

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica



**TITULO: "ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA
EN INSTALACIONES ELECTRICAS, CASO: CENTRAL
HIDROELECTRICA YANANGO"**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

AUTOR(es):

- ✓ **Martínez callan, Andrés**
- ✓ **Chavarri Aguirre, Ernesto Alonso.**

**Callao, Diciembre, 2014
PERU**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electricista

Título: “Estudio de la Eficiencia Energética en las Instalaciones Eléctricas, caso: Central Hidroeléctrica Yanango”

Autores:

Bach. Martínez Callán, Andrés

Bach. Chavarrí Aguirre, Ernesto Alonso

Calificación:

16

Mg. Ing. Álvaro Humberto
Velarde Zevallos
Presidente Jurado Evaluador

Mg. Ing. Santiago Rubiños
Jiménez
Secretario

Ing. Jesús Vara Sánchez
Vocal

Callao, 2014

INDICE

	Pag
INTRODUCCION	
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	07
1.1 Determinación del problema	07
1.2 Formulación del problema	08
1.3 Objetivos de la Investigación	08
1.4 Justificación	09
II. FUNDAMENTO TEORICO	11
2.1 Antecedentes del estudio	11
2.2 Marco Teórico	18
2.3 Definiciones de Términos Básicos	54
III. VARIABLES E HIPOTESIS	56
3.1 Variables de la Investigación	56
3.2 Operacionalización de Variables	57
3.3 Hipótesis general	58
IV. METODOLOGÍA	58
4.1 Tipo de Investigación	58
4.2 Diseño de la Investigación	59
4.3 Población y Muestra	60
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	61
4.5 Plan de análisis estadísticos de datos	62
V. CONCLUSIONES	64
VI. RECOMENDACIONES	68

ANEXOS

Matriz de Consistencia

Esquema tentativo de la Tesis

RESUMEN

EDEGEL S.A.A, es una empresa Concesionaria de generación eléctrica que cuenta para ello con siete (7) centrales hidráulicas y dos (2) centrales térmicas. La potencia efectiva total de la empresa es 1,667.7 MW (año 2011), contando además con una red de líneas de transmisión para la interconexión entre las centrales y para la entrega y venta de energía eléctrica.

El presente proyecto de tesis, contiene la propuesta de un estudio de Eficiencia Energética en las instalaciones de la **CENTRAL HIDROELÉCTRICA YANANGO** de **EDEGEL S.A.A**, elaborados por los egresados de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**, quienes hemos utilizado métodos, formas, y propuestas que nos permiten hoy proponer este modelo, que nos ha permitido que un estudio energético sea más efectivo y que contribuya al desarrollo sostenible energético de las centrales Hidroeléctricas, en este caso es la central Hidroeléctrica de Yanango.

El estudio se ha desarrollado sobre la base de una metodología para la determinación del potencial de ahorro de energía eléctrica, garantizando que los recursos energéticos sean usados económicamente y de la manera más ventajosa. El ahorro de la energía, sólo es posible en tanto se tenga información precisa y confiable sobre cómo, cuanto y de qué manera se utiliza la energía en las instalaciones eléctricas de la **Central Hidroeléctrica Yanango**. Para ello, es necesario que se tengan las mediciones adecuadas en los lugares apropiados, el conocimiento de la utilización final de la energía eléctrica actual y el estado de conservación y operación de las instalaciones eléctricas. La metodología tiene los siguientes objetivos:

1. El control del uso de la energía eléctrica, y
2. El logro de beneficios planificados a través del uso eficiente de la energía eléctrica. Para alcanzar estos beneficios, es necesario el compromiso de los funcionarios de alto nivel de la empresa EDEGEL S.A.A., de manera que el sistema de control sea incorporado en la estructura de la gestión empresarial existente, con la finalidad de que el uso de la energía sea controlado adecuadamente en todos los niveles de la organización.

ABSTRACT

EDEGEL SAA is a Concessionary power generation company that has to do with seven (7) hydropower plants and two (2) power plants. The total effective strength of the company is 1,667.7 MW (2011), along with a network of transmission lines for interconnection between the central and the delivery and sale of electricity.

This thesis project, the proposal contains a study of energy efficiency in facilities HYDROELECTRIC EDEGEL Yanango of SAA, produced by graduates of the National University of Callao, who have used methods, forms, and proposals that allow us now proposing this model, which has enabled us to an energy study more effective and contribute to sustainable development of energy Hydroelectric power stations in this case is the focus Hydroelectric Yanango.

The study has been developed on the basis of a methodology for determining the potential for electricity savings, ensuring that energy resources are economically and advantageously used. The energy saving is possible only as information becomes accurate and reliable information on how much and how energy is used in the electrical systems of the Hydroelectric Yanango. For this it is necessary that proper measurements in the appropriate places, knowledge of the end use of electricity and the current condition and operation of electrical installations are available. The methodology has the following objectives:

1. The control of the use of electricity and
2. The achievement of planned benefits through the efficient use of electricity.

To achieve these benefits, the commitment of senior officials of the company EDEGEL SAA, so that the control system is incorporated into the structure of the existing enterprise management, the purpose of the use of energy is needed adequately controlled at all levels of the organization.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.

Para realizar un trabajo de investigación de investigación es importante y esencial identificar el o los problemas para luego proponer las soluciones.

El trabajo de investigación se ha identificado los siguientes problemas.

- ✓ No existe una evaluación de consumos de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango; por ende los consumos y gastos por consumo de energía eléctrica son elevados.
- ✓ No se tiene un registro del los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico de la C.H. Yanango.
- ✓ No se cuenta con planes de contingencia y/o desarrollo para implementar medidas para el ahorro de energía;
- ✓ No se cuenta con una evaluación del Uso de Energías Renovables.

Es por ello que no podremos tener menores consumos de energía eléctrica, no se podrá mejorar las condiciones operativas de los equipos y sistemas y no podremos aplicar criterios de administración y control de la energía, ante ello nos preguntamos:

¿Por qué es importante un estudio de eficiencia energética en una central
Hidroeléctrica?

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La investigación trata de demostrar que en la actualidad es muy importante aplicar los estudios de eficiencia energética no solo en sistemas de distribución, sino también en las centrales de generación, ya que no por el hecho de tener energía que generan y aparentemente no constituye un gasto o costo en la producción, podremos observar que esto es una idea totalmente errónea.

Si conseguimos implementar esta propuesta de estudio, conseguiremos mejor control de la energía eléctrica, concientización sobre los costos energéticos y un mayor compromiso para aumentar la eficiencia sobre el uso de la energía, también contar con informaciones confiables sobre los costos energéticos para apoyar en la toma de decisiones comerciales; además, de planificar gastos futuros sobre energía, asociados a los consumos propios para la producción de energía y disponer de un procedimiento más confiable para la medición de los ahorros de energías obtenidos; así como, para la evaluación del retorno de la inversión en conservación de la energía, de esta manera se mejorara la eficiencia económica de la empresa.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

a) OBJETIVO GENERAL

- Identificar, analizar, evaluar y plantear las mejoras a realizar a través de la evaluación de consumos de energía eléctrica en las

instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango; a fin de reducir los consumos y gastos por consumo de energía eléctrica.

- Registrar, analizar y evaluar los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico.
- Definir las iniciativas posibles de implementar medidas para el ahorro de energía así como determinar sus inversiones y rentabilidad.
- Evaluación del Uso de Energías Renovables.

1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.

La ejecución del presente trabajo de investigación, se justifica por su:

a. Organizacional o práctica.

Los resultados de la investigación serán aplicados en beneficio de la central Hidroeléctrica de Yanango. Asimismo, para otras centrales Hidroeléctricas, por que estaremos mostrando prototipos de estudio.

b. Economía y Socio-Política.

Se resalta que el proyecto aporta al desarrollo social, ya que tendremos prototipos de estudios de eficiencia energética en la generación hidroeléctrica a través de alternativas limpias con fuentes de energía renovables(es un objetivo del proyecto), así como de reducir la contaminación por energía mal utilizada.

c. Metodología.

Los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos de medición son muy importantes durante el proceso de investigación que deberán ser de la siguiente manera recopilación de la información primaria y secundaria, inspecciones y toma de datos, instalación de los instrumentos de medición, recopilación de los datos de los instrumentos y preparación de los expedientes técnicos que indiquen los lineamientos a tomar para el desarrollo del proyecto de investigación.

d. Magnitud.

En cuanto a la extensión geográfica donde se desarrollara en la central Hidroeléctrica de Yanango, la que desarrolla sus actividades en las provincias de Lima y Huarochirí del Departamento de Lima y en las provincias de Yauli, Chanchamayo y Jauja del Departamento de Junín y sus elementos son susceptibles de ser medidos es de una menor magnitud.

e. Intelectualidad.

Para nosotros es importante desarrollar esta investigación sobre todo ayudara a formarnos como profesionales y aplicar todo nuestros conocimientos obtenidos en la universidad.

II. FUNDAMENTO TEORICO.

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El consumo de energía eléctrica anual de la Central Hidroeléctrica Yanango y de la Toma Tarma de acuerdo a la proyección anual de los registros obtenidos es 700 764 kWh/año. Así mismo, considerando el costo de venta de energía promedio en la Barra de referencia del SEIN (Santa Rosa Lima), se tiene el costo promedio (de los últimos cinco años 2007-2011) de energía entregada al SEIN a costo marginal de 0.0408 US\$/kWh. Se ha considerado que los excedentes de energía ahorrada serán inyectados al SEIN a costo marginal.

Por lo tanto, los consumos y costos anuales de la energía eléctrica para las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango y la Toma Tarma son:

Consumo de energía eléctrica	=	700 764 kWh
Costo por energía eléctrica	=	0.0408
Gasto por consumo de energía eléctrica	=	28 591 US\$

Reducción de gastos por energéticos en las condiciones actuales de operación.

En base a la evaluación de las mejoras que se recomiendan, el ahorro global a obtenerse, que permitirá reducir los gastos por consumo de energía eléctrica anual, es el siguiente:

Reducción en consumo de energía eléctrica	=	228 588 kWh
Porcentaje de reducción de energía	=	32.6 %
Reducción de Costos	=	10369 US\$/año US\$/año
Porcentaje de reducción de costos	=	36.3 %

La Central Hidroeléctrica Yanango, está conformada por la “casa de máquinas”, el cual consta de dos pisos y un sótano de cuatro (04) niveles, además cuenta con otro ambiente llamado “cámara de válvulas” que consta solamente de un piso, la “toma Tarma” y finalmente las oficinas de EDEGEL en San Ramón; en dichos edificios se encuentran los siguientes ambientes:

CASA DE MÁQUINAS

Segundo piso:

En el segundo piso de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Sala de reuniones.
- ✓ Oficina.
- ✓ Dormitorio.
- ✓ Comedor.
- ✓ Servicios Higiénicos – Mujeres.
- ✓ Servicios Higiénicos – Hombres.
- ✓ Pasadizo segundo piso.

Primer Piso – Nivel 1:

En el nivel 1 de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Bodega “A”.
- ✓ Almacén de mantenimiento.
- ✓ Sala de comunicaciones.
- ✓ Sala de mando.
- ✓ Sala de baterías.

- ✓ Sala de grupo diesel.
- ✓ Perímetro interno.
- ✓ Piso montaje techo.
- ✓ Escalera acceso a 2° piso.

Sótano – Nivel 2:

En el nivel 2 de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Recinto fosa alternador interno.
- ✓ Recinto fosa alternador exterior.
- ✓ Pasadizo perímetro alternador.
- ✓ Escalera.

Sótano – Nivel 3:

En el nivel 3 de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Pasadizo interior turbina.
- ✓ Pasadizo exterior turbina.
- ✓ Escalera.

Sótano – Nivel 4:

En el nivel 4 de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Pasadizo cono difusor.
- ✓ Pasadizo piso válvulas (General).

Exteriores:

En los exteriores de las instalaciones de la central, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Bodega exterior "B".
- ✓ Bodega exterior "C".
- ✓ Patio de llaves.
- ✓ Perímetro exterior.
- ✓ Contorno casa máquinas.
- ✓ Caseta de vigilancia.
- ✓ Caseta S.C.I. Transformador de potencia.
- ✓ Tubería forzada.

CÁMARA DE VÁLVULAS

En la cámara de válvulas, se encuentran los siguientes ambientes:

- ✓ Ambiente válvula mariposa.
- ✓ Perímetro exterior (Frontis).

TOMA TARMA

Habitaciones:

En esta área, se encuentran los siguientes ambientes:

- ✓ Caseta de mando.

- ✓ Caseta Panel PLC.
- ✓ Laboratorio de C.S.
- ✓ Garita de vigilancia.
- ✓ Vivienda 1.
- ✓ Vivienda 2.
- ✓ Grupo diesel.
- ✓ Almacén materiales peligrosos y exterior.
- ✓ Sala de baterías.

Exteriores:

En los exteriores de las instalaciones de la toma Tarma, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Perímetro toma (Frontis).
- ✓ Cámara de carga.
- ✓ Compuerta desgravadora.
- ✓ Zona de limpia reja.
- ✓ Naves y compuerta desarenadora.
- ✓ Compuerta vagón.
- ✓ Escalera.
- ✓ Caseta exteriores.
- ✓ Caseta comunicaciones.
- ✓ Gabinete de equipo microondas.
- ✓ Almacén chatarra.

