

Auditoría Energética en la granja porcina El Cabuyal de la empresa Grupo Oro y propuesta técnica de mejoras para la optimización del uso y gestión de la energía

Achig M. Geovanny F.

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Universidad Técnica del Norte, Ciudadela Universitaria, Av. 17 de Julio 5-21 y General José María
Córdova Ibarra, Imbabura

gfachigm@utn.edu.ec

Resumen – La presente tesis tiene como objetivo la realización de una auditoría energética en la granja porcina El Cabuyal de la empresa Grupo Oro, ubicada en la Comunidad de El Cabuyal, provincia de El Carchi.

En el primer capítulo se presenta los antecedentes, el análisis de los problemas y la justificación para realizar esta tesis. En el capítulo dos se analiza los diferentes conceptos de energía y eficiencia energética, se desarrolla teóricamente la metodología de una auditoría energética. En el capítulo tres se mencionan las metodologías de investigación aplicadas en este trabajo de tesis.

En el capítulo cuatro se presenta el desarrollo de la propuesta técnica que consta de tres etapas que son: la primera etapa es el desarrollo de la metodología de la auditoría energética; la segunda etapa se establece las diferentes propuestas de mejoras técnicas y la tercera etapa es el análisis económico y la rentabilidad de la inversión de las propuestas anteriormente mencionadas.

Índice de términos

Auditoría energética, consumo energético, eficiencia energética, energía activa, optimización energética.

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica se ha convertido en los últimos años en parte fundamental de los procesos industriales a través de la implementación de métodos automatizados para lograr una mayor producción y eficiencia en el desarrollo, comercialización y distribución de los diferentes productos generados en industrias ecuatoriales y alrededor del mundo [11].

En la actualidad se promueven diferentes proyectos a nivel nacional los cuales están destinados a fomentar la optimización y el uso adecuado de la energía eléctrica especialmente en industrias, a través de mejoramientos en calidad del servicio y en eficiencia energética y por medio de tarifas diferenciadas para media tensión que cuentan con un registrador de demanda horaria [23].

Un porcentaje de empresas o industrias no cuentan con estudios acerca del uso y gestión de la energía eléctrica, así mismo, como para la optimización energética; por ello es necesario la realización de un estudio energético denominado “Auditoría Energética”, la cual permite identificar los diferentes problemas energéticos existentes en una empresa, mediante el desarrollo de las diferentes etapas que conforman una auditoría [18].

II. METODOLOGÍA DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Según Abramson [21], propone 3 etapas para la realización de una auditoría energética, con los cuales se puede lograr diferentes medidas de ahorro energético, que son:

A. Visita de inspección

1) ¿Quién realizará el proyecto de auditoría energética eléctrica?

La presente auditoría energética será realizada por personal mixto.

- Geovanny Achig – autor del proyecto.
- Personal del área de mantenimiento de la granja.

2) Visita a la planta

En la visita a la granja se determinó los siguientes aspectos:

a) Ubicación geográfica de la empresa

La granja porcina El Cabuyal se encuentra ubicada en la comunidad de El Cabuyal de la provincia de El Carchi.

b) Distribución de cargas del sistema eléctrico

En el proceso de visita a la granja se identificó un sistema eléctrico de media tensión, el cual se describe en la tabla 1:

TABLA I
CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Circuito	Tipo transformador	Capacidad (kVA)	Voltaje	Instalación
CT-1	Monofásico	15	13,8 kV / 220-120 V	Transformador aéreo
CT-2	Trifásico	30	13,8 kV / 208-120 V	Transformador aéreo
CT-3	Monofásico	15	13,8 kV / 220-120 V	Transformador aéreo
CT-4	Trifásico	75	13,8 kV / 208-120 V	Transformador aéreo
CT-5	Trifásico	150	13,8 kV / 208-120 V	Banco de transformador aéreo

Para los circuitos de baja tensión se identificaron varios grupos de consumidores de energía y son descritos en la tabla 2, juntamente con el sector al que pertenecen cada uno de estos:

TABLA II
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DE BAJA TENSIÓN

CIRCUITO	TRANSFORMADOR	SECTORES
		ENTRADA
CT1	15 kVA	Red - iluminación, desinfección, duchas, cocina, oficinas principales, cuarto costura, bodega, patio y embarcadero
		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CT2	30 kVA	Red - iluminación, planta de agua y lavadora
		OFICINAS
CT3	15 kVA	Red - iluminación, oficinas, desinfección y embarcadero
		ENGORDE
		Red - iluminación, galpones, planta tratamiento
CT4	75 kVA	DESTETE
		Red - iluminación, galpones, planta tratamiento
		MATERNIDAD
		Red - iluminación, galpones, planta tratamiento, Desinfección, duchas y casa doctor
CT5	150 kVA	GESTACIÓN
		Red - iluminación, galpones
		REPRODUCCIÓN Y LEVANTE
		Galpones.

c) Forma de medición del consumo de la energía

La granja porcina El Cabuyal cuenta con un solo medidor el cual registra el consumo eléctrico; esta medición se la realiza a través de un trafomix instalado en la entrada de la granja en el poste X1P-6464, esto evita que en caso de existir pérdidas no sean registradas y facturadas.

