



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **UNIDAD DE POSGRADOS**

Tesis en opción al Grado Académico de

Magíster en Gestión de Energías

### **TÍTULO:**

**“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DEL PORTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2009-2013, PARA CONSEGUIR AHORRO ENERGÉTICO. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA”**

### **Autor:**

Ing. Lucía Eliana Guerrero Rodríguez

### **Tutor:**

Dr. Secundino Marrero

Latacunga – Ecuador

Febrero - 2015



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Guerrero Rodríguez Lucía Eliana, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DEL PORTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2009-2013, PARA CONSEGUIR AHORRO ENERGÉTICO. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Enero 2015.

Para constancia firman:

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

DRA. ROSA TERÁN, MSC.

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

ING. GIOVANNA PARRA, MSC.

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

ING. PATRICIO ESPÍN, MSC.

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

ING. HERNÁN NAVAS, MSC.

## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, Diciembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentado por la señorita Ingeniera Guerrero Rodríguez Lucía Eliana, egresada de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es. **“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DEL PORTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2009-2013, PARA CONSEGUIR AHORRO ENERGÉTICO. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos necesarios suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

PhD. Secundino Marrero Ramírez

## DIRECTOR DE TESIS

### RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

#### DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado; **“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DEL PORTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2009-2013, PARA CONSEGUIR AHORRO ENERGÉTICO. DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA”**. Ha sido desarrollado con base a una investigación, exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de página, en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo, del contenido, veracidad, y alcance científico de proyecto de grado, en mención.

Latacunga, Enero 2015

.....  
Lucía Eliana Guerrero Rodríguez

Número de C.I. 0501878649

## **AGRADECIMIENTO**

*Debo agradecer primeramente a Dios y al Niño de Isinche, por ser mi apoyo espiritual en cada uno de los días de mi vida.*

*Mi agradecimiento especial a mi Mami, mujer cariñosa y ejemplar que siempre me cobija con su amor y me guía con sus consejos. A mi papi, a mis sobrinas y sobrinos que con sus sonrisas, su calidez e inocencia han llenado mi vida de hermosos momentos.*

*Agradezco a mi hermano Fabi por su apoyo incondicional, y a mi niño Vini que a pesar de no estar aquí, es mi guía y mi fortaleza, gracias por tu ayuda espiritual, siempre te llevo en mi corazón.*

*Un agradecimiento profundo al PhD. Secundino Marrero, por ser la guía en el desarrollo de mi tesis de grado, mil gracias.*

*Eliana*

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo de investigación a mis padres, quienes con su amor y paciencia me han inculcado para seguir adelante en cada una de las etapas de mi vida, no solo a base de su sacrificio sino en base a su cariño incondicional, siempre los llevo guardados en mi corazón.*

*Finalmente les dedico a mis sobrinos, para que este trabajo constituya un incentivo para que con paso firme cada día, su vida se llene de triunfos y hagan realidad sus anhelos.*

Eliana

## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN.....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2. EVALUACIÓN ENERGÉTICA.....	7
2.2.1. Estudio inicial.....	9
2.2.2. Medición y recolección de datos.....	9
2.2.3. Análisis y propuesta de mejoras.....	9
2.2.4. Aspectos a evaluar.....	10
2.2.5. Requerimientos.....	11
2.2.6. Ahorro de energía.....	12
2.2.7. Eficiencia energética.....	12
2.2.8. Sistema de Gestión Energética (SGE).....	14

2.3. ¿EN QUÉ SE DIFERENCIAN EL AHORRO ENERGÉTICO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?.....	16
2.4. LÁMPARAS FLUORESCENTES CON BALASTOS ELECTRÓNICOS .....	18
2.5. BALASTOS ELECTRÓNICOS.....	19
2.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA: USO DE VARIADORES DE VELOCIDAD EN LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS .....	20
2.7. LEGISLACIÓN SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	20
2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	21
2.9. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO .....	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1.1. <i>Tipo de investigación</i> .....	23
3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.3. UNIDAD DE ESTUDIO .....	24
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	27
3.5. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
3.5.2. <i>Técnicas</i> .....	30
3.5.3. <i>Instrumentos</i> .....	31
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	32
3.6.1. <i>Recolección de datos</i> .....	32
3.6.1.1. <i>Técnicas para el análisis de datos</i> .....	32
3.6.2. <i>Interpretación y presentación de la información</i> .....	35
CAPÍTULO IV .....	37
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
4.1. INTRODUCCIÓN.....	37
4.2. ENCUESTA APLICADA A LOS SEÑORES DOCENTES, PERSONAL ADMINISTRATIVO, SERVICIOS GENERALES Y ESTUDIANTES DEL INSTITUTO.....	38
4.3. ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA.....	43
4.4. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO .....	46
4.4.1. <i>Horario de funcionamiento</i> .....	46
4.4.2. <i>Capacidad y ocupación</i> .....	47
4.4.3. <i>Actividades e instalaciones</i> .....	47
4.4.4. <i>Datos constructivos edificio</i> .....	48