OFICINAS DE EDEGEL EN SAN RAMÓN

En las instalaciones de las oficinas de EDEGEL en San Ramón, se encuentran los ambientes siguientes:

- ✓ Recepción.
- ✓ Oficinas.
- ✓ Sala de reuniones.
- ✓ Dormitorios.
- ✓ Servicios Higiénicos.
- ✓ Vestuarios.
- ✓ Pasadizos.
- ✓ Escaleras.
- ✓ Comedor.
- ✓ Cocina.
- ✓ Gimnasio.
- ✓ Sala de descanso.
- ✓ Sala de baterías.
- ✓ Sala de comunicaciones.
- ✓ Cuarto de limpieza.
- ✓ Perímetro interior.

Las principales áreas de consumo de energía eléctrica que conforman las instalaciones eléctricas de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, son:

- ✓ Casa de máquinas.
- ✓ Cámara de válvulas.
- ✓ Toma Tarma.

Entre los principales equipos consumidores de energía instalados en la Central Hidroeléctrica Yanango, se tienen los siguientes:

- ✓ Equipos de iluminación.
- ✓ Sistema de agua de refrigeración.
- ✓ Sistema regulación de velocidad.
- ✓ Sistema oleohidráulico.
- ✓ Sistema bombeo pozo drenaje.
- ✓ Sistema de agua de servicio.
- ✓ Aire acondicionado.
- ✓ Sistema contra incendio.
- ✓ Ventiladores.
- ✓ Rastrillo automático de reja admisión.
- ✓ Otros.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES DE C.H. YANANGO

Suministro y Distribución de energía eléctrica

La energía eléctrica a las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, es suministrada por dos fuentes:

a. Sistema Eléctrico Central Hidroeléctrica Yanango

La energía eléctrica a las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, es suministrada por la propia central, son alimentadas desde la barra de generación en 10 kV, a través del transformador TU de 440kVA, 10/0.23 kV y conectada a la barra de Servicios Auxiliares en 230 V, cuentan con un Grupo de Emergencia ante cualquier contingencia.

b. Sistema Eléctrico Electrocentro

Al dejar de operar la Central Hidroeléctrica Yanango, los equipos consumidores de energía eléctrica son alimentados por el grupo de emergencia o desde el sistema eléctrico de la Concesionaria Electrocentro.

c. Distribución de la Energía Eléctrica

El suministro de energía eléctrica a los equipos consumidores de energía eléctrica desde la Barra de Servicios Auxiliares, se realiza al nivel de tensión de 230 Voltios y alimenta a los tableros Generales de Distribución ubicados en la Sala de Máquinas que alimentan a los

tableros eléctricos de iluminación y equipos de fuerza ubicados en los diversos ambientes de la central.

En los Cuadros N° 1, N° 2 y N° 3, se muestra la relación de cargas correspondientes a los Tableros de Servicios Auxiliares y Cámara de Válvulas como iluminación y equipos de fuerza, ubicados en los diversos ambientes de la central y el Tablero de la Toma Tarma

Cuadro N° 1: Tablero de Servicios Auxiliares

Circuito	Descripción de cargas
C-1	Servicios Generales 1
C-2	Servicio Auxiliar 1 de Grupo
C-3	Servicio Auxiliar 2 de Grupo
C-4	Bomba de Drenaje 1
C-5	Bomba de Drenaje 2
C-6	Filtro DDF
C-7	Rectificador 1
C-8	Servicios Generales 2
C-9	Puente Grúa
C-10	Bomba 2 Refrigeración (Bomba 2 Aceite Regulación)
C-11	Compresora Inyección Aire Difusor
C-12	Compresora Frenado y Servicios
C-13	S.A.I.
C-14	Rectificador 2
C-15	Bomba Sumergible
C-16	Bomba 1 Refrigeración (Bomba 1 Aceite Regulación)

Cuadro N° 2: Tablero de Distribución Cámara de Válvulas

Circuito	Descripción de cargas
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 440VAC	
C-1	Tablero de transferencia 440V
C-2	Alumbrado tubería forzada
C-3	Tablero Acusonic CCVV
C-4	Compresor 5HP
C-5	Funicular 75 KW
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 220VAC	
C-6	Tomacorriente mando compresora

C-7	Tablero SIEMENS
C-8	Iluminación interna y externa
C-9	Cerco eléctrico

Cuadro N° 3: Tablero de Distribución Toma Tarma

Circuito	Descripción de cargas
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 440VAC	
C-1	Polipasto Antaguia
C-2	Polipasto Antaguia Desgravadora
C-3	Unidad Oleohidráulica Motor 1 - Compuertas de Toma
C-4	Unidad Oleohidráulica Motor 2 - Compuertas de Toma
C-5	Unidad Oleohidráulica Motor 1 - Compuertas Vagón
C-6	Unidad Oleohidráulica Motor 2 - Compuertas Vagón
C-7	Unidad Oleohidráulica Motor 3 - Compuertas Vagón
C-8	Motor Limpia reja 1
C-9	Motor Limpia reja 2
C-10	Motor Limpia reja 3
C-11	Motor Limpia reja 4
C-12	Motor Bomba
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 220VAC	
C-13	Alumbrado General
C-14	Polipasto Vagón / Caseta de Control
C-15	Garita
C-16	Vivienda 1
C-17	Casa de Fuerza Grupo Diesel
C-18	Vivienda 2
C-19	Comunicaciones
C-20	Alumbrado Lado Carretera
C-21	Alumbrado Lado Compuerta de Presa
C-22	Alumbrado Lado Compuerta Desarenadora

Suministro de emergencia

Para los casos de interrupciones en el servicio de energía eléctrica principal proveniente de la red de la Central Hidroeléctrica Yanango, se cuentan con grupos electrógenos de emergencia para la casa de máquinas, la cámara de válvulas y la toma Tarma; cuyas características técnicas, se muestran a continuación:

G.E. 1: Casa de Máquinas

- Marca : Volvo
- Potencia : 264 kW.
- Factor de potencia: 0,8.
- Tensión : 230
- Frecuencia : 60 Hz.
- Fases : 3.

G.E. 2: Cámara de Válvulas

- Marca : Perkins.
- Potencia : 20 kW.
- Factor de potencia: 0,8.
- Tensión : 440/254
- Frecuencia : 60 Hz.
- Fases : 3.

G.E. 3: Toma Tarma

- Marca : Perkins.
- Potencia : 56 kW.
- Factor de potencia: 0,8.
- Tensión : 440/254
- Frecuencia : 60 Hz.
- Fases : 3.

2.2.2 EVALUACION ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES EN C.H. YANANGO**2.2.2.1 Análisis energético de los consumos históricos de energía eléctrica**

Evaluación de la energía y máxima demanda

Servicios Auxiliares

Energía activa y máxima demanda

Para esta evaluación se consideraron los registros de máxima demanda.

Energía Activa:

Energía Activa Anual : 664 476 kWh.
Energía Activa Promedio Mensual : 55 373 kWh.

Máxima demanda:

La máxima demanda de los Servicios Auxiliares es:

Máxima Demanda Promedio : 95.7 kW.

Factor de potencia:

El factor de potencia promedio : 0.76.

Toma Tarma

Energía activa y máxima demanda

Para esta evaluación se consideraron los registros de máxima demanda.

Energía Activa:

Energía Activa Anual : 36 288 kWh.
Energía Activa Promedio Mensual : 3 024 kWh.

Máxima demanda:

La máxima demanda de los Servicios Auxiliares es:

Máxima Demanda Promedio : 8.6 kW.

Factor de potencia:

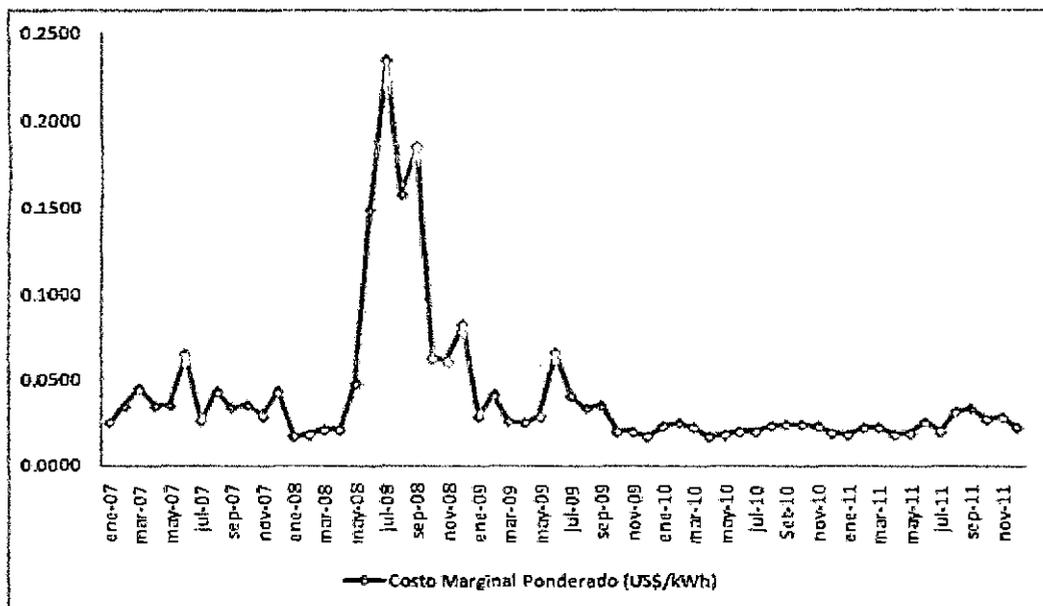
El factor de potencia promedio : 0.99

2.2.3 COSTOS DE ENERGIA ELECTRICA

La fuente principal y de la cual se alimentan normalmente los servicios auxiliares de la Casa de Máquinas proviene de la propia Central Hidroeléctrica Yanango, para propósitos del presente estudio se realizará las evaluaciones económicas con un costo de energía promedio de **40.80 US\$/MW-h**, que es el costo marginal promedio de energía desde el 2007 hasta el 2011 en la **Barra de Referencia del SEIN (Santa Rosa Lima)**, como se puede apreciar en el **Ver Gráfico N° 1**.

Se ha considerado que los excedentes de energía ahorrada serán inyectados al SEIN a costo marginal.

Gráfico N° 1: Costo Marginal Ponderado desde el 2007 al 2011



Fuente: COES

2.2.4 ANALISIS ENERGETICO DE LAS INTALACIONES EN CONDICIONES ACTUAES DE OPERACIÓN

Los análisis de energía eléctrica realizados, tienen por objetivo ofrecer la información técnica necesaria que permita evaluar las posibilidades reales de ejecutar un programa de eficiencia energética en las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**.

Las fuentes de información utilizadas en el presente análisis, fueron principalmente:

- ✓ Registros y mediciones eléctricas efectuadas directamente con instrumentación y personal de la **UCCI**.
- ✓ Datos históricos de facturación de energía eléctrica y características técnicas de equipos facilitados por el personal técnico y profesional de la central hidroeléctrica Yanango de **EDEGEL S.A.A.**

Para realizar el análisis de los consumos de energía eléctrica, **CONSULTORIA UCCI** efectuó mediciones de energía activa (kWh), energía reactiva (kVARh), máxima demanda (kW), factor de potencia, corriente (A) y tensión eléctrica (V); y mediciones de parámetros de calidad de energía eléctrica, utilizando para ello, equipos electrónicos analizadores de potencia y energía, MEMOBOX 300 Smart y PQ-Box 100, con transductores de corriente para conexión directa a los cables de alimentación y tomas de tensión directa en las fases R, S y T, instalándose éstos equipos en los tableros generales de distribución principal, el periodo de registro de mediciones realizadas fue determinado de acuerdo a la variabilidad de la carga. Igualmente, se efectuaron mediciones de los principales parámetros de calidad de energía eléctrica.

Paralelamente a las mediciones y registros efectuados, se observó el modo de operación de los equipos consumidores de energía eléctrica de la Central.

Asimismo, nos apoyamos con **CENERGIA** llevó a cabo un programa de trabajo para identificar las áreas y equipos consumidores de energía eléctrica. El programa de trabajo, consistió en efectuar registros y mediciones puntuales en los circuitos alimentadores ubicadas en los tableros generales de distribución de la Sala de Máquinas, tablero de distribución Toma Tarma y subtableros de distribución eléctrica; así mismo, se realizaron mediciones de nivel de iluminación en los diferentes ambientes de la Central Hidroeléctrica Yanango.

Los valores obtenidos durante la campaña de registros y mediciones eléctricas, son los indicadores del estado actual de operación de los

equipos consumidores de energía eléctrica de la Central Hidroeléctrica Yanango. Estos valores son afectados por las horas de trabajo y utilización de equipos de fuerza y alumbrado; por consiguiente, el análisis efectuado reflejará las condiciones de operación de dichos equipos de la Central Hidroeléctrica Yanango, en los días que se realizaron los registros y mediciones.

2.2.4.1 Máxima demanda y consumo de energía eléctrica

Para la determinación de la máxima demanda diaria y consumo de energía total de las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, se realizaron registros en los tableros generales de distribución principales en el nivel de tensión de 230 Voltios, correspondiente a los Servicios Auxiliares de la central y de la Toma Tarma.

Diagramas de carga día útil

Se ha considerado como diagrama de carga típico, los registros de los consumos de energía eléctrica efectuados en un periodo de 24 horas en las cargas principales de la casa de máquinas, cámara de válvulas y Toma Tarma.

A. Registro de parámetros eléctricos en la Casa de Máquinas: Totalizador del Tablero de Servicios Auxiliares

Se efectuaron registros de parámetros eléctricos y calidad de energía eléctrica en el Totalizador de Servicios Auxiliares durante los días 13/04/2012 y 14/04/2012; obteniéndose registros en diferentes periodos de tiempo, debido a la operación de las unidades de generación. Se presentará el día de máxima demanda proporcionado por la EDEGEL.