B. Mini auditoría

1) Análisis estadístico del consumo de energía eléctrica

Según el Pliego tarifario para el servicio eléctrico [5], para aquellos consumidores industriales que tienen una conexión en el punto de entrega en media tensión entre 600 V. y 40 kV. y que disponen con un registrador de demanda horaria el cual permite identificar los consumos de potencia y energía en los diferentes periodos establecidos por la empresa eléctrica; los horarios que se disponen en esta tarifa eléctrica y que el consumidor debe cancelar se describen a continuación:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda en USD/kW, por cada kilovatio de demanda facturable, como pago mínimo, sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección (FCI).
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 08h00 hasta las 18h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 18h00 hasta las 22h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 22h00 hasta las 08h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de sábados, domingos y feriados en el periodo de 18h00 hasta las 22h00.

El cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FCI) y que son

seleccionados en 3 aspectos de acuerdo al rango de demanda máxima que se encuentran:

Aquellos consumidores industriales, cuya relación de los datos de demanda en hora pico (DP) y de demanda máxima (DM) se encuentra en el rango de 0,6 a 0,9,

$$FCI = 0,5833 \times (DP/DM) + 0,4167 \times (DP/DM)^2 \quad (1)$$

Para aquellos consumidores industriales cuya relación se encuentra en el rango mayor a 0,9, se aplica:

$$FCI = 1,20 \quad (2)$$

Para aquellos consumidores industriales cuya relación se encuentra en el rango menor a 0,6, se aplica:

$$FCI = 0,5 \quad (3)$$

a) Consumo de energía eléctrica en dólares

TABLA III
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN DÓLARES

septiembre	3983,28
octubre	4395,35
noviembre	4316
diciembre	4600,22
enero	5220,7
febrero	4856,38
marzo	4119,23
abril	4378,84

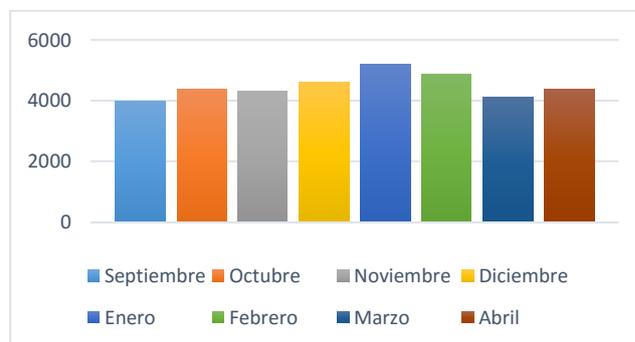


Gráfico 1. Consumo de energía eléctrica en dólares

Se constata que los valores de pago por servicio eléctrico son similares cada mes, tomando en cuenta que el mes de enero se canceló por la mayor cantidad de energía consumida.

b) Consumo de energía activa (kWh)

TABLA IV
CONSUMO DE ENERGÍA ACTIVA

	8h00 - 18h00 (L-V)	18h00 - 22h00 (L-V)	22h00 - 8h00 (L-V)	18h00 - 22h00 (S-D-F)
septiembre	17665	4858	16735	1673
octubre	19542	5079	18239	2262
noviembre	19327	5093	17723	2038
diciembre	21115	5192	19532	2521
enero	21758	5772	20549	2360
febrero	22143	5292	21134	2455
marzo	18111	4609	17691	2047
abril	19152	5277	19286	1943

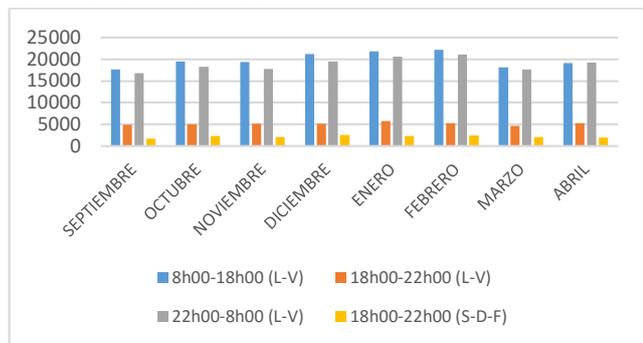


Gráfico 2. Consumo de energía activa

Los mayores consumos en energía activa se registran en los periodos de lunes a viernes en el horario diurno que es desde las 8h00 hasta las 18h00 y entre el horario nocturno desde las 22h00 hasta las 8h00 y que representan los mayores consumos y la mayor facturación ya que son horarios en donde se establecen las horas picos de demanda eléctrica.

c) Consumo de energía reactiva (kVArh)

TABLA V
CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA

septiembre	16965
octubre	18523
noviembre	18006
diciembre	20569
enero	21296
febrero	19285
marzo	18011
abril	17611

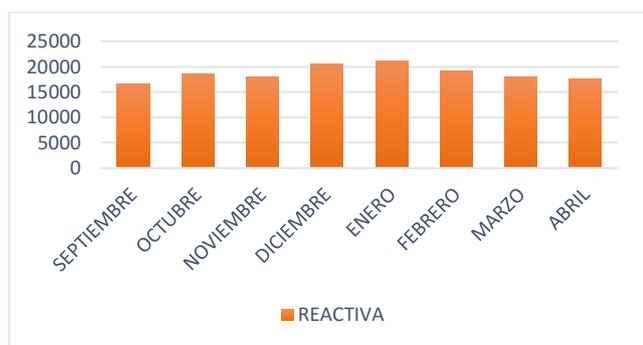


Gráfico 3. Consumo energía reactiva

El mayor consumo de energía reactiva se establece en los meses de diciembre y enero ya que en estos meses existe una mayor demanda de producción y la granja aumenta su nivel de productividad. Ya que la granja cuenta con un número considerable de motores y planchas eléctricas los cuales tienen un funcionamiento diario de aproximadamente 20 horas al día.

