientos y bajo consumo.
- Obtenga alta productividad y homogeneidad en su parvada.
- Driver integrado para instalaciones a 127V ó 220V(según marcado), solo conecte y encienda.
- Ambientalmente amigable, no contiene sustancias tóxicas o peligrosas. Bajo costo de mantenimiento.

Figura A3. Descripción de luminaria



ILUMINACIÓN

Megadistribuidora Mexicana de Iluminación S.A. de C.V.

Original

Confirmación de pedido

Número de documento	Orden de Compra	Página (s):
25532	Mario	1/1
	Moneda:	TC:
	MXN	14.85

Ejecutivo de Cuenta:

Alexis Janet Gomez
Ext.

Datos del Cliente



BUENAVENTURA GRUPO PECUARIO, S.A. DE C.V.
BGP870821R59

AV. CENTRAL ORIENTE NO. 2, 2DO. PISO
VILLAFLORES VILLAFLORES MX
C.P.30470

Dirección entrega

BUENAVENTURA GRUPO PECUARIO, S.A. DE C.V.

Igual a dest.factura

#	Código	Descripción	Cantidad	Lista de Precio	Desc. %	Precio (MXN)	Total
001	RVLD1C	LAMPARA REPRODUCTORA DIMEABLE 80W (2X40W) 127V 270K	13	165.60 USD	0.00%	\$2,459.03	\$31,967.36
002	DL1	CONTROLADOR PARA LAMPARAS DE LED Y FLUORESCENTES 3I	1	214.90 USD	0.00%	\$3,191.09	\$3,191.09

Plazo de pago

45 Dias

Costos adicionales

Clase de expedición:

#	Descripción	Neto	Indicador de Impuestos	Impuesto %	Impuesto	Bruto
1	Servicio de Entrega	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00
2	Catálogos	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00
3	Gastos IMPO	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00
4	Ajuste por redondeo	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00
5	Maniobras	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00
6	Art. Promocionales	0.00	C16	16.0000	0.00	0.00

Subtotal del pedido:		35,158.45 MXN
Subtotal del descuento:	18.0000%	6,328.52 MXN
Total antes del impuesto:		28,829.93 MXN
Importe total del impuesto:		4,612.79 MXN
Importe total:		33,442.72 MXN

Figura A4. Cotización de luminarias.

Capacidad en caballos de potencia	Watts para motores	
	Monofásicos	Trifásicos
1-20	60	-
1-16	80	-
1-8	150	-
1-6	202	-
1-5	233	-
0.25	293	264
0.33	395	355
0.5	527	507
0.67	700	668
0.75	780	740
1	993	953
1.25	1 236	1 190
1.5	1 480	1 418
1.75	1 620	1 622
2	1 935	1 844
2.25	2 168	2 067
2.5	2 390	2 290
2.75	2 574	2 503
3	2 766	2 726
3.25	-	2 959
3.5	-	3 182
3.75	-	3 415
4	-	3 618
4.25	-	3 840
4.5	-	4 074
4.75	-	4 266
5	-	4 490
5.5	-	4 945
6	-	5 390

6.5	-	5 836
7	-	6 293
7.5	-	6 577
8	-	7 022
8.5	-	7 458
9	-	7 894
9.5	-	8 340
10	-	8 674
11	-	9 535
12	-	10 407
13	-	11 278
14	-	12 140
15	-	12 860
16	-	13 720
20	-	16 953
25	-	21 188
30	-	24 725
40	-	32 609
50	-	40 756

Tabla A1. Capacidad en caballos de potencia-CFE

REFLECTANCIA DE CAVIDAD																				
TECHO EN %	80				70				50				30				10			
REFLECTANCIA DE PARED EN %																				
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10			
INDICES DE LOCAL																				
COEFICIENTES DE UTILIZACION																				
1	0.58	0.56	0.53	0.51	0.56	0.54	0.52	0.50	0.52	0.50	0.49	0.50	0.48	0.47	0.48	0.47	0.46			
2	0.53	0.49	0.45	0.42	0.52	0.48	0.45	0.42	0.46	0.45	0.41	0.45	0.42	0.40	0.43	0.41	0.39			
3	0.49	0.44	0.40	0.36	0.48	0.43	0.39	0.36	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.38	0.36	0.34			
4	0.45	0.39	0.35	0.32	0.44	0.38	0.35	0.31	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30			
5	0.42	0.35	0.31	0.27	0.41	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.31	0.29	0.27	0.31	0.29	0.26			
6	0.39	0.32	0.27	0.24	0.38	0.31	0.27	0.24	0.30	0.27	0.24	0.30	0.26	0.24	0.29	0.26	0.23			
7	0.36	0.29	0.25	0.22	0.35	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.27	0.24	0.21	0.27	0.23	0.21			
8	0.34	0.27	0.22	0.20	0.33	0.27	0.22	0.20	0.25	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19			
9	0.31	0.24	0.20	0.17	0.31	0.24	0.20	0.16	0.23	0.20	0.17	0.23	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17			
10	0.29	0.22	0.18	0.16	0.29	0.22	0.14	0.14	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15	0.21	0.18	0.15			

Figura A5. Coeficiente de utilización



Figura A6. Transformador de 45 KVA – área de servicios.



Figura A7. Transformador de 150 KVA – Sección 1



Figura A8. Transformador de 150 KVA – Sección 2