Día Domingo 29/04/2012

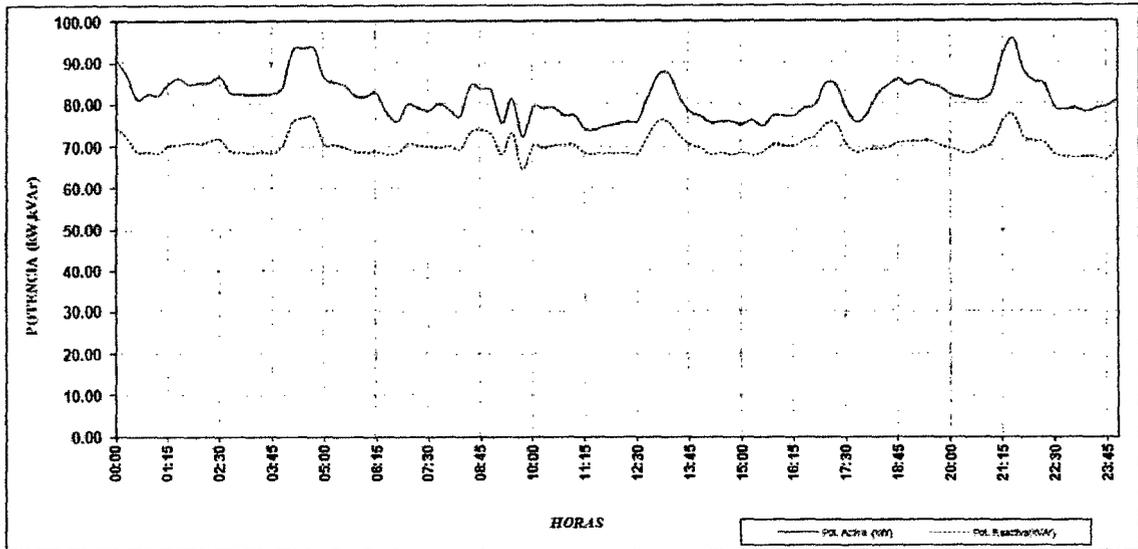
De los registros proporcionados por EDEGEL, del Totalizador de Servicios Auxiliares se eligió el día domingo 29/04/2012 para evaluación por un periodo de 24 horas en forma continua, donde el diagrama de carga muestra el comportamiento de la energía eléctrica consumida por los equipos la Central Hidroeléctrica Yanango. Ver Gráfico N° 2.

Gráfico N° 2: Totalizador del Tablero de Servicios Auxiliares

FECHA : 29-Abr-12

DIA : DOMINGO

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

PARAMETROS REGISTRADOS					
MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	95.7	kW	H.P	84.3	kW
H.F.P	93.6	kW	H.F.P	80.8	kW
DIA	95.7	kW	DIA	81.5	kW
ENERGIA ACTIVA			ENERGIA REACTIVA		
H.P	421	kWh	H.P	353	KVARh
H.F.P	1534	kWh	H.F.P	1336	KVARh
DIA	1956	kWh	DIA	1689	KVARh
PARAMETROS CALCULADOS					
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.88		H.P	0.78	
H.F.P	0.86		H.F.P	0.71	
DIA	0.85		DIA	0.73	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)				0.76	Inductivo

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
 H.F.P. : Horas fuera de punta

En el Gráfico N° 2, se observa que debido a las condiciones operativas de los equipos consumidores de energía eléctrica presentadas para ese día, el diagrama de carga presenta una máxima demanda de 95.7 kW registrada en horas de punta y un factor de carga promedio del día de 0.85; en el diagrama de carga respectivo, se puede observar el requerimiento de potencia de las principales áreas consumidores de energía eléctrica del sistema de iluminación y equipos de fuerza de la casa de máquinas. Se puede apreciar que la demanda es variable.

B. Registro de parámetros eléctricos en el Totalizador de la Toma Tarma

Se efectuaron registros de parámetros eléctricos y calidad de energía eléctrica en el Totalizador de la Toma Tarma. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día 16/04/2012.

Día lunes 16/04/2012

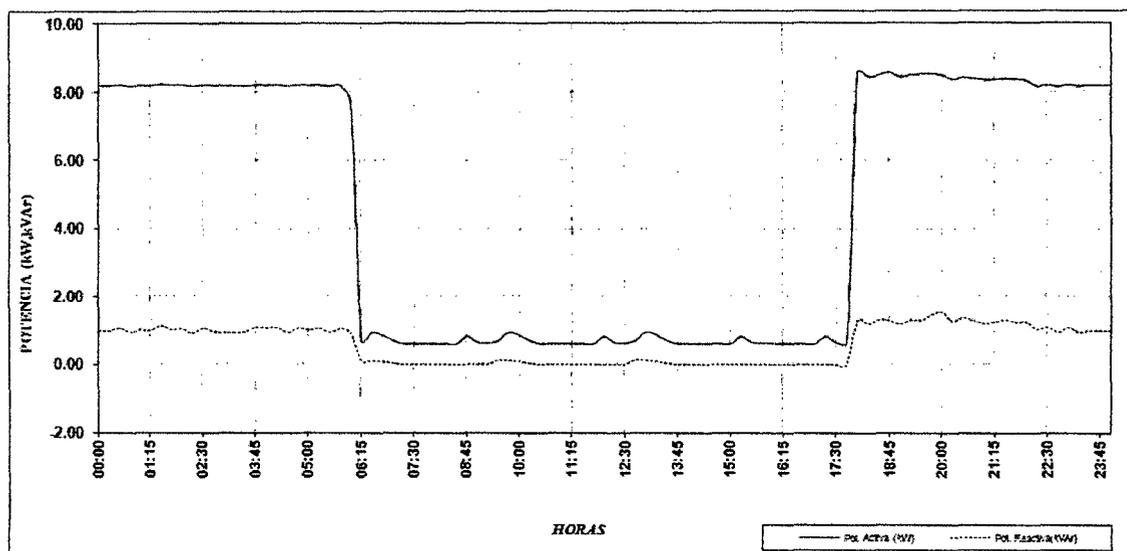
El día lunes 16/04/2012, se efectuaron registros con el medidor de energía instalado en tablero de distribución general por un periodo de 24 horas en forma continua. Ver Gráfico N° 3.

Gráfico N° 3: Diagrama de Carga Totalizador Toma Tarma

FECHA : 16-Abr-12

DIA : LUNES

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

PARAMETROS REGISTRADOS					
MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	8.6	kW	H.P	8.4	kW
H.F.P	8.6	kW	H.F.P	3.5	kW
DIA	8.6	kW	DIA	4.6	kW
H.P	42	kWh	H.P	6	KVARh
H.F.P	67	kWh	H.F.P	8	KVARh
DIA	109	kWh	DIA	14	KVARh
PARAMETROS CALCULADOS					
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.98		H.P	0.96	
H.F.P	0.41		H.F.P	0.35	
DIA	0.53		DIA	0.48	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)			0.99 Inductivo		

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
H.F.P. : Horas fuera de punta

En el **Gráfico N° 3**, se observa que debido a las condiciones operativas normales en la Toma Tarma presentadas para ése día, el diagrama de carga muestra básicamente la operación del sistema de iluminación exterior, presentando una máxima demanda de 8.6 kW y un factor de carga promedio del día de 0.53; en el diagrama de carga respectivo.

C. Registro de parámetros eléctricos en Servicios Generales I:

Se efectuaron registros de parámetros eléctricos en los Servicios Generales I. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día 14/04/2012.

Día sábado 14/04/2012

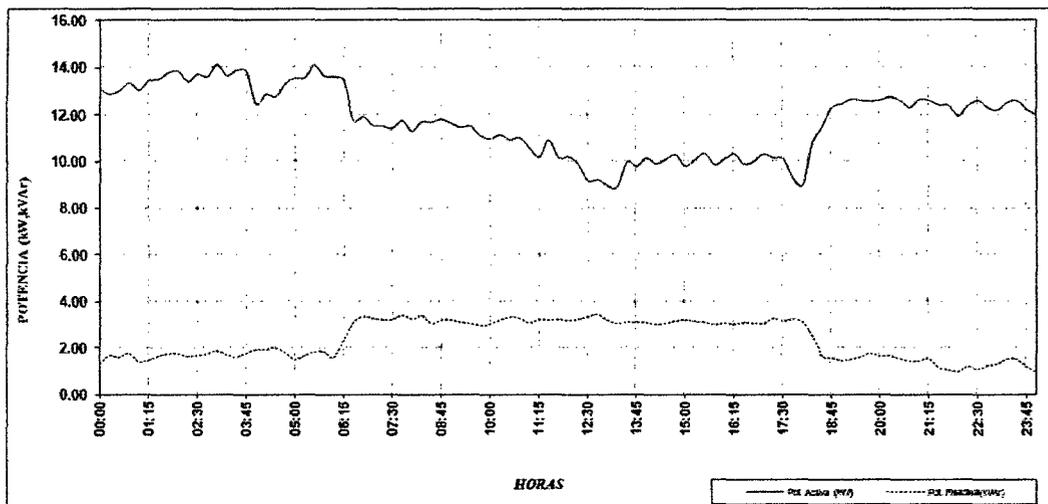
El día sábado 14/04/2012, se efectuaron registros con el medidor de energía instalado en el circuito de Servicios Generales I por un periodo de 24 horas en forma continua. **Ver Gráfico N° 4.**

Gráfico N° 4: Diagrama de Carga Servicios Generales I

FECHA : 14-Abr-12

DIA : SÁBADO

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	12.8	kW	H.P	12.3	kW
H.F.P	14.1	kW	H.F.P	11.6	kW
DIA	14.1	kW	DIA	11.7	kW
ENERGIA ACTIVA			ENERGIA REACTIVA		
H.P	62	kWh	H.P	7	KVARh
H.F.P	220	kWh	H.F.P	50	KVARh
DIA	282	kWh	DIA	57	KVARh
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.97		H.P	0.76	
H.F.P	0.82		H.F.P	0.68	
DIA	0.83		DIA	0.70	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)				0.98	Inductivo

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)

H.F.P. : Horas fuera de punta

En el **Gráfico N° 4**, se observa que debido a las condiciones operativas normales en los Servicios Auxiliares I presentadas para ése día, el diagrama de carga muestra la variabilidad de la carga que incluye el sistema de iluminación y fuerza; presentando una máxima demanda de 14.1 kW y un factor de carga promedio del día de 0.83; en el diagrama de carga respectivo.

D. Registro de parámetros eléctricos en Servicios Generales II:

Se efectuaron registros de parámetros eléctricos en los Servicios Generales II. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día 14/04/2012.

Día sábado 14/04/2012

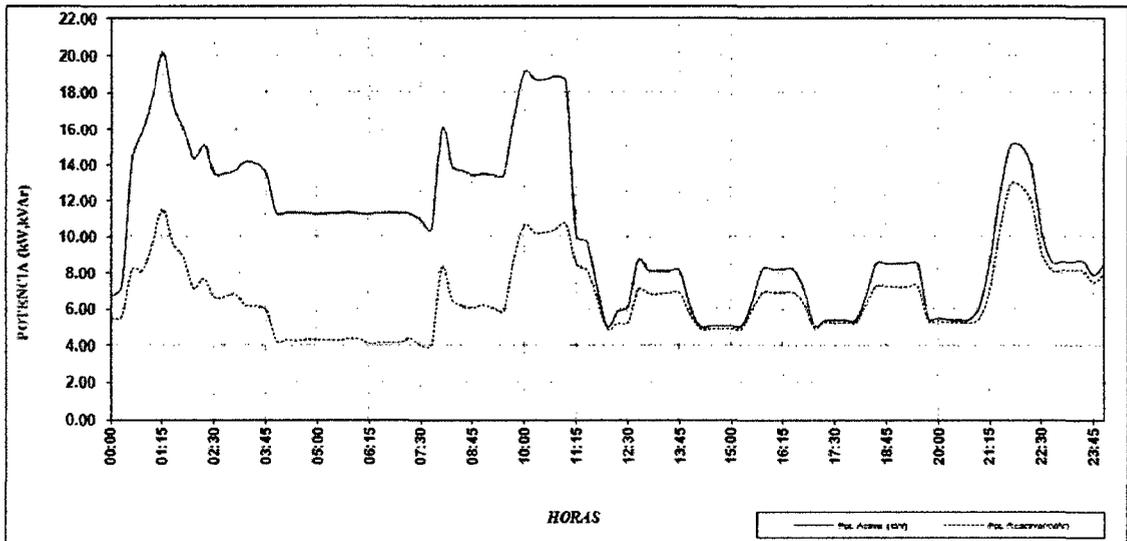
El día sábado 14/04/2012, se efectuaron registros con el medidor de energía instalado en el circuito de Servicios Generales II por un periodo de 24 horas en forma continua. **Ver Gráfico N° 5.**

Gráfico N° 5: Diagrama de Carga Servicios Generales II

FECHA : 14-Abr-12

DIA : SÁBADO

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	15.1	KW	H.P	8.8	KW
H.F.P	20.2	KW	H.F.P	11.0	KW
DIA	20.2	KW	DIA	10.5	KW
H.P	44	KWh	H.P	39	KVARh
H.F.P	208	KWh	H.F.P	123	KVARh
DIA	252	KWh	DIA	162	KVARh
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.58		H.P	0.21	
H.F.P	0.34		H.F.P	0.34	
DIA	0.52		DIA	0.31	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)			0.34 <i>Inductivo</i>		

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
H.F.P. : Horas fuera de punta

En el **Gráfico N° 5**, se observa que debido a las condiciones operativas normales en los Servicios Auxiliares II presentadas para ese día, el diagrama de carga muestra la variabilidad de la carga que incluye el sistema de iluminación y fuerza, presentando una máxima demanda de 20.2 kW y un factor de carga promedio del día de 0.52; en el diagrama de carga respectivo.