d) Demanda máxima facturada (kW)

TABLA VI
DEMANDA MÁXIMA FACTURADA

septiembre	111
octubre	115
noviembre	115
diciembre	114
enero	114
febrero	125
marzo	110
abril	112

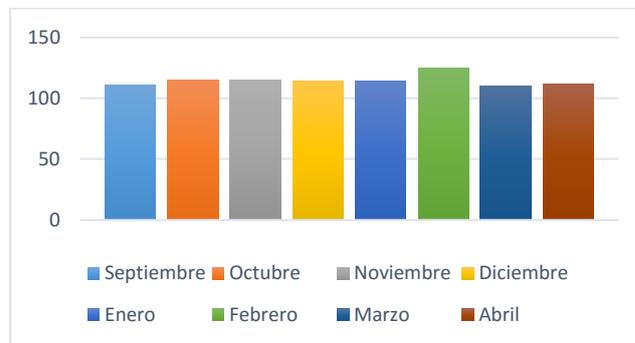


Gráfico 4. Demanda máxima facturada

La mayor demanda máxima que se verifica es en el mes de febrero ya que existe un incremento en el consumo energético. Para el costo de la demanda facturable se analizan los consumos de energía activa y energía reactiva para realizar los costos por consumo eléctrico y ser facturados por Emelnorte.

2) Planos y diagramas eléctricos

Los diagramas eléctricos son esquemas gráficos en los cuales se ubican todas las instalaciones eléctricas existentes en la planta y el cual nos da una referencia de cómo están distribuidos los circuitos eléctricos, la ubicación de transformadores, los equipos o grupo de equipos que se encuentran conectados a cada circuito [1] [25].

Con la visita de inspección a la granja se determinó que existe un circuito de media tensión trifásico a 13,8 kV el cual esta alimentado desde la subestación Chota, la cual proporciona la energía necesaria para llevar a cabo los procesos productivos de la granja.

A su vez la granja cuenta con cinco circuitos de baja tensión alimentando a los diferentes sectores de producción que son:

- Entrada – CT1.
- Planta de tratamiento de agua – CT2.
- Oficinas – CT3.
- Engorde y destete – CT4.
- Maternidad y gestación – CT5.

3) Registros y mediciones puntuales

Para la medición de los parámetros eléctricos se utilizó un analizador de red, el mismo que será instalado en los centros de carga identificados en la sección anterior.

Por medio de la colocación de un analizador de red marca Lifasa que fue instalado en los dos transformadores trifásicos: uno de 75 kVA ubicado en los sectores de engorde y destete y uno de 150 kVA ubicado en los sectores de maternidad y gestación, tomando las diferentes lecturas cada 60 minutos por 7 días en cada uno de los transformadores.

a) Parámetros de medición eléctrica

Existen cuatro parámetros que son esenciales para la toma de mediciones eléctricas puntuales dentro de una auditoría energética y que son [16] [19]:

(1) Voltaje

- Transformador de 75 kVA.

TABLA VII
TENSIONES PROMEDIO TRANSFORMADOR 75 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	238,1	238,5	238,1	239,6	240,3	241,8	240
L2	236,9	237,8	236,9	238,8	240	240,5	239,1
L3	234,3	234,8	234,3	236,3	237,5	237,4	236,4

PUBLICACIÓN 001-001

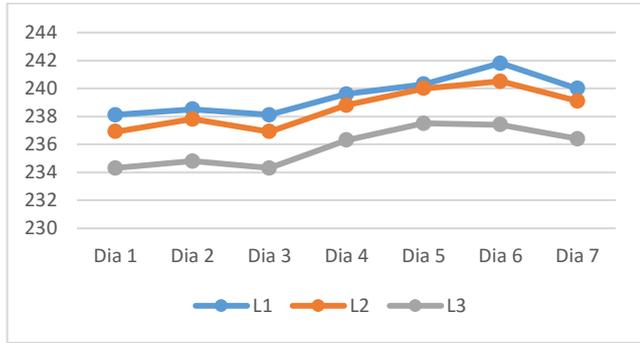


Gráfico 5. Curva de tensión promedio transformador 75 kVA

Se visualiza que en horas de la mañana es donde se registra los valores más bajos de tensiones, en horas de mediodía que es la hora pico se registran los valores más altos y en horas de la tarde existen valores normales promediados entre las 3 fases que se componen el circuito trifásico.

- Transformador de 150 kVA.