4.5. ANÁLISIS SITUACIÓN ENERGÉTICA DEL INSTITUTO .....	50
4.5.1. <i>Datos generales puntos de consumo</i> .....	51
4.5.2. <i>Determinación de Indicadores Energéticos del Instituto</i> .....	55
4.6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL ITSA.....	57
4.6.1. <i>Comportamiento de la corriente en cada una de las líneas del tablero de distribución</i> .....	60
4.6.2. <i>Cálculo de los gastos anuales por pérdidas de energía con carga en el transformador de 440/220 V del ITSA</i> .....	61
4.6.3. <i>Comportamiento del Consumo de Electricidad</i> .....	62
4.6.4. <i>Gráfico de Control</i> .....	63
4.6.5. <i>Gráfico de Consumo y Número de estudiantes matriculados en el Tiempo (E – Matrícula Equivalente vs. T)</i> .....	64
4.6.6. <i>Diagrama de dispersión</i> .....	65
4.7. ANÁLISIS DE LA CARGA INSTALADA (ILUMINACIÓN Y EQUIPOS ELÉCTRICOS INSTALADOS) EN EL ITSA .....	67
4.7.1. <i>Análisis del comportamiento de los motores y las bombas de agua de la cisterna</i> .....	68
4.7.2. <i>Datos obtenidos a través de un estudio realizado a la bomba de agua</i> ....	74
4.7.3. <i>Análisis de la eficiencia de la bomba</i> .....	74
4.8. Análisis medio-ambiental .....	75
4.9. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	76
4.9.1. <i>Hipótesis estadísticas</i> .....	76
4.10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	78
CAPÍTULO V .....	80
PROPUESTA .....	80
5. PRESENTACIÓN .....	80
5.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA .....	81
5.2. JUSTIFICACIÓN.....	81
5.3. OBJETIVO.....	82
5.4. FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE LA PROPUESTA .....	82
5.4.1. <i>Aspecto Administrativo</i> .....	82
5.5. IMPACTO DE LA PROPUESTA .....	83
5.6. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA .....	83
5.6.1. <i>Introducción</i> .....	83
5.6.2. <i>Política Energética</i> .....	85
5.6.3. <i>Comité Energético</i> .....	86

5.7. GUÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA .....	87
5.7.1. <i>Introducción</i> .....	87
5.7.2. <i>Estrategias y medidas para el ahorro energético en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico</i> .....	88
5.7.3. Mantenimiento .....	93
5.8. Mantenimiento del sistema de iluminación .....	93
5.8.1. Lámparas.....	93
5.8.2. Mantenimiento de los motores ubicados en la cisterna .....	95
5.8.3. Mantenimiento del sistema de agua.....	96
5.9. Programa de Economía Energética .....	96
5.10. Cronograma de presupuestos dentro del Plan Operativo Anual.....	97
5.10.1. Niveles de Aprobación .....	97
5.10.2. Evaluación del cumplimiento del Presupuesto .....	98
5.13. Reglamentación Técnica.....	98
5.13.1 Responsabilidades.....	98
5.13.2. Planificación Energética.....	98
5.14.3. Inspección Energética.....	100
5.14.4. Organización de las Inspecciones Energéticas .....	100
5.14.5. Plan de Inspecciones Energéticas .....	100
5.15. Evaluación de la Gestión Energética.....	101
5.16. Responsables .....	102
5.17. Procedimiento y herramientas para organizar un sistema de Monitoreo y Control energético .....	102
5.18. Evaluación socio-económica del diseño.....	105
5.18.1. Cálculo de la amortización (Tiempo de recuperación de la inversión) de los variadores de velocidad .....	109
5.19. Resultados de la valoración económica.....	109
5.19.1 Cálculo del VAN.....	110
5.19.2. Cálculo de TIR .....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 4.1. Análisis de la pregunta No. 1 de la encuesta	38
Figura 4.2. Análisis de la pregunta No. 2 de la encuesta	39
Figura 4.3. Análisis de la pregunta No. 3 de la encuesta	40
Figura 4.4. Análisis de la pregunta No. 4 de la encuesta	41
Figura 4.5. Análisis de la pregunta No. 5 de la encuesta	43
Figura 4.6. Fachada del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico	49
Figura 4.7. Diagrama espina de pescado de las causas de la insuficiente gestión energética	50
Figura 4.8. Diagrama de Pareto promedio anual de los portadores energéticos 2009-2013	56
Figura 4.9. Porcentaje de los costos de los portadores energéticos promedio anual 2009-2013	56
Figura 4.10. Diagrama Unifilar del edificio del ITSA	57
Figura 4.11 Comportamiento de la corriente consumida en cada una de las líneas de tensión	60
Figura 4.12. Comportamiento del consumo anual de la Electricidad	62
Figura 4.13. Gráfico de control de consumo de energía 2009-2013	63
Figura 4.14. Gráfico de consumo y matrícula equivalente	64
Figura 4.15. Diagrama de Dispersión	65
Figura 4.16. Índice de Consumo vs Matrícula Equivalente	66
Figura 4.17. Características Técnicas de los Motores de la cisterna del ITSA	69
Figura 4.18. Curva de depreciación	71
Figura 4.19. Curva de variación del comportamiento del motor	72
Figura 4.20. Curva de la eficiencia del motor	73
Figura 5.1 Implantación de un Sistema de Gestión Energética	85
Figura 5.2. Valores simulados en el programa Baldor del motor asincrónico de la bomba con y sin variador de velocidad	91
Figura 5.3. Ahorro en iluminación	107

## ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 2.1. Comparación entre balastos convencionales y electrónicos	19
Tabla 3.1. Operacionalización de Variables	27
Tabla 4.1. Análisis de la pregunta No.1 de la encuesta	38
Tabla 4.2. Análisis de la pregunta No.2 de la encuesta	39
Tabla 4.3. Análisis de la pregunta No.3 de la encuesta	40
Tabla 4.4. Análisis de la pregunta No.4 de la encuesta	41
Tabla 4.5. Análisis de la pregunta No.5 de la encuesta.	42
Tabla 4.6. Ocupación media del Instituto: alumnos, docentes y personal administrativo	47
Tabla 4.7. Relación de instalaciones distribuidas por plantas	48
Tabla 4.8. Datos generales cerramientos edificio	49
Tabla 4.9. Mediciones realizadas en el tablero de distribución	58
Tabla 4.10. Valores calculados del desbalance de las líneas	59
Tabla 4.11. Distribución de consumo energético en el ITSA	68
Tabla 4.12. Mediciones de los motores de la cisterna	70
Tabla 4.13. Datos nominales y reales de la bomba	74
Tabla 4.14. Emisiones de CO2 anuales por consumo energético	75
Tabla 4.15. Frecuencia observada	77
Tabla 4.16. Frecuencia esperada	77
Tabla 5.1. Posibilidades de optimización de los dispositivos eléctricos en el ITSA	88
Tabla 5.2. Ahorro potencial en el ITSA	89
Tabla 5.3. Ahorro anual y mensual en cada motor de la cisterna utilizando Variadores de Velocidad	108

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	PÁG.
Fotografía 4.1. Bombas de la cisterna	69
Fotografía 4.2. Armónicos en el encendido de la cisterna	72

## RESUMEN

Las planillas que debe cancelar mensualmente por el consumo de energía eléctrica, pone de manifiesto, el insuficiente nivel de gestión energética existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en virtud de ello, lo que se plantea, es implementar un sistema de gestión de eficiencia energética, en el edificio central del ITSA, basados en la investigación de campo, bibliográfica y documental, que permitieron desarrollar un diagnóstico energético, y una propuesta que ayude a reducir los niveles de consumo de los portadores, para evitar el desperdicio irracional de la energía principalmente en los sistemas de iluminación, que es donde se tiene el mayor desperdicio de potencial, por la falta de control. Cambiando el sistema de iluminación, por uno más eficiente como el que se propone en el presente trabajo, se mejoraría en un 71%, el consumo eléctrico, ya que de 216.478 kWh se reduce 142.860 kWh anuales. En costos, representa que de \$10.823,90 se pagaría \$7132,75, es decir que se ahorraría \$3.691 anuales, que podría utilizarse en la implementación de equipos para los laboratorios.