2.2.4.2 Distribución de la demanda eléctrica

Distribución de la demanda eléctrica por tableros principales de distribución

La distribución de la energía eléctrica a las instalaciones y equipos consumidores de energía eléctrica de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, se realiza mediante circuitos alimentadores desde los tableros generales de distribución de la sala de máquinas; los cuales son alimentados desde el sistema eléctrico de la central o del sistema eléctrico de **ELECTROCENTRO**.

A fin de evaluar la operación del sistema eléctrico de las cargas y su incidencia en el consumo de energía eléctrica por transformador, se realizaron mediciones y registros de las principales cargas operativas asociadas a los tableros principales de distribución en la sala de máquinas.

A. Registro de parámetros eléctricos en la Bomba de Drenaje

Se efectuaron las mediciones y registros de los parámetros eléctricos en la Bomba de Drenaje N° 1 durante los días 16/04/20012 y 17/04/20012. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día

17/04/2012.

Día martes 17/04/2012

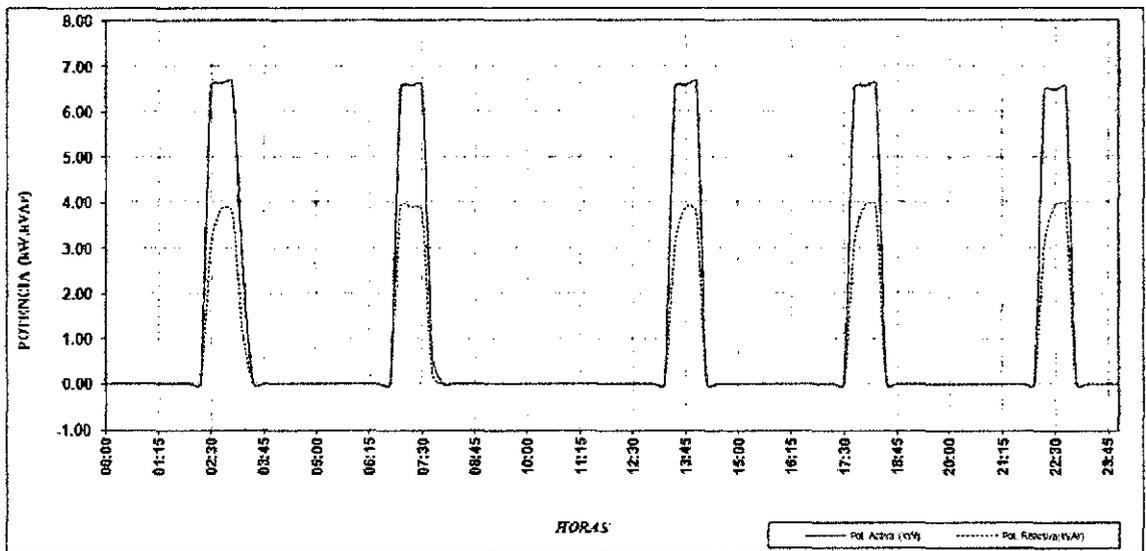
El día martes 17/04/2012, se efectuaron registros de consumo de energía eléctrica de la Bomba de Drenaje N° 1, en el tablero general de distribución por un periodo de 24 horas en forma continua. Ver Gráfico N° 6.

Gráfico N° 6: Diagrama de Carga Bomba de Drenaje

FECHA : 17-Abr-12

DIA : MARTES

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	6.6	KW	H.P	1.3	KW
H.F.P	5.6	KW	H.F.P	1.0	KW
DIA	6.6	KW	DIA	1.1	KW
ENERGIA ACTIVA			ENERGIA REACTIVA		
H.P	7	kWh	H.P	4	KVARh
H.F.P	19	kWh	H.F.P	10	KVARh
DIA	25	kWh	DIA	14	KVARh
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.20		H.P	0.19	
H.F.P	0.15		H.F.P	0.14	
DIA	0.16		DIA	0.15	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)				0.87	Inductiva

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
 H.F.P. : Horas fuera de punta

En el Gráfico N° 6, se observa que debido a las condiciones operativas normales de la bomba presentadas para ése día, el diagrama de carga, presenta una máxima demanda de 6.6 kW

registrada en horas fuera de punta con un factor de carga promedio del día de 0.16

B. Registro de parámetros eléctricos en el Rectificador

Se efectuaron registros de parámetros eléctricos en el Rectificador. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día 14/04/2012.

Día sábado 14/04/2012

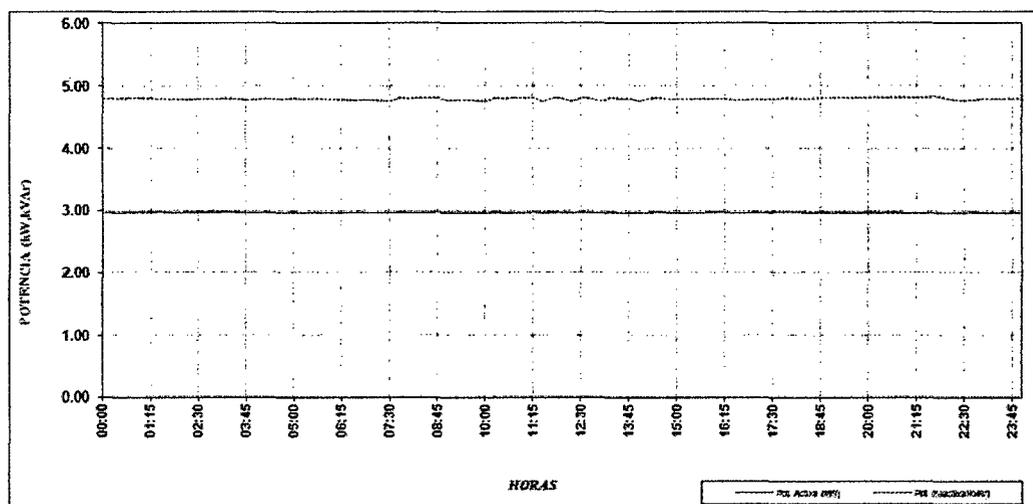
El día sábado 14/04/2012, se efectuaron registros con el medidor de energía instalado en el circuito del Rectificador por un periodo de 24 horas en forma continua. Ver Gráfico N° 7.

Gráfico N° 7: Diagrama de Carga del Rectificador

FECHA : 17-Abr-12

DIA : MARTES

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

PARAMETROS REGISTRADOS					
MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	3.0	kW	H.P	3.0	kW
H.F.P	3.0	kW	H.F.P	3.0	kW
DIA	3.0	kW	DIA	3.0	kW
H.P	15	kWh	H.P	24	KVARh
H.F.P	57	kWh	H.F.P	91	KVARh
DIA	71	kWh	DIA	115	KVARh
PARAMETROS CALCULADOS					
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	1.00		H.P	0.99	
H.F.P	1.00		H.F.P	0.99	
DIA	1.00		DIA	0.99	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)				0.53	Inductivo

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
H.F.P. : Horas fuera de punta

En el **Gráfico N° 7**, se observa que debido a las condiciones operativas normales del Rectificador presentadas para ése día, el diagrama de carga muestra una demanda constante, presentando una máxima demanda de 3 kW y un factor de carga promedio día de 1; en el diagrama de carga respectivo.

C. Registro de parámetros eléctricos de la Bomba de Servicios

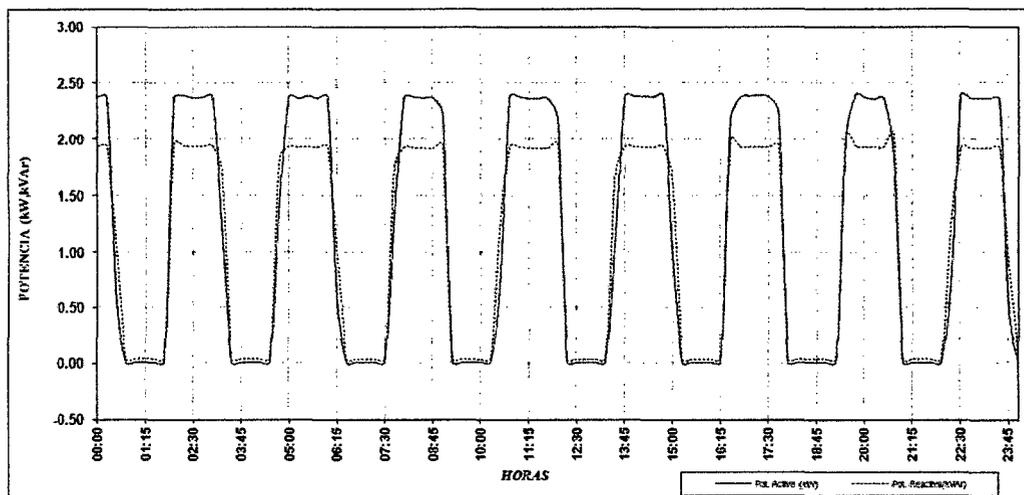
Se efectuaron las mediciones y registros de los parámetros eléctricos en la Bomba de Servicios N° 1 desde el 14/04/2012 y 17/04/2012. Se ha considerado como diagrama de carga típico el registro efectuado el día 16/04/2012.

Gráfico N° 8: Diagrama de Carga de la Bomba de Servicios N° 1

FECHA : 16-Abr-12

DIA : LUNES

DIAGRAMA DE CARGA



PARAMETROS ELECTRICOS REGISTRADOS Y CALCULADOS

PARAMETROS REGISTRADOS					
MAXIMA DEMANDA			DEMANDA PROMEDIO		
H.P	2.4	kW	H.P	1.1	kW
H.F.P	2.4	kW	H.F.P	1.2	kW
DIA	2.4	kW	DIA	1.2	kW
H.P	5	kWh	H.P	5	KVARh
H.F.P	23	kWh	H.F.P	20	KVARh
DIA	28	kWh	DIA	25	KVARh
PARAMETROS CALCULADOS					
FACTOR DE CARGA			FACTOR DE PERDIDAS		
H.P	0.45		H.P	0.42	
H.F.P	0.50		H.F.P	0.47	
DIA	0.49		DIA	0.46	
FACTOR DE POTENCIA (promedio del día)				0.75	Inductivo

Nota:

H.P. : Horas de punta (18:00 a 23:00)
H.F.P. : Horas fuera de punta

En el **Gráfico N° 8**, se observa que debido a las condiciones operativas normales de Bomba de Servicios, la energía eléctrica presentada para ese día en el diagrama de carga, presenta una máxima demanda de 2.4 kW con un factor de carga promedio del día de 0.49.

2.2.4.3 Balance de potencia y energía por sectores de consumo y proyección de la demanda

A. Balance de potencia, incidencia de la distribución y proyección de la demanda

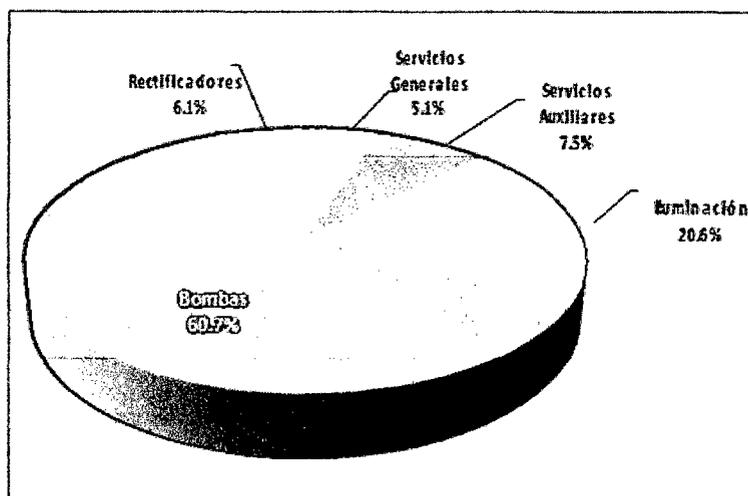
Servicios Auxiliares

En el **Cuadro N° 4** y **Gráfico N° 9**, se muestra la distribución de la demanda eléctrica de los Servicios Auxiliares:

Cuadro N° 4: Incidencia de la Distribución de la Potencia por Equipos Consumidores de los Servicios Auxiliares de la C.H. Yanango

N°	Descripción	Potencia (kW)	Porcentaje (%)
1	Servicios Generales	4.9	5.1
2	Servicios Auxiliares	7.2	7.5
3	Iluminación	19.7	20.6
4	Bombas	58.1	60.7
5	Rectificadores	5.8	6.1
Total		95.7	100.0

Gráfico N° 9: Incidencia de la Distribución de Potencia de los Servicios Auxiliares de la C.H. Yanango



En el **Cuadro N° 4 y Gráfico N° 9**, se muestra la distribución de demandas máximas registradas por los equipos consumidores de energía eléctrica y los porcentajes de contribución en la máxima demanda de los Servicios Auxiliares de la central; de este análisis se puede observar que las bombas son las que tienen una mayor participación con una demanda de 58.1 kW que representa el 60.7% y le sigue en participación el sistema de iluminación con 19.2 kW que representa el 20.6% de la demanda total de los servicios auxiliares de la central.