TABLA VIII
TENSIONES PROMEDIO TRANSFORMADOR 150 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	219,8	219,7	219,5	218,9	220,6	219,5	219,7
L2	220,5	220,7	220,5	220	221,5	220,5	220,7
L3	219,3	219	218,6	218,1	219,7	218,6	219

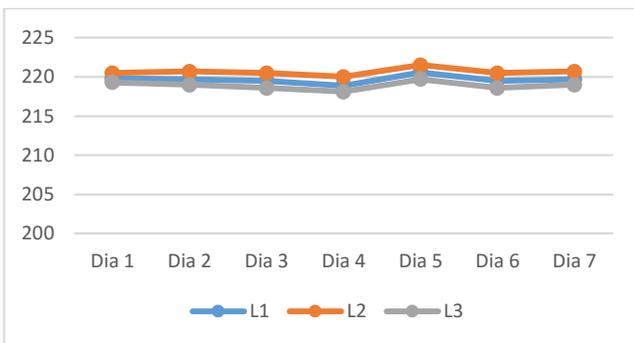


Gráfico 6. Curva de tensión promedio transformador 150 kVA

Se analiza que en horas de la mañana se registran los valores mínimos de tensiones y en horas desde el mediodía hasta la tarde se registran valores medios.

(2) Corriente

- Transformador de 75 kVA.

TABLA IX
CORRIENTES PROMEDIO TRANSFORMADOR 75 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	181,7	181,8	181,9	181,8	182	181,8	181,7
L2	180,9	181,2	181,3	181,1	181,3	181,1	181,2
L3	181,7	181,9	182	181,8	182	181,9	182

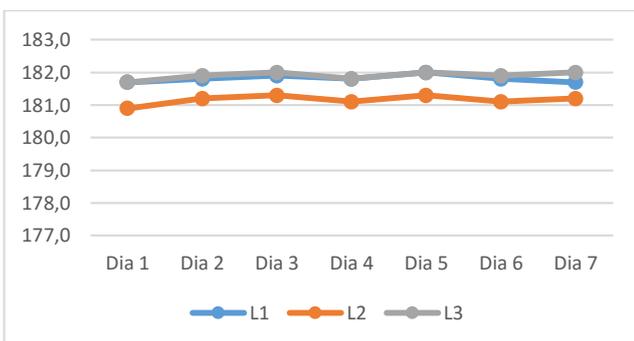


Gráfico 7. Curva de corriente promedio transformador 75 kVA

Se visualiza que existe un mayor consumo de corriente en horas de la mañana ya que los motores de los comederos se activan y permanecen mucho más tiempo encendidos y en el periodo de 14h00 a 16h00 se registran valores mínimos ya que los animales duermen en este lapso de tiempo.

- Transformador de 150 kVA.

TABLA X
CORRIENTES PROMEDIO TRANSFORMADOR 150 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	325,8	326,3	326,2	325,9	326	325,9	326,2
L2	324,3	324,5	324,6	324,5	324,4	324,3	324,4
L3	325,4	325,5	325,6	325,5	325,4	325,6	325,5

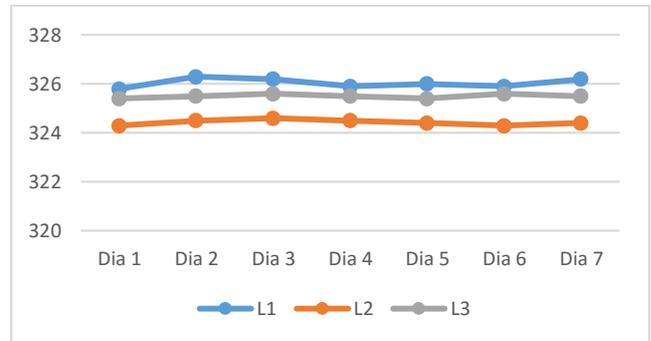


Gráfico 8. Curva de corriente promedio transformador 150 kVA

Existe una continuidad de consumo de corriente ya que las planchas térmicas que es la mayor carga en este sector de la granja pasan encendidas las 24 horas y a una temperatura de 50 grados centígrados.

(3) Potencias (activa, reactiva y aparente)

- Transformador de 75 kVA.

TABLA XI
POTENCIAS PROMEDIO TRANSFORMADOR 75 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Activa	63,1	63,3	63,3	63,2	63,1	63,3	63,2
Reactiva	18	18,1	18,1	18,1	18	18,1	18,1
Aparente	89,5	89,8	89,9	89,7	89,6	89,7	89,8

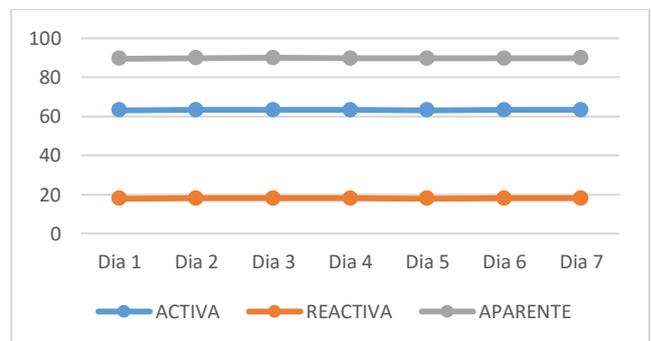


Gráfico 9. Curva de potencias promedio transformador 75 kVA

Los consumos de potencias tanto en activa, reactiva y aparente son lineales; la potencia activa se encuentra en un valor medio en relación con la potencia reactiva y aparente.

- Transformador de 150 kVA.