**DESCRIPTORES:** Diagnóstico Energético, Sistema de Gestión Energética.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**UNIT OF GRADUATE**  
**MASTER IN ENERGY MANAGEMENT**

**Title: Design of an Energy Management System for Aeronautical Technological Superior Institute of the city of Latacunga**

**Author:** Lucía Eliana Guerrero Rodríguez

**Tutor:** PhD. Marrero Secundino

**ABSTRACT**

Light sheets must pay monthly for the electricity consumption, shows the insufficient level of energy management in the Superior Aeronautical Institute of Technology, under it, which arises, is to implement a management system for energy efficiency in the central building of the ITSA, based on field research, bibliographic and documentary, which helped to develop an energy assessment and a proposal to help reduce consumption levels of the carriers to avoid irrational waste of energy mainly lighting systems, where it has the biggest waste of potential, lack of control. Changing the lighting system, for a more efficient one as proposed in this paper, would be improved by 71%, power consumption, since it reduces of 216.478 kWh a 142.860 kWh annually. In Costs, of \$10.823,90 would be paid \$7132,75, that is to say, it saves \$3.691 a year, which could be used in the implementation of laboratory equipment.

**WORDS:** Energy Audit, Energy Management System

## INTRODUCCIÓN

El Sistema de Gestión Energético, contiene acciones planificadas para lograr el mayor rendimiento con el menor consumo de energía, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso y protección del medio ambiente.

En este trabajo, se contempla la aplicación de un sistema de gestión de eficiencia energética en el edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico con la finalidad de optimizar el consumo de energía, utilizando equipos y aparatos que ayuden a cumplir la función del ahorro, así como el empleo de elementos de control y automatización en los sistemas de alumbrado, y la generación de la electricidad a través de dispositivos eficientes.

En el Capítulo I, se analiza el problema a investigar, se realiza la contextualización a nivel macro, meso y micro, además se debe indicar el objeto de estudio, la justificación e importancia de la investigación y se plantea los objetivos.

En el Capítulo II, se muestra antecedentes de la investigación, trabajos de graduación, artículos científicos en los que se presentan opiniones y explicaciones de la problemática planteada en esta investigación, también se busca información teórica en libros, revistas o manuales para extraer información necesaria para la construcción del Marco Teórico.

En el Capítulo III, se presenta la metodología de investigación, como es el caso de la modalidad, técnicas e instrumentos y tipos de investigación de los cuales se escoge las que se ajustan al trabajo investigativo

En el Capítulo IV, se analiza los datos recolectados por los instrumentos como son las tablas y gráficos estadísticos, medidas con instrumentos y software, que muestran el proceso de diagnóstico energético, con su respectivo análisis, finalmente se plantea las conclusiones y

recomendaciones determinadas en función de los resultados de la investigación..

En el Capítulo V, se plantea la propuesta de Implementación de un Sistema de Gestión de Eficiencia Energética para el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la ciudad de Latacunga.



## **CAPÍTULO I**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los insumos de producción más importantes es la energía eléctrica, la cual es indispensable para cualquier actividad, sin embargo constituye uno de los recursos menos cuidado por todos.

No hacer uso eficiente de la energía eléctrica, tiene un compromiso muy grande, debido a la crisis energética que se vive en estos últimos años a nivel mundial. La energía eléctrica a partir de las presas hidroeléctricas cada día tienen una capacidad de producción reducida, y el resto de la demanda, se tiene que cubrir consumiendo grandes cantidades de combustibles fósiles, que son derivados del petróleo.

Debido a la escasez de los combustibles utilizados para la generación de la energía eléctrica, el costo para los sistemas productivos será muy alto, y esto, a su vez se verá reflejado en la economía de los mismos, de ahí que se debe tomar medidas de mayor impacto para el control del desperdicio o la mala utilización de la energía eléctrica y así, crear una cultura para su cuidado.

Actualmente, el Ecuador tiene un alto nivel de pérdidas de energía eléctrica. En instituciones públicas, privadas, empresas industriales, se presentan problemas de derroches de energía eléctrica.

Dentro de estas instituciones, se encuentra el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, las planillas que debe cancelar mensualmente por

el consumo de energía eléctrica el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, pone de manifiesto, el insuficiente nivel de gestión energética existente en la institución, puesto, que las cargas que se hallan instaladas consumen alta energía, y en su mayoría, como las computadoras personales, luminarias fluorescentes y equipos de los laboratorios y talleres, pasan encendidos innecesariamente más de ocho horas diarias.

No existe un plan de mantenimiento preventivo en el sector energético del Instituto, lo que ocasiona que existan deficiencias en el funcionamiento de dispositivos eléctricos como por ejemplo los motores de la cisterna, que consumen gran cantidad de energía.