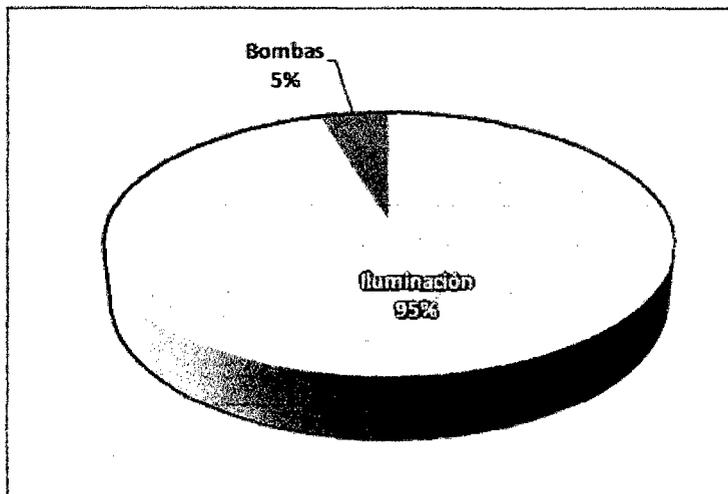
Toma Tarma

En el **Cuadro N° 5 y Gráfico N° 10**, se muestra la distribución de la demanda eléctrica de la Toma Tarma:

Cuadro N° 5: Incidencia de la Distribución de la Potencia por Equipos Consumidores en la Toma Tarma

N°	Descripción	Potencia (kW)	Porcentaje (%)
1	Iluminación	8.2	95
2	Bombas	0.4	5
Total		8.6	100

Gráfico N° 10: Incidencia de la Distribución de Potencia en Toma Tarma



En el **Cuadro N° 5 y Gráfico N° 10**, se muestra la distribución de demandas máximas registradas por los equipos consumidores de energía eléctrica y los porcentajes de contribución en la máxima demanda de la Toma Tarma; de este

análisis se puede observar que el sistema de iluminación, principalmente exterior, es el que tiene una mayor participación con una demanda de 8.2 kW que representa el 95% de la demanda total en la Toma Tarma.

B. Balance de energía, incidencia de la distribución y proyección de la energía

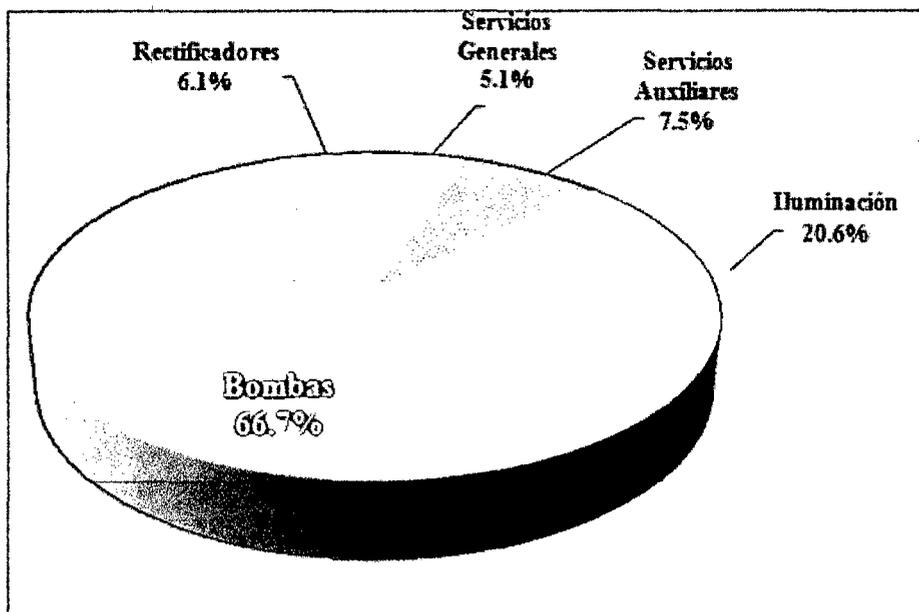
Servicios Auxiliares

En el Cuadro N° 6 y Gráfico N° 11, se muestra la distribución de la energía eléctrica de la demanda de los servicios auxiliares:

Cuadro N° 6: Incidencia de la Distribución de la Energía por Equipos Consumidores de los Servicios Auxiliares de la C.H. Yanango

N°	Descripción	Energía (kWh)	Porcentaje (%)
1	Servicios Generales	42 336	6.4
2	Servicios Auxiliares	62 208	9.4
3	Iluminación	108 144	16.3
4	Bombas	443 441	66.7
5	Rectificadores	8 346	1.3
Total		664 476	100.0

Gráfico N° 11: Incidencia de la Distribución de Energía de Servicios Auxiliares de la C.H. Yanango



En el Cuadro N° 6 y Gráfico N° 11, se muestra la distribución de energía registradas por los equipos consumidores y los porcentajes de contribución en el uso de la energía de los Servicios Auxiliares de la central; de este análisis se puede observar que las bombas son las que tienen una mayor participación con una energía anual de 443 441 kW.h que representa el 66.7% y le sigue en participación el sistema de iluminación con 108 144 kW.h que representa el 16.3% de la energía total de los servicios auxiliares de la central.

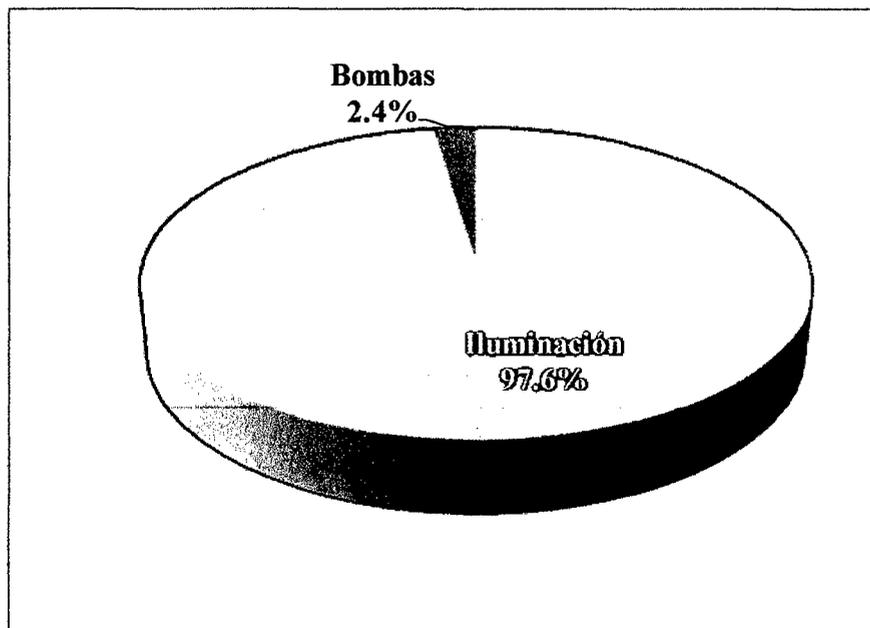
Toma Tarma

En el **Cuadro N° 7** y **Gráfico N° 12**, se muestra la distribución de la energía eléctrica de la demanda de los servicios auxiliares:

Cuadro N° 7: Incidencia de la Distribución de la Energía por Equipos Consumidores de la Toma Tarma

N°	DESCRIPCION	ENERGIA KWH	PORCENTAJE
1	ILUMINACION	35424	97.6%
2	BOMBAS	864	2.4%
TOTAL		36288	100%

Gráfico N° 12: Incidencia de la Distribución de Energía de la Toma Tarma



En el **Cuadro N° 7** y **Gráfico N° 12**, se muestra la distribución de energía registradas por los equipos consumidores y los porcentajes de contribución en el uso de la energía de la Toma Tarma; de este análisis se puede observar que el sistema de iluminación tiene una mayor participación con una energía anual de 35 424 kW.h que representa el 97.6% de la energía total en la Toma Tarma.

2.2.5 EVALUACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EXISTENTES

A. Evaluación de las pérdidas eléctricas en subestaciones

Se ha evaluado las pérdidas de energía técnicas en los transformadores de las subestaciones eléctricas de la **Central Hidroeléctrica Yanango**

En el **Cuadro N° 8**, se muestra los resultados de la evaluación de las pérdidas eléctricas en los transformadores de distribución de la central.

Cuadro N° 8: Pérdidas Eléctricas en los Transformadores

Potencia (KVA)	Vp/Vs (kV)	Pfe (kW)	Pcu (kW)	Fc	Pérdidas Potencia (KW)
440	10/0.23	1	5.4	0.33	1.6
Total		1	5.4		1.6

En el **Cuadro N° 8**, se muestra los resultados de la determinación de las pérdidas eléctricas en el transformador de Servicios Auxiliares el cual asciende a 1.6 kW; éstas pérdidas serían mayores, si los transformadores trabajarían a plena carga.

El total de pérdidas en energía mensual, para 24 horas de operación diaria, es de 1 152 kWh/mes.

B. Evaluación de las pérdidas eléctricas en las redes en baja tensión

Las pérdidas de energía eléctrica en el sistema de distribución en baja tensión de las instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango, serán reducidos a valores permisibles planificando un adecuado programa de mantenimiento de las instalaciones eléctricas y a reducir los gastos de mantenimiento de equipos consumidores de energía eléctrica; la inversión será nula en caso de reparaciones o cambio de equipos considerados como parte de la tarea de mantenimiento del sistema eléctrico.

El programa de mantenimiento mejorará la confiabilidad del flujo de energía a través del sistema eléctrico. El mantenimiento programado es la base del mantenimiento preventivo, con lo que se reducirán las fallas permitiendo conservar en buen estado las máquinas, equipos e instalaciones eléctricas en general.

El programa de mantenimiento y control debe estar referido a una coordinada ejecución de tareas y un conocimiento de los equipos y sus componentes y a los siguientes aspectos:

- Prueba de los contactos de interruptores termomagnéticos y limpieza de los mismos, para evitar la permanencia de polvos, pelusas y falsos contactos.
- Control periódico de los niveles de corriente y tensión de las cargas y alimentadores de mayor consumo de energía, llevando un registro sistematizado de las anomalías encontradas por equipo, cuyo objetivo será prevenir posibles daños que puedan causar éstas anomalías en los diferentes equipos consumidores de energía eléctrica e instalaciones en general.
- Verificación de fusibles, puestas a tierra y nivel de aislamiento de los cables y conductores eléctricos.
- Limpieza general de todos los tableros y subtableros existentes en las instalaciones eléctricas.
- Limpieza de todos los accesorios de iluminación (luminarias, lámparas, conexiones; etc.).

El mejoramiento de la confiabilidad y continuidad del suministro de energía eléctrica, en las instalaciones internas de la Central Hidroeléctrica Yanango dependerá del grado de importancia que se le dé al programa de mantenimiento de los equipos y redes eléctricas.

Durante la campaña de mediciones y registros realizados en las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, se efectuó una inspección de las instalaciones eléctricas; lo cual permitió obtener la siguiente información que a continuación se indica:

- Las instalaciones eléctricas de la central, se encuentran en general en buen estado de conservación; sin embargo, debido a las condiciones operativas de las instalaciones, algunos equipos de iluminación básicamente, no se encuentran en óptimas condiciones

de operación, por lo que es conveniente una revisión periódica y exhaustiva de los dispositivos de mando y control, cables, tableros eléctricos principales, sub tableros eléctricos, equipos de iluminación, cables, pozos a tierra, etc. a fin de detectar sobrecargas, desbalances de carga, fugas a tierra, nivel de aislamiento, variación de tensión, nivel de distorsión de armónicos, altas temperaturas, deficiencias en el control de equipos u otras fallas, que puedan afectar la vida útil de los equipos consumidores de energía eléctrica e incrementar las pérdidas de energía eléctrica.



- Se observa que el transformador de distribución de Servicios Auxiliares, opera a un bajo factor de utilización (ver pérdidas en transformadores), debido a la baja demanda de energía eléctrica; tal como se muestra en el **Cuadro N° 8**; esta situación nos indica que no se está utilizando eficientemente estos transformadores de distribución.

- Finalmente, se efectuaron mediciones de calidad de energía eléctrica en los tableros generales de distribución de las subestaciones de distribución, con la finalidad de verificar el nivel de Calidad de Producto y Continuidad del Servicio Eléctrico de la **Central Hidroeléctrica Yanango**. De los resultados obtenidos y analizados, se recomienda realizar el monitoreo continuo de los parámetros de Calidad Tensión, Distorsión por Armónicos (de tensión y corriente), Perturbaciones por Flicker (Pst), transitorios de tensión y corriente; asimismo, se debe programar registros periódicos de los parámetros eléctricos de calidad en los tableros principales de distribución.

C. Evaluación de motores eléctricos

Se ha efectuado la evaluación de motores eléctricos principales instalados en las diferentes áreas de la Central Hidroeléctrica Yanango, cuyos valores se muestran en el **Cuadro N° 9**.