TABLA XII
POTENCIAS PROMEDIO TRANSFORMADOR 150 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Activa	123,6	123,7	123,6	123,7	123,6	123,7	123,6
Reactiva inductiva	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Reactiva capacitiva	15,8	15,9	15,8	15,8	15,9	15,8	15,8
Aparente	176,7	177,1	176,8	177	176,9	177,1	176,8

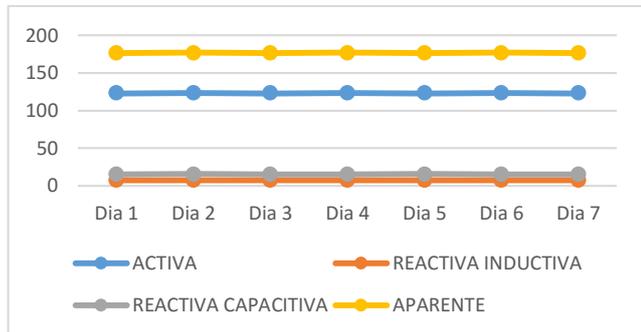


Gráfico 10. Curva de potencias promedio transformador 150 kVA

Se visualiza que la potencia activa y aparente son lineales ya que existe un flujo continuo de potencia desde el transformador y las potencias reactivas tanto inductiva y capacitiva son nulas en comparación con las anteriores.

(4) Factor de potencia

- Transformador de 75 kVA.

TABLA XIII
FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO TRANSFORMADOR 75 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	0,8	0,8	0,81	0,81	0,8	0,81	0,8
L2	0,79	0,8	0,79	0,79	0,8	0,79	0,79
L3	0,78	0,79	0,78	0,78	0,79	0,79	0,78

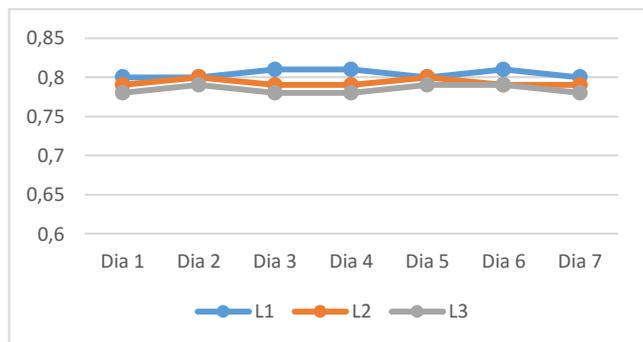


Gráfico 11. Curva de factor de potencia promedio transformador 75 kVA

Se analiza que el factor de potencia disminuye considerablemente en horas del mediodía en donde los motores eficientes que son de los comederos están inactivos, en cambio los motores más grandes y antiguos siguen funcionando y se descompensa el factor de potencia en este transformador.

- Transformador de 150 kVA.

TABLA XIV
FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO TRANSFORMADOR 150 KVA

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
L1	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945
L2	0,96	0,96	0,96	0,95	0,96	0,96	0,96
L3	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,94

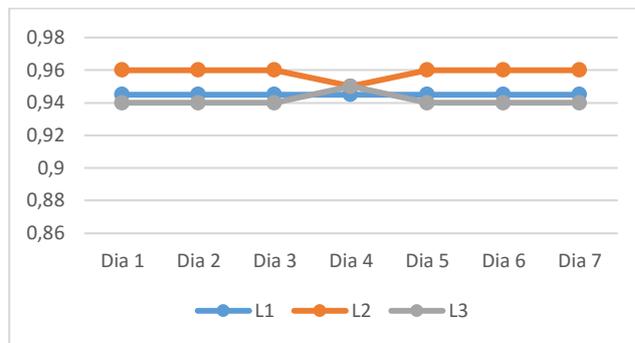


Gráfico 12. Curva de factor de potencia promedio transformador 150 kVA

El factor de potencia en este transformador no varía tanto en las diferentes horas del día, ya que las planchas térmicas pasan encendidas las 24 horas del día y se visualiza que se tiene una lectura de un excelente valor de factor de potencia.

C. Maxi auditoría

1) Estudio técnico

Dentro del estudio técnico se verificará los siguientes aspectos:

a) Consumidores de energía

Se lleva a cabo a través de la realización de cuadros en donde consten los equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos que tiene cada sección de producción de la granja, así mismo como la carga que estos representan y las horas que estos equipos funcionan [25].

TABLA XV
CUADRO GENERAL CONSUMIDORES DE ENERGÍA

Descripción	Potencia (kW)	Porcentaje
Motores	123,88	43,34%
Iluminación	15,56	5,45%
Equipos eléctricos	47,78	16,72%
Planchas	98,56	34,49%
Total	285,78	100,00%

b) Caída de tensión

Es un fenómeno que se presenta en los conductores de un sistema eléctrico, para lo cual se considera los siguientes aspectos:

- La distancia es bastante considerable desde el punto central de distribución (transformador) y el punto de carga más extremo [15].
- La sección del conductor utilizado para la distribución de la energía es menor que la requerida por el sistema eléctrico.
- Se debe considerar el tipo de conductor ya sea aluminio o cobre, de acuerdo al tipo de instalación eléctrica [24].