Existe despreocupación por parte de todo el personal, en cuanto al apagado de las luces y equipos que no se están utilizando; el uso de lámparas incandescentes del tipo de halógenos de muy alto consumo de energía; el envejecimiento y deterioro de materiales y equipos, los cuales cumplen con su período de vida útil; conexiones desproporcionadas; factores que lo sitúan como una institución de alto consumo de energía eléctrica provocando que no exista una política de ahorro energético.

## **1.2. FORMULACIÓN PROBLEMA**

“En el edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, el elevado consumo del portador de energía eléctrica incide negativamente en el ahorro energético”.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVOS GENERALES**

- *Evaluar el consumo energético para definir las causas que originan elevados consumos de energía en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.*
- *Diseñar un Sistema de Gestión Energética en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que defina estrategias claras en la administración de la energía eléctrica.*

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- *Indagar información científica que permita apoyar el desarrollo de la presente investigación, mediante la exploración de diferentes fuentes bibliográficas.*
- *Realizar un diagnóstico energético, en el edificio central del ITSA, para delinear la mejor alternativa de ahorro, para cada una de las situaciones de alto consumo de energía.*
- *Elaborar una propuesta que determine oportunidades de ahorro de energía en el Instituto*
- *Valorar técnica y económicamente el sistema de gestión energético propuesto, a fin de plantear soluciones en situaciones de alto consumo de energía.*

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN**

La investigación tiene singular importancia, debido a que siendo la energía eléctrica un elemento primordial en el desarrollo de las actividades diarias, cada día las fuentes que la producen generan menos o producen un deterioro al medio ambiente, por lo que es necesario obtener el mayor beneficio que pueda brindar este elemento, a través del cuidado y de la utilización de equipos que disminuyan su consumo.

En este trabajo, se contempla la aplicación de un sistema de gestión de eficiencia energética en el edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico con la finalidad de optimizar el consumo de energía, utilizando equipos y aparatos que ayuden a cumplir la función del ahorro, así como el empleo de elementos de control y automatización en los sistemas de alumbrado, y la generación de la electricidad a través de dispositivos eficientes.

Se buscaron opciones para sustituir a los equipos actualmente instalados cuya eficiencia sea mucho mayor y su costo de operación mucho menor, y se vean reflejadas obviamente en el consumo energético y en la facturación de la energía (costos). Reduciendo además los niveles de contaminación hacia el medio ambiente producidos por la generación eléctrica.

En conclusión esta investigación es viable, porque busca la eficiencia energética, a través de la propuesta de cambios de tecnologías y el uso de energías, que sean más eficientes en el consumo de energía, permitiendo un ahorro económico para el ITSA y el aporte que se brindará para el cuidado del medio ambiente.

## **1.5. HIPÓTESIS**

“El elevado consumo de los portadores de energía eléctrica incide en el ahorro energético”.

Variable Independiente (VI).- Portadores de energía eléctrica

Variable Dependiente (VD).- Ahorro energético

## **1.6. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO**

Se determinaron los principales elementos estructurales del diseño de la investigación, permitiendo con ello centrar las líneas primordiales de trabajo para el desarrollo de la tesis.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Conforme a las investigaciones bibliográficas indagadas se establece que estudiantes de otras instituciones educativas han elaborado tesis e investigaciones, enfocadas al ahorro energético en diferentes empresas, sin embargo en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no se ha encontrado investigaciones científicas que se hayan desarrollado anteriormente, sobre Ahorro o Eficiencia Energética.

Algunos de los trabajos de investigación desarrollados en el área de la eficiencia energética en el Ecuador son:

**“Eficiencia Energética en el Ecuador”**. “Esta investigación busca dar respuesta sobre los efectos de la intervención estatal en el desenvolvimiento de la actividad económica. Mediante el análisis del sector energético, que en el caso ecuatoriano está ampliamente dominado por el Estado. El sector energético al ser esencial en el proceso económico, tanto para el desarrollo de actividades productivas como para satisfacer necesidades básicas de la población, permite comprender a cabalidad las consecuencias de la intervención pública en la economía, con efectos en la equidad y eficiencia. El uso de energía también genera “fallos de mercado” que no son cuantificados por el mercado, externalidades que se presentan por los contaminantes emitidos y que a su vez generan afectaciones ambientales que impactan negativamente en el planeta. Por lo tanto el análisis del sector energético en el Ecuador permite también establecer cómo el Estado influye y reacciona ante esos

“fallos” y cuáles son las repercusiones para la sociedad ecuatoriana.”  
(Hurtado Pérez, 2008.)