Cuadro N° 9: Cuadro de mediciones eléctricas de bombas

Item	Descripción	P(KW)	Inom(A)	Volt(V)	FP
1	Agua de Servicios B1	3.7	12.9	220	0.88
2	Agua de Servicios B2	2.2	8.4	220	0.84
3	Agua de Drenaje B1	9.2	35.5	230	0.87
4	Agua de Drenaje B2	9.2	35.5	230	0.87
5	Aceite de Mando	3	11.2	230	0.81
6	Agua de Refrigeración B1	55	175	230	0.84
7	Agua de Refrigeración B2	55	175	230	0.84
8	Regulador de Velocidad B1	22	69	230	0.83
9	Regulador de Velocidad B2	22	69	230	0.83
10	Inyección del aire	18	56	230	0.86
11	Sist. Oleodinámico 1 B1	3.7	8.5	440	0.78
12	Sist. Oleodinámico 1 B2	3.7	8.5	440	0.78
13	Sist. Oleodinámico 1 B3	3.7	8.5	440	0.78
14	Sist. Oleodinámico 2 B1	3.7	8.5	440	0.78
15	Sist. Oleodinámico 2 B2	3.7	8.5	440	0.78
16	Limpieza de rastrillos	7.46	28	220	0.9

D. Evaluación del sistema de iluminación

La iluminación con energía eléctrica, cumple un papel importante en el desarrollo de diferentes actividades del ser humano principalmente; sin embargo la iluminación requiere de una correcta utilización con un adecuado control de operación, en forma eficiente y económica. Asimismo, el avance tecnológico ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que a su vez, son más eficientes energéticamente y que pueden ser implementados en el sistema de iluminación de la Central Hidroeléctrica Yanango.

Una correcta iluminación eléctrica facilita una serie de situaciones y mejoras en la visión humana, se consigue trabajar mejor, se ven los objetos normalmente, la fatiga ocular disminuye, se percibe mejor nuestro entorno y además se evitan accidentes que puedan ser causados por una mala iluminación.

El objetivo de un sistema de alumbrado, sea interior o exterior es obtener una buena iluminación, con una adecuada distribución de equipos y a un menor costo de energía eléctrica.

La iluminación interna o externa, depende de algunos factores como: exigencia del tipo de trabajo a realizar, orientación del lugar de trabajo, construcción de los ambientes de trabajo, etc. considerando para esto eficiencia luminosa, estética y economía.

las mejoras pueden contemplar mantenimiento, modificación del sistema de iluminación o su distribución, y en caso necesario, la instalación de iluminación complementaria o localizarla para aumentar la iluminación. En la aplicación de mejoras se deben considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador.
- ✓ Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores.
- ✓ Evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad.
- ✓ Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

El sistema de iluminación de la Central Hidroeléctrica Yanango representa un porcentaje importante del consumo total de energía eléctrica de las instalaciones eléctricas.

E. Mediciones puntuales de corriente y temperatura

Se realizaron mediciones puntuales de carga y de temperatura de los diferentes circuitos de los cuales se obtuvo la siguiente información.

Cuadro N° 10: Mediciones eléctricas puntuales

N°	PUNTO DE MEDICION	CORRIENTE(A)			POTENCIA (KW)
		R	S	T	
1	Servicio Auxiliar N° 1 de Grupo	4.7	4.4	4.4	1.4
2	Servicio Auxiliar N° 2 de Grupo	8.9	8.8	8.8	2.8
3	Filtro DDF	1.7	1.7	1.6	0.5
4	Rectificador N° 1	14	13.6	13.5	2.9
5	Rectificador N° 2	13.5	13.8	13.6	2.9
TOTAL					10.5

F. Registro de temperatura y humedad ambiental

Con la finalidad de evaluar la operación de los sistemas de aire acondicionado y temperatura ambiente de las salas eléctricas se ha realizado mediciones o registros de temperatura y humedad cada 5 minutos durante periodos mayores a 24 horas en las salas más relevantes de la Central: Sala de transformadores, sala de mando, sala de baterías, sala de comunicaciones, sala de rectificadores. Los diagramas respectivos se presentan en el Anexo B, cuyo resumen se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 11: Resumen de mediciones de temperatura y humedad

AMBIENTE	temperatura C°			humedad relativa %		
	maxima	promedio	minima	maxima	promedio	minima
Sala de servicios auxiliares	27.9	26	24.2	57.5	53.7	48.2
Bomba SAR	22.6	21	19.9	82.2	73.9	65.9
Unidad Olehidraulico Nivel 3	23.7	23	22.5	71	67	64.9
Sala juntoa carcaza de cabina de generador	30.5	29.2	27.8	60.6	54.7	49.5
Sala de control	26.3	25.8	25	61	57.7	55
Sala de nivel 1	26.6	22.2	18.4	74.6	67.7	50.4

De los registros se puede observar que las temperaturas promedio de la sala de control, sala de Servicios Auxiliares, Zona de Carcaza de cabina generador y Sala nivel 1 exceden los 25°C

Durante la inspección de campo se ha observado que no operaban los extractores de aire ubicados a la altura del techo de la nave principal, dado el nivel de temperatura > 25°C registrado en la nave principal.

De acuerdo a recomendaciones de fabricantes, la temperatura ambiente donde se tiene equipos electrónicos (PLC, relés, medidores electrónicos) no debe exceder los 20 °C. El aumento de la temperatura (por encima de los valores recomendados por el fabricante) puede provocar en el sistema un descenso del rendimiento, errores, pérdida de datos y el deterioro de los componentes hardware del equipo.

Recomendamos encender los extractores de aire durante el día, realizar monitoreos de la temperatura y humedad de los diferentes ambientes a fin de establecer un modo óptimo de operación de los equipos de aire acondicionado y ventilación.

Vigilar el buen funcionamiento de los ventiladores internos de los gabinetes o tableros.

Mantener despejadas las rejillas de ventilación de los gabinetes, para no obstruir el flujo del aire. Controlar que la temperatura ambiente no sea excesiva para lo cual se debe realizar monitoreo de temperatura y humedad.

El control de la temperatura en cualquier armario eléctrico o electrónico, es vital para mantener en buen estado de funcionamiento sus componentes y evitar problemas, averías, caídas de rendimiento o excesivos costes en servicio técnico o en recambios.

Unos termostatos fiables bajo cualquier tipo de condiciones de trabajo, de bajo coste y alta tecnología son importantísimos para el correcto servicio de los armarios eléctricos o electrónicos.

Cuadro N° 12: Mediciones de temperatura de conductores

N°	PUNTO DE MEDICION	TEMPERATURA °C		
		R	S	T
Gabinete 1				
1	Servicios Generales 1	29	31.3	28.2
2	Servicio Auxiliares Grupo	29.5	29.2	29.5
3	Servicio Auxiliar Grupo	28.1	28.2	27.7
4	Bomba Drenaje 2	28	28.3	27.7
5	Bomba Drenaje 1	27.5	27.6	27.6
Gabinete 2				
6	Filtro DDF	29.6	29.5	29
7	Rectificador 1	28.2	28.6	28.5
8	Tomacorriente 3F	28.6	28.6	28.5
9	Servicio Generales 2	30.5	30	27.1
10	Puente Grúa	2.5	27.5	27.5
Gabinete 3				
11	Compresora Inyección Aire	28.5	28.6	28.6
12	Compresora Frenado Y Servicios	27.5	28	28
13	S.A.I	28	28	28
14	Rectificador 2	29	28	27.5

2.2.6 EVALUACION DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA C.H. YANANGO

El presente capítulo muestra un enfoque general del nivel de perturbaciones eléctricas del sistema de potencia en las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**; así como el cálculo de los indicadores de calidad según lo Norma Técnica de Calidad de Energía de los Servicios Eléctricos (NTCSE) en los puntos de medición

Resultado de las mediciones de calidad de energía

Se ha realizado mediciones de los parámetros eléctricos de calidad de producto en los totalizadores principales que alimentan a los Servicios Auxiliares de la **Central Hidroeléctrica Yanango** y de la **Toma Tarma**. Los parámetros de calidad medidos son: tensión (V), flicker (Pst), distorsión total de armónicas de tensión y corriente (THDV y THDI).

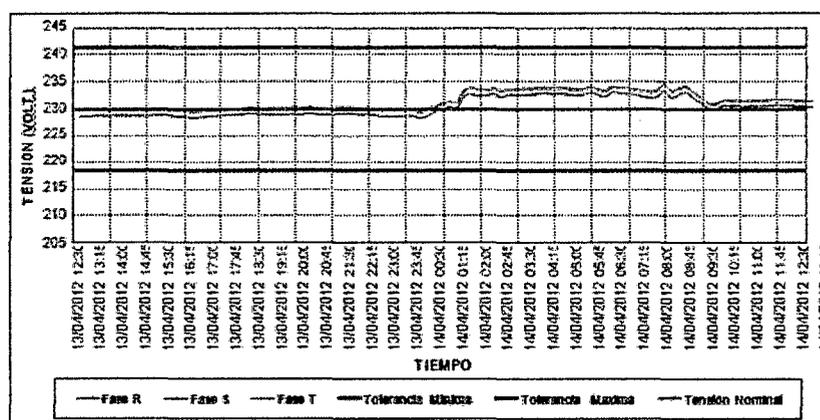
Es preciso indicar que de acuerdo a la **Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos** las mediciones de Calidad de la Energía se deben realizar por un periodo mínimo de 7 días continuos, por lo que los resultados a presentarse son referenciales y no determinantes respecto a la calidad de la energía en sus instalaciones.

Totalizador de Servicios Auxiliares

A. Tensión

Las mediciones de tensión se realizaron en 230 V, en el **Gráfico N° 13**, se muestra la variación de la tensión durante el periodo de medición.

Gráfico N° 13: Variación de la Tensión – Totalizador de Servicios Auxiliares



Se utilizaron los límites permisibles por la NTCSE ($\pm 5\%$). En el gráfico anterior se puede observar que todos los intervalos medidos no superan los límites establecidos en la norma.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los máximos y mínimos de los indicadores de calidad.

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Desbalance
Máximo	233.68	234.87	234.64	0.33
Promedio	230.72	231.74	231.41	0.25
Mínimo	228.73	229.67	229.29	0.20

B. Flicker

En el **Gráfico N° 14**, se muestra la variación del Índice de Severidad por Flicker durante el periodo de medición.

Gráfico N° 14: Flicker – Totalizador de Servicios Auxiliares

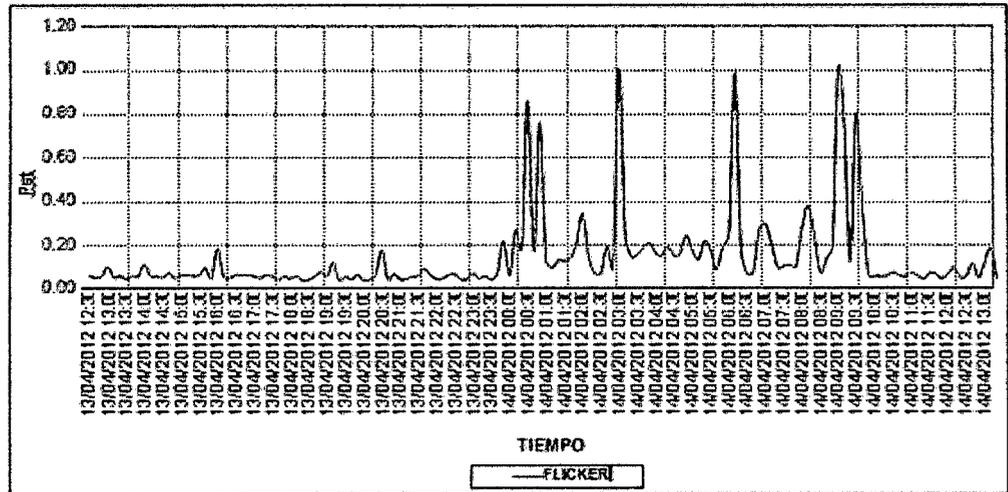
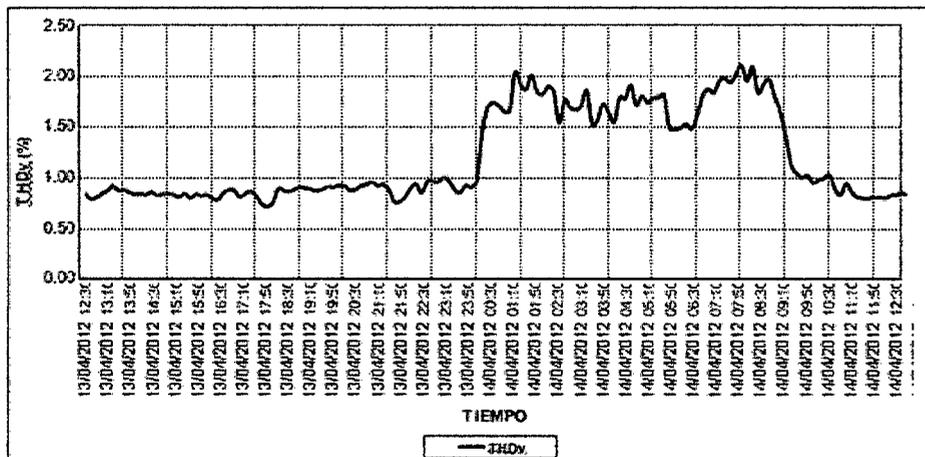


Gráfico N° 15: Distorsión Total de Armónicos de Tensión – Totalizador de Servicios Auxiliares



De acuerdo a las tolerancias establecidas en la NTCSE, se puede apreciar que las tensiones armónicas registradas no exceden los límites establecidos.

En el caso más crítico alcanza el valor de 2.12%. Por lo tanto, no excede el límite de 8% establecido en la NTCSE para suministros de tensión menores o iguales a 60kV.