En los circuitos de media y baja tensión se presentan los siguientes resultados:

TABLA XVI
CUADRO CAÍDA DE TENSIÓN PRIMARIO

Nombre proyecto	AUDITORÍA ENERGÉTICA GRANJA "EL CABUYAL"
Voltaje	13,8 KV
# De circuitos	5
Tipo de instalación	AÉREA
Tipo conductor	ACSR # 2
# De fases	3
# Postes	30
% Caída de voltaje	1,00%
Max. Caída de voltaje obtenido	0,1703%
Sección	P11 - P30

TABLA XVII
CUADRO CAÍDA DE TENSIÓN SECUNDARIOS

Circuito	CT-1	CT-2	CT-3	CT-4	CT-5
Transformador	15 kVA	30 kVA	15 kVA	75 kVA	150 kVA
Tipo de instalación	AÉREA	AÉREA	AÉREA	AÉREA	AÉREA
Tipo conductor	ACSR # 2	ACSR # 2	ACSR # 2	ACSR # 2 - # 1/0	ACSR # 2/0 - # 1/0 - # 2
# de fases	2	3	2	3	3
% Limite caída de tensión	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%
Caída de tensión obtenida	2,72%	1,86%	0,39%	2,50%	3,86%
Sección	P32 - P35	P5 - P3	P9 - P10	P69 - P70	P75 - P76

c) Determinación de la demanda

La demanda hace referencia a los equipos o artículos que se encuentran instalados en un sector específico de una industria o empresa en el cual se realizan diferentes actividades para la producción o comercialización de productos [1] [15].

En la determinación de la demanda se analizan los siguientes campos:

- Factor de utilización – **FF Un (%)**.
- Carga instalada representativa – **CIR (W)**.
- Factor de simultaneidad – **Fsn (%)**.
- Demanda máxima unitaria – **DMUp (W)**.
- Tasa de incremento – **Ti (%)**.

Las demandas de cada circuito de la granja se establecen en el siguiente cuadro:

TABLA XVIII
CUADRO DE DEMANDA DE CIRCUITOS

Sector	Circuito	Dmup (kVA)	Transformador instalado (kVA)	Porcentaje
Entrada	CT-1	25	15	166,67%
Plata de tratamiento	CT-2	26	30	86,67%
Oficinas	CT-3	2	15	13,33%
Engorde - destete	CT-4	62	75	82,67%
Maternidad - gestación	CT-5	125	150	83,33%

2) Propuestas técnicas de mejoras

Con la elaboración del estudio técnico en la granja porcina El Cabuyal y después de haber realizado el análisis de los valores obtenidos se determinaron las siguientes propuestas técnicas de mejoras las cuales ayudarán a la reducción del pago por consumo energético [16].

a) Transformación

(1) Sobrecarga de transformador – CT1.

Cambio de transformador actual de 15 kVA por uno de 25 kVA el cual en base al estudio de demanda realizado es el indicado; en la tabla 8 se puede evidenciar los valores de transformadores monofásicos.

El transformador de 25 kVA optimizará las necesidades actuales y el continuo funcionamiento de los equipos, especialmente de calefones y bombas las cuales se evidencia que es la mayor carga que posee este sector.

Con el nuevo transformador se mejora el servicio para el sector de oficinas y entrada, a pesar de que no se evidencia una caída de tensión en los estudios realizados se puede determinar que la sobre

carga que existe actualmente pueden afectar al cableado eléctrico y a los diferentes procesos que se lleva a cabo en el cuidado de la bioseguridad de la granja.

(2) Subutilización de transformador – CT3.

El transformador que actualmente se encuentra instalado es de 15 kVA, el cual no tiene una carga significativa por lo que es innecesario que se encuentre instalado ya que provoca pérdidas y un desbalance en la carga total de la granja.

Por dichas razones se recomienda lo siguiente:

- La suspensión del transformador actual.
- La alimentación de ese circuito a través del circuito CT2 que es el más cercano y que su capacidad puede abastecer a dicho consumo.

b) Caída de tensión

(1) Sector de maternidad – CT5

En el circuito de baja tensión CT-5 existe una caída de tensión que supera las normativas vigentes que es de 3,5 %; por tal motivo se recomienda lo siguiente:

- Reubicar el transformador de 150 kVA de CT-5 unos 30 metros hacia el lugar de la mayor carga.

c) Bajo factor de potencia

(1) Sector de engorde – CT4.

Por medio de los parámetros eléctricos medidos en el transformador de 75 kVA que pertenece al sector de engorde y destete, denominado CT4; se determinó que en esta sección de la granja existe un bajo factor de potencia, provocando pérdidas en conductores y en el transformador.

A pesar de que en los datos de medición general no se presenta una penalización por bajo factor de potencia, se determinó lo siguiente:

- La colocación de un banco de condensador trifásico a la salida del transformador para mejorar las prestaciones es de este.
- Con el banco de condensador mejorará: el nivel de voltaje, aumento de la disponibilidad del transformador, disminución de la corriente eléctrica.

d) Horarios de funcionalidad de los equipos eléctricos

Para una reducción en el consumo en base al cambio de los horarios de funcionamiento y uso de los diferentes equipos como motores y bombas de agua producirán una disminución en el consumo energético.

Por medio de una entrevista realizada al Ing. Christian Prado administrador técnico de la granja porcina El Cabuyal, se pudo conocer que el accionamiento de los motores funciona a base de un control automático los cuales distribuyen el alimento dentro de cada galpón existente, motivo por el cual no se puede normalizar un horario para este proceso.