**Uso eficiente de la energía eléctrica para la reducción del índice de consumo en kilovatio-hora de producción en compañías cerveceras AMBEV Ecuador.** “Esta tesis trata sobre la reducción del índice de consumo de energía eléctrica en KW-H/ Hectolitro de cerveza producido en un periodo mensual, para lo cual se lleva a cabo el desarrollo de un programa de ahorro de energía, utilizando la metodología del PDCA aplicada en el grupo cervecero. El programa de ahorro trata de identificar las principales causas del desperdicio de energía para reducir el índice de consumo, Realizando una estratificación del problema para elaborar y ejecutar un plan de acción consistente que corrija las causas y elimine el problema”. (Hervas Pluas, 2009).

## **2.2. EVALUACIÓN ENERGÉTICA**

La Evaluación Energética es el punto de partida para el desarrollo de un Sistema de Gestión Energética.

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), una evaluación energética consiste en una apreciación objetiva de una empresa con el objeto de:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado.
- Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía.
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en coste energético y de mantenimiento, así como otros beneficios y costes asociados.

No existe un método, que por sí solo pueda lograr la eficiencia energética. Se logra gracias a una combinación de medidas correctoras, preventivas, programas educativos y de concienciación, maquinaria eficiente, procesos bien diseñados y medidas para evitar pérdidas. Es una combinación inteligente de estos elementos lo que finalmente conduce a algo que es más eficiente.

“La evaluación energética, es la herramienta sobre la que se asienta un plan estructurado de ahorro energético. Implica realizar una labor de recolección de información, análisis, clasificación, propuesta de alternativas, cuantificación de ahorros y toma de decisiones”. (CREARA, 2013).

En una evaluación energética se realiza un diagnóstico energético de las instalaciones de la entidad, con ayuda de equipos de medición.

Normalmente en el análisis a realizar se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Hábitos de consumo
- Equipos de calefacción y climatización
- Equipos eléctricos
- Equipos de iluminación
- Aislamiento térmico de la instalación

Tras este análisis, se redacta a modo de Plan de Ahorro Energético, un conjunto de medidas para corregir el exceso consumo de energía.

Cada una de las medidas, se clasifica según el ahorro energético. Esto incluye en muchos casos la posibilidad de diseñar instalaciones de energía renovable, en el lugar más adecuado y con la tecnología que más se adapta a las necesidades de cada instalación.

Las fases básicas de una evaluación energética serían las siguientes:

### **2.2.1. Estudio inicial**

Consiste en una visita a las instalaciones de la organización, con el objetivo de recoger datos básicos sobre los equipos que consumen energía, las prácticas y horarios de trabajo, los consumos, y el estado general de las instalaciones.

El análisis de los suministros energéticos y del proceso de producción permite localizar los principales elementos de consumo con margen de mejora.

### **2.2.2. Medición y recolección de datos**

Se realizan mediciones a los equipos e instalaciones existentes, con especial dedicación a aquellos en los que se han localizado mayores oportunidades de ahorro energético.

### **2.2.3. Análisis y propuesta de mejoras**

El análisis de los datos recogidos permite identificar las medidas de ahorro de energía y definir propuestas concretas para implantar dichas medidas.

Estas propuestas pueden ser de diferentes tipos: las que no conllevan gasto alguno (cambio de hábitos de consumo, regulación y programación, mantenimiento, etc.) y aquellas que sí necesitan una inversión (sustitución de equipos, etc.).

Para cada propuesta se calcula su rentabilidad (plazo de amortización de la inversión) y en su caso, se indican otro tipo de mejoras no económicas.

La metodología de las evaluaciones energéticas se basa en la comparación de los consumos nominales o teóricos que deben tener las instalaciones que intervienen en los procesos con los consumos reales.

Mediante una evaluación energética, se determina el grado de eficiencia de una instalación: se analizan los equipos, la envolvente térmica y los hábitos de consumo.

En resumen, la evaluación energética es un instrumento que facilita la toma de decisiones de inversión en ahorro y eficiencia energética.

#### **2.2.4. Aspectos a evaluar**

*Operativos:* Inventario de equipos consumidores de energía, de equipos generadores de energía, detección y evaluación de fugas y desperdicios, análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento, inventario de instrumentación y posibilidades de sustitución de equipos.

*Económicos:* Precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos, costos energéticos y su impacto en los costos totales, estimación económica de desperdicios, consumos específicos de energía, elasticidad producto del consumo de energía, evaluación económica de las medidas de ahorro, relación beneficio-costos de las medidas para eliminar desperdicios y precio de la energía eléctrica comprada (\$/kWh).

*Energéticos:* Formas y fuentes de energía utilizadas, posibilidades de sustitución de equipos energéticos, volúmenes consumidos, estructura del consumo, balance en materia y energía, diagramas unifilares y posibilidades de autogeneración y cogeneración.