2.2.7 ANALISIS PARA LAS MEJORAS DEL SISTEMA ELECTRICO

El análisis energético realizado en las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, ha permitido identificar mejoras conducentes a la reducción de los costos mensuales y consumo de energía eléctrica; la evaluación económica se ha efectuado teniendo en cuenta el promedio de los costos marginales de inyección de Energía al SEIN en las Barras de MAT reportados por el COES para el periodo 2007-2011. El tipo de cambio utilizado, es 1US\$ =2.65 Nuevos Soles.

A. Pérdidas en distribución

Este tipo de ahorro, está referido a minimizar a valores permisibles las pérdidas de energía eléctrica en el sistema de distribución de las instalaciones eléctricas de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, planificando un adecuado programa de mantenimiento energético predictivo de las instalaciones eléctricas y a reducir los gastos de mantenimiento de equipos consumidores de energía eléctrica; la inversión será nula en caso de reparaciones o cambio de equipos.

Además, de lograr ahorros de energía eléctrica, la implementación del programa de mantenimiento mejorará la confiabilidad del flujo de energía a través del sistema eléctrico. El mantenimiento programado es la base del mantenimiento preventivo, con lo que se reducirán las fallas permitiendo conservar en buen estado las máquinas, equipos e instalaciones eléctricas en general.

El programa de mantenimiento energético predictivo y control debe estar referido a una coordinada ejecución de tareas y un conocimiento de los equipos y sus componentes y a los siguientes aspectos:

- Termografía a tableros eléctricos.
- Termografía a transformadores, motores y generadores.
- Ultrasonido a tuberías de aire comprimido.
- Evaluación del balance de voltaje y corrientes entre fases.
- Análisis vibracional y nivel de balanceo de equipos rotodinámicos.
- Estado y calibración de la instrumentación.
- Evaluación de la iluminación.
- Prueba de los contactos de interruptores termomagnéticos y limpieza de los mismos, para evitar la permanencia de polvos, pelusas y falsos contactos.
- Verificación de fusibles, puestas a tierra y nivel de aislamiento de motores, los cables y conductores eléctricos.
- Limpieza general de todos los tableros, y subtableros existentes en las instalaciones eléctricas.
- Limpieza de todos los accesorios de iluminación (luminarias, lámparas, conexiones; etc.).

El ahorro que pueda lograrse por este concepto, en el caso de las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, depende del grado de importancia que se le dé al programa de mantenimiento de los equipos y redes eléctricas. De acuerdo a la evaluación física - operativo de las instalaciones de la central se pueden lograr ahorros del orden del 1 a 2% del consumo de energía, que económicamente significa:

Ahorro económico = 700 764 kWh/año *0.0408 US \$/kWh x 0.01

AE = 286 US\$/año

B. Mejoras en el sistema de iluminación

Siendo el sistema de iluminación una de las cargas más importantes del sistema eléctrico de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, es necesario analizar este sistema en las diferentes áreas o ambientes de la central, para lograr un uso eficiente de la misma; de acuerdo a las Normas internacionales y el Código Nacional de Electricidad; con un buen control y una buena programación para un uso eficiente, se puede conseguir un nivel de iluminación acorde con los trabajos que se realizan en los diferentes ambientes de la central; así como, obtener ahorros importantes en este rubro.

Las mejoras en el sistema de iluminación, se realizarán para conseguir una iluminación acorde con los trabajos que se realizan en los diferentes ambientes de las oficinas administrativas, almacenes, sala de máquinas, servicios higiénicos, pasadizos, escaleras, ambientes del equipamiento electromecánico; etc. y su nivel de iluminación recomendados por las Normas Internacionales para dichas áreas de trabajo.

Estas mejoras se realizan básicamente mediante la implementación de nuevos equipos de alta eficiencia y control óptimo de encendido de los mismos; puesto que actualmente en las instalaciones de la central no se tienen instalados equipos con alto rendimiento luminoso de última tecnología. Todas estas mejoras, reportarán ahorros de energía y reducción de la máxima demanda.

Reemplazo de lámparas actualmente instaladas por lámparas de mayor rendimiento

Las lámparas con bajo rendimiento, se pueden reemplazar por lámparas de mayor rendimiento, para ello se realizó una comparación de las características principales de las lámparas posibles a reemplazar. En el Cuadro N° 13, se muestran las características de las diferentes lámparas utilizadas en sistemas de iluminación.

Cuadro N° 13: Tipos y características principales de equipos de iluminación

Tipo	Potencia (W)	Flujo luminoso (Lumen)	Rendimiento (Lumen/W)	Vida útil (Horas)
Incandescente	100	1350	45	1000
Fluorescente	40	2500	75	7500
Mixta	250	5250	21	5000
	500	14000	28	5000
Vapor de Mercurio	250	12700	54	24000
	400	23000	57	24000
Vapor de Sodio	100	9500	95	24000
	150	13500	90	24000
	250	25000	100	24000
	400	47000	117	24000

En el cuadro anterior, se observa que las lámparas de vapor de sodio y fluorescentes son las que tienen mayor rendimiento, que significa un alto flujo luminoso con una menor potencia eléctrica, en comparación con las demás lámparas.

Estas lámparas son utilizadas como alternativa de reemplazo; con estos cambios, se logra reducir el consumo de energía eléctrica y al mismo tiempo se mejorará el nivel de iluminación en cada uno de los ambientes de trabajo.

Análisis de reemplazo de lámparas de iluminación

El sistema de iluminación de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, cuenta con diferentes tipos de lámparas; tales como vapor de sodio de 400 W, 250 W, 150 W, y 70 W, fluorescentes rectos de 36 W y 40 W, fluorescentes

circulares de 32 W, lámparas incandescentes de 100 W, 60 W y 50 W, etc.

Para mejorar la eficiencia en éste sistema, se tendrá que reemplazar las lámparas instaladas de bajo rendimiento; el criterio que se empleará para el análisis, será la comparación de flujos luminosos entre las distintas lámparas para mantener un nivel de iluminación adecuada en las zonas de trabajo, teniendo siempre en cuenta los lúmenes iniciales de diseño.

Para el análisis respectivo, se considera el diseño inicial de alumbrado en los ambientes de la central; es decir, con el total de lámparas existentes (operativas). Por lo tanto, el flujo total que emiten las lámparas actuales se mantendrá para este análisis, pero con el reemplazo propuesto se mejoraría aún más el nivel de iluminación.

La inversión inicial por compra de nuevos equipos de fluorescentes y lámparas ahorradores de energía, se considera por costo de equipo completo.

Para el análisis ha sido necesario cuantificar el número aproximado de lámparas existentes en la actualidad.

2.3 DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

- ✓ **Epistemología:** Es una disciplina que estudia cómo se genera y se valida el conocimiento de las ciencias.
- ✓ **Simulación:** Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital.
- ✓ **Modelamiento:** Reproducción ideal y concreta de un objeto o de un fenómeno con fines de estudio y experimentación.

- ✓ **Método:** Es la manera de alcanzar los objetivos o el procedimiento para ordenar la actividad. Cabe destacar que el método se desprende de la teoría.
- ✓ **Técnica:** Es un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilia al individuo en la aplicación de los métodos.
- ✓ **Estrategias:** Son acciones propias del investigador para obtener lo que necesita para su investigación.
- ✓ **Cultura eléctrica:** Entidad de gestión, producción, programación y creación de cosas del conocimiento dimensionales que gobiernan la ingeniería eléctrica.
- ✓ **Mediciones de Tensión:** De las mediciones realizadas se puede concluir que ningún registro de tensión durante el periodo de medición en los diferentes puntos se encuentran fuera de los márgenes de variación permisibles establecidos en la NTCSE, esto es $\pm 5\%$ de la tensión nominal de referencia que para la barra de salida de baja tensión es de 230 Voltios y las tolerancias para este nivel de tensión deben estar entre 218 y 241 Voltios. En los diferentes gráficos se pudo observar que no hay intervalos medidos que transgreden las tolerancias establecidas.

- ✓ **Mediciones de Flicker:** De las mediciones realizadas en los diferentes puntos de medición se pudo apreciar que no existen intervalos que superaron la tolerancia establecida por la NTCSE, siendo el margen de tolerancia de 5% de los intervalos totales registrados.
- ✓ **Tensiones Armónicas (THDv (%)):** De las mediciones realizadas se concluye que las variaciones del Factor de Distorsión Total por efecto de las Tensiones Armónicas durante el periodo de medición se han mantenido dentro de las tolerancias permisibles establecidas en la NTCSE (8% para Media y baja Tensión).

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 VARIABLES DE LA INVESTIGACION.

Relacionando las variables relevantes que intervienen en el presente problema objeto de estudio, que conllevaran a la explicación, demostración y probación de la formulada hipótesis, se han identificado las siguientes variables.

Variable X= Estudio Eficiencia Energética

Variable Y= Mejora Económica de C.H. Yanango

3.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

El grado más elevado de los referentes empíricos la determinamos operacionalizando, las variables que se simbolizan con sus propiedades concretas con las letras X y Y de igual manera, se obtiene los siguientes indicadores:

Variable X= Estudio Eficiencia Energética:

Indicadores.

- | | |
|-------------------------------------|----|
| ➤ Modelo de Estudio | X1 |
| ➤ Medida Energética en puntos clave | X2 |
| ➤ Sistema de Iluminación | X3 |
| ➤ Aire Acondicionado | X4 |
| ➤ El consumo diario | X5 |
| ➤ consumo energético real. | X6 |

Variable Y= Mejora Económica de la C. H Yanango.

- | | |
|--------------------------------------|----|
| ➤ Mejoras para Identificar el Ahorro | Y1 |
| ➤ Calidad de Servicio | Y2 |
| ➤ Cambio de Lámparas | Y3 |

- Reemplazo y reubicación de sistema Y4
- Estadística de Ahorro Y5
- Esperanza de la Potencia no suministrada. Y6

3.3 HIPOTESIS GENERAL

La evaluación energética efectuada en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, permitirán identificar importantes potenciales de ahorro económicos; los cuales, son factibles de implementar; algunas de ellas no requieren de inversión; otros requieren de mediana inversión. Para tal fin, es necesario que la empresa elabore y ejecute un programa de implementación de mejoras a corto y mediano plazo conducentes a optimizar el consumo de energía eléctrica.

IV. METODOLOGIA.

4.1 TIPO DE INVESTIGACION

Por la naturaleza de la investigación nuestro trabajo corresponde que según clasificación.

Según el objeto de estudio:

- ✓ **Investigación aplicada** ya que se aplicara los conocimientos de ingeniería y técnica para el provecho de las empresas de generación Hidroeléctrica y la sociedad.
- ✓ **Investigación en campo** por que se aplicara para resolver una necesidad o problema en un lugar determinado que será la Central Hidroeléctrica de Yanango.

Según la técnica de obtención de datos:

- ✓ **Investigación proyectiva** por que se elaborara una propuesta o modelo y/o proyecto para solucionar un problema.

Según su ubicación temporal:

- ✓ **Investigación transversal** El proyecto tendrá una duración de 5 meses.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

- La primera etapa para dar solución al problema objeto de investigación, es realizar una descripción general de las instalaciones Eléctricas de la Central Hidroeléctrica de Yanango.

- La segunda etapa es la evaluación energética de las Instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica de Yanango.
- La tercera etapa es la evaluación de la Calidad de la Energía Eléctrica en la Central Hidroeléctrica de Yanango.
- La cuarta etapa es desarrollar el análisis de las mejoras, que proponemos para el caso: Central Hidroeléctrica Yanango.

4.3 POBLACION Y MUESTRA

Para aplicar en nuestro modelo de estudio de eficiencia energética los instrumentos de encuesta previamente determinado y poder alcanzar los objetivos, probar, explicar y demostrar la hipótesis formulada; es necesario aplicar las técnicas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra de la población.

Para el caso de nuestra investigación, la población es finita y pequeña por tanto la muestra es igual a la población. $N = n =$

Situación Energética de la Central Hidroeléctrica de Yanango

Dónde:

N: Población

n: Muestra

4.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

General: A través de este método general histórico conoceremos la evolución histórica que ha experimentado la C. H. Yanango en cuanto al consumo de energía; también conoceremos los detalles de la evolución de los consumos históricos de energía, así como la máxima demanda, pérdidas, evaluación de motores, registros de temperatura, humedad entre otros.

Específicos: Se aplicarán los métodos de investigación que a continuación se indican:

- Experimental. Durante el proceso de investigación se utilizarán instrumentos (pinzas amperimétrica, megómetro, etc.), con ello obtendremos la información necesaria para la elaboración de los menús energéticos de la C. H. Yanango.
- Matematización. La relación de los parámetros de tensión, frecuencia y potencia.

Para construir los instrumentos de medición se buscan métodos rigurosos, se aplican complejos análisis estadísticos y una inmejorable calidad de la información que debe ser presentada con las exigencias de cuantificación, verificación y control.

Nuestro método de investigación es cuantitativo, por la forma de investigación realizada.

El procedimiento estadístico a ser aplicado en esta investigación para explicar, demostrar y verificar lo planteado en la hipótesis, consistirá primeramente en el desarrollo y estructuración del instrumento encuesta a ser aplicado en las instalaciones de la C. H Yanango y en sus respectivas unidades, se simulara la aplicación del sistema eléctrico mediante fuentes fotovoltaicas para evaluar la mejora a desmejora del sistema eléctrico, así como la visualización del ahorro de energía.

Asimismo, en dicho instrumento -encuesta estructurada- se formularán interrogantes relacionados a la inclusión de nuevas alternativas para la mejora del sistema eléctrico dentro de la C. H. Yanango, también la inclusión de la cultura eléctrica en las centrales de generación para que se pueda lograr el uso masivo de las fuentes de energías limpias.