En el caso de las bombas se encuentran divididas en dos secciones, la primera sección son las bombas que forman parte de la planta de tratamiento de agua las cuales funcionan automáticamente de acuerdo a la necesidad que surja en el transcurso del día y la segunda sección están ubicadas en cada planta de tratamiento de desechos las cuales funcionan en el periodo de trabajo diurno que es de 8h00 hasta 17h00.

PUBLICACIÓN 001-001

3) Análisis económico y rentabilidad de la inversión

Se lleva a cabo una evaluación económica que permite realizar un análisis en función de los desembolsos requeridos para poner en práctica las recomendaciones de la auditoría energética [25].

Los parámetros de evaluación económica que se analizan en una auditoría energética son los siguientes:

- Tiempo de retorno de la inversión (Pay back).
- Costo de inversión (I).
- Ahorro anual neto (A).
- Tasa interna de retorno (TIR).
- Depreciación (D).
- Relación costo/beneficio (B/C).
- Factor de actualización del valor (F).

De acuerdo con las propuestas establecidas se determinó las siguientes propuestas de ahorro de energía:

- Propuesta ahorro de energía No.1: Cambio de transformador en CT-1, por sobrecarga.
- Propuesta ahorro de energía No.2: Eliminación de transformador en CT-3, por subutilización.
- Propuesta ahorro de energía No.3: Reubicación de transformador en CT-5, por caída de tensión.
- Propuesta ahorro de energía No.4: Colocación de un banco de condensadores en CT-4, por bajo factor de potencia.

TABLA XIX
CUADRO DE INVERSIONES

Descripción	Inversión (USD)	Vida útil (años)	Reducción anual del consumo (kWh/año)	Reducción total del consumo (kWh)	Ahorro anual neto (USD)	Tiempo de retorno de la inversión (años)
Propuesta 1.	5200	25	3815,88	95396,94	1071,78	4 años - 10 meses
Propuesta 2.	1200	15	1648,84	24732,54	297,72	4 años - 3 meses
Propuesta 3.	1500	15	2072,82	31092,34	374,27	4 años - 1 mes
Propuesta 4.	330	5	1884,38	9421,92	166,34	1 año - 11 meses

III. CONCLUSIONES

Con la realización de la presente Auditoría Energética se pudo determinar en la granja porcina El Cabuyal, que existen diversos problemas por lo que no cuenta con planos o diagramas eléctricos de cada uno de los circuitos que conforman la granja, así mismo como un registro de mantenimientos realizados a los equipos eléctricos, transformadores y redes de distribución.

Con el análisis estadístico del consumo de Energía Eléctrica se determinó que la granja se encuentra en la categoría de facturación denominada "Tarifa de Media Tensión con registrador de demanda horaria para industriales", la cual tiene como objetivo el de incentivar al usuario en el uso de la energía eléctrica en los periodos de menos demanda y por lo cual el costo de esta disminuye.

Con el estudio realizado se determinaron las siguientes caídas de tensión: Entrada - CT1 - igual a 2,72%, Planta de tratamiento de Agua - CT2 - igual a 1,86 %, Oficinas - CT3 - igual a 0,39 %, Engorde y Destete - CT4 - igual a 2,50%, Maternidad y Gestación - CT5 - igual a 3,86 %; de acuerdo a normas de distribución de Emelnorte el porcentaje de caída de tensión de CT5 se encuentra por encima del límite permitido.

Por medio de la utilización de las tablas para el análisis de la demanda instalada se determinó que existen algunos inconvenientes

principalmente en los transformadores monofásicos en los que muestra una subutilización en lo que respecta al sector de oficinas y una sobre utilización en el sector de la entrada, los cuales se encuentran ocasionando pérdidas al sistema eléctrico y por lo cual se refleja en el costo de la factura mensual.

Con el estudio realizado de toma de mediciones en los transformadores trifásicos de los sectores de engorde y maternidad; se evidencio que en el transformador de 75 kVA del sector engorde existe un bajo factor de potencia igual a 0,79; causando algunos problemas en este sistema eléctrico como: disminución de la vida útil del equipo y de las redes, menor disponibilidad de potencia del transformador.

Por medio de la construcción del módulo de pruebas de corrección de factor de potencia se identifican los posibles problemas que se pueden suscitar en una industria, a través de la utilización de equipos inductivos, los cuales son los causantes de la presencia de energía reactiva en un sistema eléctrico.

Con la utilización del módulo de pruebas se analizará cómo solucionar el problema del bajo factor de potencia, mediante la activación de bancos de condensadores tanto en un sistema trifásico, como en monofásico, los cuales se encuentran conectados en paralelo con el dispositivo inductivo.