*Políticos:* Tarifas eléctricas, política de precios de los energéticos, política de comercialización de energéticos, programa nacional de energéticos y legislación en materia de autogeneración y cogeneración.

*Análisis de experiencias:* Ámbitos nacional e internacional.

### **2.2.5. Requerimientos**

*Información operativa:* Manuales de operación de los equipos consumidores y generadores de energía, y reportes periódicos de mantenimiento.

*Información energética:* Balances de materia y energía, series de consumo histórico de energía, información sobre fuentes alternas de energía y planos unifilares actualizados.

*Información económica:* Series estadísticas de productos, ventas y costos de producción.

*Información política:* Catálogos de precios de productos elaborados, tarifas eléctricas, normalización del consumo de electricidad, relación reservas-producción de hidrocarburos y disposición de fuentes energéticas no provenientes de hidrocarburos.

*Instrumentos para las mediciones de campo:* Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son: medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo, radiómetros ópticos, pirómetros digitales, kilowatímetros, analizadores de redes, medidores de velocidad de aire, termómetros, luxómetros y tacómetros.

*Áreas de aplicación:* Área industrial: calderas de hornos, motores y bombas, sistemas eléctricos, turbinas, compresores y sistemas de refrigeración. Área de oficinas: iluminación, acondicionamiento ambiental y aparatos eléctricos. Vehículos automotores: operación y mantenimiento.

*Evaluación económica de las medidas:* Relación beneficio-costos: costos involucrados en las medidas aplicadas y balance económico de los ahorros logrados.

Métodos de evaluación económica: período de recuperación, rentabilidad media, valor presente, tasa interna de rentabilidad y análisis de sensibilidad.

#### **2.2.6. Ahorro de energía**

“El ahorro de energía es cualquier acción que tienda a hacer más eficiente el consumo de energía sin menoscabo de la calidad del servicio obtenido por el uso de ésta”. (CONSUMOTECA, 2011)

En un hogar, se pueden conseguir ahorros energéticos teniendo hábitos más responsables de uso de la energía y recurriendo a electrodomésticos de alta eficiencia energética.

#### **2.2.7. Eficiencia energética**

“La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentado un comportamiento sostenible en su uso”. (AGROMOLINA DESARROLLOS ENERGÉTICOS, 2013).

El National Energy Education Development Project de los Estados Unidos, define la eficiencia en el uso de la energía como el uso de la tecnología que requiere menos energía para realizar la misma función.

Desde la perspectiva social, la eficiencia en el uso de la energía implica la invención e innovación de tecnología y del comportamiento de los individuos, enfocados a ahorrar energía y consecuentemente dinero.

La Eficiencia Energética se enmarca en un contexto europeo, donde las políticas sobre gestión de la energía se ven directamente vinculadas a los siguientes aspectos:

- ✓ La necesidad de los países de asegurar el suministro de energía.
- ✓ Los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto sobre reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- ✓ La concienciación creciente de la sociedad de que la mejora de la eficiencia energética y la utilización de energías renovables son medidas adecuadas para su cumplimiento.
- ✓ La necesidad apremiante de aplicar criterios de eficiencia energética en los procesos industriales. Hay que tener en cuenta que del consumo global de energía, el sector industrial consume el 40% de la energía eléctrica, el 77% de carbón y derivados, y el 37% del gas natural, siendo por tanto el principal contribuidor a las emisiones de CO<sub>2</sub><sup>1</sup>.

Resulta evidente que la eficiencia energética produce beneficios concretos para la sociedad:

- ✓ Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y por tanto, disminución del impacto sobre el cambio climático.
- ✓ Reducción de la dependencia energética exterior

También resulta sencillo intuir a grandes rasgos algunos beneficios para cualquier organización:

- ✓ Ahorro de costes energéticos
- ✓ Cumplimiento de requisitos de carácter medioambiental
- ✓ Responsabilidad Social Corporativa
- ✓ Mejora de imagen

Pero además de todo ello, la eficiencia energética en la actualidad supone una apremiante necesidad, tanto de las organizaciones, como del propio país.

---

<sup>1</sup> Reunión de expertos de United Nations Industrial Development Organization -UNIDO-, Viena, Marzo 2007

La dependencia energética del exterior y el enorme coste que actualmente supone la factura energética para cualquier entidad, hace que resulte ineludible asumir un compromiso responsable de eficiencia para poder seguir siendo competitivos por una parte, y por otra, para conseguir un desarrollo sostenible.