4.5 PLAN DE ANALISIS ESTADISTICOS DE DATOS.

Se utilizara la estadística descriptiva y cuantitativa, por consiguiente sus indicadores que analizaremos se mencionan a continuación:

- ✓ Evaluación de la energía y máxima demanda

- ✓ Costos de energía eléctrica
- ✓ Análisis energético de las instalaciones en condiciones actuales de operación
- ✓ Máxima demanda y consumo de energía eléctrica
- ✓ Distribución de la demanda eléctrica
- ✓ Balance de potencia y energía por sectores de consumo y proyección de la demanda
- ✓ Evaluación de las instalaciones eléctricas existentes:
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en subestaciones
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en las redes en baja tensión
 - Evaluación de motores eléctricos
 - Evaluación del sistema de iluminación
 - Mediciones puntuales de corriente y temperatura
 - Registro de temperatura y humedad ambiental

V. CONCLUSIONES

- 1) La evaluación energética efectuada en las instalaciones de la **Central Hidroeléctrica Yanango**, ha permitido identificar importantes potenciales de ahorro económicos; los cuales, son factibles de implementar; algunas de ellas no requieren de inversión; otros requieren de mediana inversión. Para tal fin, es necesario que la empresa elabore y ejecute un programa de implementación de mejoras a corto y mediano plazo conducentes a optimizar el consumo de energía eléctrica. Aquellas acciones que no requieran de estudios detallados, se pueden ejecutar inmediatamente como una acción de mantenimiento correctivo y para los casos que se requieran mayor análisis de ingeniería, se elaborarán los proyectos a nivel de ingeniería detalle para su posterior ejecución.

- 2) El ahorro global a obtenerse es del orden de los 10 369 US\$ al año; la reducción de energía es de 228 588 kWh, que representa el 32.6% de la energía total de la Central Hidroeléctrica Yanango.

- 3) Las mejoras identificadas para ahorrar energía eléctrica y reducir los costos operativos, están referidos principalmente al sistema de iluminación, reemplazo de los fluorescentes existentes de 40 W y 36 W por fluorescentes tipo LED de 18 W y control operativo de lámparas.

- 4) Si bien la empresa viene ejecutando tareas de mantenimiento correctivo a las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, éstas tareas de mantenimiento debe contemplar además un programa de acciones preventivas y predictivas del comportamiento de las instalaciones eléctricas (equipos, redes, accesorios; etc.) que tengan en cuenta la vida útil de los mismos, innovaciones tecnológicas,

equipos de alta eficiencia con menores consumos de energía eléctrica; etc.; a fin de reducir el consumo de energía eléctrica, reducir los riesgos eléctricos al personal de operación y mantenimiento y mejorar la continuidad y confiabilidad de la alimentación de los equipos consumidores de energía eléctrica; observándose éstos aspectos en el sistema eléctrico de los Servicios Auxiliares de la central.

- 5) En el caso particular del sistema de iluminación, por estar expuesto al ambiente; requiere mantenimiento periódico de los equipos de iluminación en todos los ambientes de luminarias, revisión y limpieza arrancadores, balastos, conexión interna, cambio de lámparas quemadas para evitar la reducción en los niveles de iluminación. Así mismo, realizar el reemplazo de lámparas de bajo rendimiento por lámparas de mayor rendimiento con balastos electrónicos; con ello se logrará reducir la potencia instalada en iluminación; por lo tanto, se logrará ahorros económicos considerables y como beneficio adicional se incrementara el nivel de iluminación.
- 6) En los ambientes de los sótanos de acuerdo a la evaluación referentes a la cantidad de lámparas, modo de operación y acceso de personal a éstos ambientes, la implementación de un equipamiento de control del encendido de los equipos, el control de iluminación, permitirá obtener ahorros muy significativos; tal como se muestra en el cuadro resumen de ahorros. En caso esta medida no trascendiera, se procedería a la instalación de sensores de presencia para el encendido automático de las lámparas; y su control de apagado se realizará cuando no exista ninguna persona, en dichos ambientes; éstos equipos se puede programar para su apagado después de 2 segundos hasta 30 minutos; sin embargo, se recomienda programar el apagado de las luminarias después de 1 minuto de la salida de la persona.

- 7) Dentro del programa de mantenimiento preventivo y correctivo, ampliaciones y remodelaciones del sistema eléctrico, la selección de equipos y materiales, deben efectuarse con criterios de eficiencia energética; es decir, mínimas pérdidas eléctricas, alta eficiencia, buen performance en el mercado eléctrico; etc.
- 8) Durante la etapa de trabajos de campo en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, se ha observado que los equipos de iluminación en la sala del grupo, la mayoría de lámparas se encuentran encendidas durante las horas de operación de la central; observándose la falta de sensibilización del personal de operaciones en medidas de ahorro de energía en el sistema de iluminación.
- 9) Las instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango, no presentan perturbaciones (armónicas y flicker) que excedan los rangos de tolerancia que fijan las normas vigentes del sistema eléctrico, pero esto no elimina la posibilidad de que existan en el futuro; ello podría darse cuando la instalaciones de la central u otro usuario cercano a éste, adquiera mayores cargas o nuevos equipos de alta tecnología.
- 10) Es preciso indicar que de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos las mediciones de Calidad de la Energía se deben realizar por un periodo mínimo de 7 días continuos, por lo que los resultados presentados son referenciales y no determinantes respecto a la calidad de la energía en sus instalaciones.
- 11) De las mediciones de la calidad de producto efectuado en los diferentes puntos de medición, se concluye lo siguiente:

Mediciones de Tensión

De las mediciones realizadas se puede concluir que ningún registro de tensión durante el periodo de medición en los diferentes puntos se encuentran fuera de los márgenes de variación permisibles establecidos en la NTCSE, esto es $\pm 5\%$ de la tensión nominal de referencia que para la barra de salida de baja tensión es de 230 Voltios y las tolerancias para este nivel de tensión deben estar entre 218 y 241 Voltios. En los diferentes gráficos se pudo observar que no hay intervalos medidos que transgreden las tolerancias establecidas.

Mediciones de Flicker

De las mediciones realizadas en los diferentes puntos de medición se pudo apreciar que no existen intervalos que superaron la tolerancia establecida por la NTCSE, siendo el margen de tolerancia de 5% de los intervalos totales registrados.

Tensiones Armónicas (THDv (%))

De las mediciones realizadas se concluye que las variaciones del Factor de Distorsión Total por efecto de las Tensiones Armónicas durante el periodo de medición se han mantenido dentro de las tolerancias permisibles establecidas en la NTCSE (8% para Media y baja Tensión).

Así mismo es preciso indicar que ningún intervalo registrado durante el periodo de medición supero el límite de tolerancia establecido por la NTCSE, por lo tanto el periodo de ocurrencia de estas perturbaciones no sobrepasan al 5% (límite de tolerancia establecido en la NTCSE) en tal sentido se puede señalar que este parámetro cumple con la NTCSE.

Finalmente, se efectuado la evaluación económica de los proyectos de mejoras identificadas y cuantificadas; obteniéndose parámetros económicos de viabilidad muy favorables.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Del análisis y evaluación de los parámetros eléctricos, en las tomas (tomacorrientes) del sistema estabilizado y convencional, no se ha detectado anomalías en el sistema eléctrico; los valores de los voltajes medidos, se encuentran dentro de los valores permisibles; sin embargo, a fin de mejorar la confiabilidad y continuidad del flujo eléctrico y reducir los riesgos eléctricos para el personal de mantenimiento y usuarios en general, se recomienda elaborar un **Programa de mantenimiento correctivo y preventivo** de las instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango.

- 2) Los niveles de iluminación en los diversos ambientes de la central, se encuentran dentro de los valores recomendados. Se recomienda realizar mediciones de los niveles de iluminación por lo menos cada tres meses y preparar una base de datos con estos resultados.

- 3) Para los ambientes con número reducido de lámparas y uso temporal; tales como SS.HH, depósitos, archivadores, pasadizos, escaleras, área de transformador, sala de baterías, sala mando presa, etc.), se deberán instalar avisos junto a los interruptores con una inscripción de color negro con el slogan siguiente:

"ENCENDER DE SER NECESARIO, APAGAR AL TERMINAR - GRACIAS" o " APAGUE AL SALIR - GRACIAS".

- 4) **EDEGEL**, a través de su Oficina de Mantenimiento en coordinación con la **Oficina de Imagen empresarial**, debe intensificar una campaña de charlas de sensibilización para que el personal de operación y mantenimiento, adopte actitudes y medidas que con lleven al ahorro de la energía eléctrica, especialmente en el sistema de iluminación y prevenciones de riesgos eléctricos; para tal fin, en la medida posible, se recomienda implementar una oficina de Eficiencia y Uso Racional de la Energía y Prevención de Riesgos Eléctricos (**COMITÉ DE ENERGÍA**); en la cual, se puedan determinar acciones de modificación e innovación técnica para reducir los consumos de energía eléctrica desde el punto de vista de aumento de eficiencia y prevenciones de riesgos eléctrico.

- 5) Dentro de programa de mantenimiento correctivo; a fin de reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación utilizando lámparas con igual o mayor flujo luminoso que las actuales, pero con potencias eléctricas mucho menores; se recomienda reemplazar los fluorescentes, lámparas de vapor de sodio y existentes por LED e Inducción magnética.

- 6) Se recomienda instalar un banco de condensadores en el lado de baja tensión del transformador de servicios auxiliares de 60 kVAR, se estima una inversión de 5 000 US\$. Ello permitirá reducir las pérdidas en el sistema de distribución.

- 7) Teniendo en cuenta que el periodo de las mediciones de calidad de energía eléctrica en las instalaciones de la central hidroeléctrica, no se han realizado de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos, se recomienda elaborar un Estudio de Calidad de Energía en los suministros principales y cargas importantes; a fin de determinar, evaluar y definir las medidas correctivas de los parámetros reales de calidad de energía eléctrica en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango.

- 8) Se recomienda evaluar el reemplazo de motores eléctricos actuales, que puedan haber sufrido daño grave (bobinas quemadas) o hayan sido rebobinados más de dos veces, por motores de última generación o de eficiencia Premium.

- 9) Se recomienda realizar un monitoreo periódico de las temperatura y humedad relativa ambiental de las salas y espacios climatizados con presencia de equipos electrónicos sensibles a las temperaturas ambientales altas; a fin de evitar temperaturas elevadas que generen mayor deterioro y mala operación de los equipos y ponga el riesgo la operación de la Central de Yanango, dado las condiciones geográficas de la zona donde se ubica la Central.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. TORRES BARDALES, Coloníbol. Metodología de la Investigación Científica. Sexta Edición. G. Herrera Editores. Pp. 376. Lima Perú. 1998.
2. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Manual de Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica. Lima, Ediciones MEM, 1999.
3. Dimensionamiento de una central eólica para la electrificación rural, Hernán Villa Liceta.
4. Aprovechamiento de la energía Eólica para electrificación de localidades aisladas en el Perú Jorge Zuazo Iorogo.
5. Energía Solar Fotovoltaico en el distrito de Orcotuna Región Junín, presentado por el MG. Óscar Tacza Casallo. RESOLUCION RECTORAL N° 619-09-R, CALLAO.
6. Electrificación Rural a base de Energía Fotovoltaica en el Perú – proyecto PER/98/G31 , Johannes (Jan) H.A. van den Akker, Ministerio de Energía y Minas, Perú, Setiembre de 2008.

7. DAMAS NIÑO, Marcelo Nemesio. Separatas de Tesis – I y Tesis – II. Edición propia. Pp. 50. Lima Perú. 2010.

ANEXO N°01

✓ **Matriz de Consistencia.**

TITULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN INSTALACIONES ELECTRICAS, CASO: CENTRAL HIDROELECTRICA YANANGO				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
<p>General.</p> <p>✓ No existe una evaluación de consumos de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas de la Central Hidroeléctrica Yanango; por ende los consumos y gastos por</p>	<p>General.</p> <p>✓ Identificar, analizar, evaluar y plantear las mejoras a realizar a través de la evaluación de consumos de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas de la Central</p>	<p>General.</p> <p>La evaluación energética efectuada en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Yanango, permitirán identificar importantes potenciales de ahorro económicos; los</p>	<p>Variable X= Estudio Eficiencia Energética: Variable: Y Mejora económica de la C. H Yanango.</p>	<p>La investigación abarcará las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo. Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se espera realizar consultas a profesionales con experiencia. Se aplican los métodos de investigación.</p> <p>Aplicada, campo y proyectiva</p>

<p>consumo de energía eléctrica son elevados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No se tiene un registro del los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico de la C.H. Yanango. ✓ No se cuenta con planes de contingencia y/o desarrollo para implementar medidas para el ahorro de energía; ✓ No se cuenta con una evaluación del Uso de Energías 	<p>Hidroeléctrica Yanango; a fin de reducir los consumos y gastos por consumo de energía eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Registrar, analizar y evaluar los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico. ✓ Definir las iniciativas posibles de implementar medidas para el ahorro de 	<p>cuales, son factibles de implementar; algunas de ellas no requieren de inversión; otros requieren de mediana inversión. Para tal fin, es necesario que la empresa elabore y ejecute un programa de implementación de mejoras a corto y mediano plazo conducentes a optimizar el consumo de energía eléctrica.</p>		
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Renovables.	energía así como determinar sus inversiones y rentabilidad. ✓ Evaluación del Uso de Energías Renovables.			
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--