IV. REFERENCIAS

- [1] Agama, C., & Sinailín, L. (Enero de 2006). *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1030/9/UPS-KT000303.pdf>
- [2] ARCONEL. (7 de Junio de 2002). *Codificación del Reglamento de Tarifas*. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=11
- [3] ARCONEL. (10 de Noviembre de 2005). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro de Electricidad*. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=145
- [4] ARCONEL. (2014). *Cargos Tarifarios para Empresas Eléctricas*. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10709_Cargos%20Tarifarios.pdf
- [5] ARCONEL. (2014). *Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas*. Obtenido de <http://www.conelec.gob.ec/documentos.php?cd=3073&l=1>
- [6] Asamblea Nacional del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documentos/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- [7] Asamblea Nacional del Ecuador. (16 de Enero de 2015). *Ley Organica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Obtenido de <http://www.asambleanacional.gob.ec/es/multimedios-legislativos/35140-ley-organica-del-servicio-publico-de-energia-electrica-0>
- [8] CONELEC. (23 de Mayo de 2001). *Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución (Regulación No. CONELEC 004/01)*. Obtenido de <http://www.conelec.gob.ec/index.php?l=1>
- [9] CONELEC. (Diciembre de 2014). *Consejo Nacional de Electricidad*. Obtenido de <http://www.conelec.gob.ec/>
- [10] Definicion ABC. (2007). *Voltaje*. Obtenido de <http://www.definicionabc.com/ciencia/voltaje.php>
- [11] DURAZNO, I. C. (2010). *MODELO DE GESTIÓN COMERCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL*. Obtenido

PUBLICACIÓN 001-001

- de
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2599/1/tm4388.pdf>
- [12] ECU Red. (2013). *Potencia Eléctrica*. Obtenido de http://www.ecured.cu/Potencia_el%20C3%A9ctrica
- [13] E-DUCATIVA CATEDU. (s.f.). *Potencia de corriente alterna*. Obtenido de http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3013/html/46_factor_de_potencia.html
- [14] Electropar. (2013). *Capacitores y Corrección del Factor de Potencia*. Obtenido de http://www.electropar.com.py/pdf/electricidad/Capacitores_y_correccion_del_Factor_de_Potencia.pdf
- [15] Emelnorte S.A. (2014). *Normas de Distribución*. Ibarra.
- [16] Energía, A. d. (2011). *Metodologías para la elaboración de energías renovables en la Industria*. Obtenido de www.agenciaandaluzadelaenergia.es
- [17] FESTO didactic, J. S. (Agosto de 2011). *Principios Básicos de Motores Trifásicos*. Obtenido de http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/571801_leseprobe_es.pdf
- [18] INCAE, B. S. (2012). *Herramientas gerenciales para la optimización del consumo energético*. Obtenido de <https://conocimiento.incae.edu/ES/centros-academicos-investigacion/HerramientasGerenciales-AhorroEnergia.pdf>
- [19] LIFASA, R. P. (2014). *Regulador de Energía Reactiva*.
- [20] Martínez, G. (Marzo de 2012). *Maquinas Eléctricas*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos93/las-maquinas-electricas/las-maquinas-electricas.shtml>
- [21] Miller, J. A. (07 de Agosto de 2010). *Auditoría Energética*. Obtenido de <http://julianabramson.blogspot.com/>
- [22] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2007). *Valores/ Misión/ Visión*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/valores-mision-vision/>
- [23] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (Diciembre de 2014). *Eficiencia Energética en el sector industrial*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/>
- [24] NAVARTEC Ingenieros S.L. (2011). *Auditoría Energética*. Obtenido de http://navartec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=24
- [25] Nuñez, F. (Noviembre de 2005). *AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4304/1/T-ESPEL-0081.pdf>
- [26] PCE Instruments. (2015). *Analizadores de redes Eléctricas*. Obtenido de <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/analizadores-redes-electricas.htm>
- [27] PROMELSA. (2014). *Banco de Condensadores*. Obtenido de <http://www.promelsa.com.pe/bancos-condensadores.htm>
- [28] Purcell, E. M. (1988). Berkeley Physics Course - Vol 2. En E. M. Purcell, *Electricidad y Magnetismo* (pág. 434). Barcelona: Reverte.
- [29] Ramírez, S. (2003). *Protección de sistemas eléctricos*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>
- [30] Schneider Electric. (2010). *Sistema Power Logic*. Obtenido de http://www.schneider-electric.com/site/tasks/sites/press/docs/documents.local.produtos-servicios.distribucion_electrica.Catalogo-PowerLogic-2010-Schneider-Electric-Eficiencia-Energetica.pdf
- [31] SENPLADES. (24 de JUNIO de 2013). *PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2013 - 2017*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- [32] UPME - COLCIENCIAS. (2008). *Corrección del factor de Potencia*. Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf>
- [33] Zambrano, R. B. (2009). *Sistema de protecciones eléctricas*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9931/1/SISTEMA%20DE%20PROTECCIONES%20EL%20ELECTRICAS%20A%20NIVEL%20DE%20500%20KV%20APLICACION%20SUBESTACION%20PIFO.pdf>

V. BIOGRAFÍA

Geovanny Achig

Primaria: Unidad Educativa “La Victoria”, Ibarra – Ecuador.

Unidad Educativa “Madre Teresa Bacq”, Ibarra – Ecuador.



Secundaria: Colegio Diocesano “Bilingüe”, Ibarra – Ecuador.

Unidad Educativa “Teodoro Gómez de la Torre”, Ibarra – Ecuador.

Estudios Superiores: Estudiante de pregrado de la carrera de Ingeniería en Electrónica en redes y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas en la Universidad Técnica del Norte, cursando el 8vo semestre, Ibarra – Ecuador.

Egresado de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador.

Miembro activo de la Rama Estudiantil IEEE - UTN, en los años 2011 – 2014.