El coste de la energía en Ecuador es cada vez más alto, y el consumo creciente, por lo que además de planes básicos de ahorro energético, las organizaciones deben plantear seriamente la implementación de sistemas que permitan gestionar de forma continuada los aspectos energéticos como parte sustancial de sus propio “management”.

Pero para consolidar la eficiencia energética se necesita dar un paso más adelante y es implementar sistemas que garanticen una gestión continuada de los aspectos energéticos de la organización.

#### **2.2.8. Sistema de Gestión Energética (SGE)**

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa u organización no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, derivado de un estudio o diagnóstico, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice la mejora continua.

Un SGE es una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización, que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos.

En un SGE se contempla la política de la entidad sobre el uso de la energía, y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso, normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, ya que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas del rendimiento energético.

Es importante destacar que un SGE no está orientado necesariamente a grandes empresas, sino que puede ser adoptado por cualquier tipo de organización, independientemente de su sector de actividad o tamaño.

La implantación de un SGE es voluntaria y su nivel de éxito depende fundamentalmente del nivel de implicación de la propia organización, y en especial de la dirección, para gestionar el consumo y costos energéticos.

Hay que tener en cuenta que un SGE no está orientado tanto al cumplimiento de la normativa, sino más bien a la mejora de los procesos y de las instalaciones para aumentar la eficiencia energética y reducir los consumos, haciendo un uso más racional de la energía.

Por tanto, un SGE está destinado a cualquier organización que desee:

- Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de una forma sistemática
- Incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentes
- Asegurar la conformidad de los procesos con la política energética de la organización

Un correcto Sistema de Gestión Energética se compone de:

- Una estructura organizacional
- Procedimientos
- Procesos
- Recursos necesarios para su implementación.

Un SGE puede estar “certificado” o no. Independientemente de si se certifica, un sistema de gestión energética por sí mismo, siempre es beneficioso para la organización que lo define e implementa.

- Permite identificar y priorizar los aspectos energéticos de la organización.

- Evalúa el cumplimiento de todos los requisitos legales relativos a sus aspectos energéticos.
- Establece objetivos de mejora de la eficiencia y optimización energética.
- Establece procedimientos eficaces de control y seguimiento de los procesos energéticos.
- Implica a todo el personal con la gestión energética.
- Constituye una herramienta eficaz para realizar el seguimiento de actuaciones procedentes de auditorías energéticas.

### **2.3. ¿EN QUÉ SE DIFERENCIAN EL AHORRO ENERGÉTICO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?**

Según Julieta C. Schallenberg Rodríguez en su revista: Energías Renovables y Eficiencia Energética, págs. 120-128, indica que: “El ahorro energético y la eficiencia energética se definen como el acto de efectuar un “gasto de energía menor del habitual”, es decir, consiste en reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas, pero manteniendo el mismo nivel de confort”.

El ahorro energético conlleva un cambio en los hábitos de consumo; en ocasiones bastaría con eliminar los hábitos que despilfarran energía. Ahorro energético es, por ejemplo, apagar las luces al salir de una habitación; la luz encendida en una habitación vacía no produce ningún beneficio y, sin embargo, está consumiendo energía.

La eficiencia energética es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad. No supone, por tanto, cambios en los

hábitos de consumo (el comportamiento del usuario sigue siendo el mismo), pero se consume menos energía ya que el consumo energético para llevar a cabo el mismo servicio es menor. Eficiencia energética es, por ejemplo, utilizar una lavadora de “clase energética A” (la que menos consume) en lugar de una lavadora de “clase energética G” (la que más consume).

No se cambia la pauta de consumo, se sigue lavando lo mismo (asiduidad, programa de lavadora), pero se consume menos energía; se logra un ahorro porque, haciendo lo mismo, una lavadora de clase energética A consume menos que una de clase G.

Para reducir al máximo el consumo energético habría que aunar medidas de ahorro y eficiencia energética.

Una acción que combina ambas medidas sería, por ejemplo, utilizar una lavadora de “clase energética A”; a la vez que se usan los programas cortos de lavado, se llena la lavadora (no se hace un lavado con la lavadora medio vacía) y se utiliza agua fría (todas estas medidas permiten ahorrar energía al utilizar las lavadoras). De esta forma se consigue un ahorro doble: se está ahorrando porque con una buena cultura, se reduce el consumo y, además, cuando se pone la lavadora en marcha, se ahorra electricidad al estar usando un equipo más eficiente.

En definitiva, se deben evitar procesos inadecuados, tecnologías poco eficaces y comportamientos derrochadores.

No se trata de disminuir la calidad de vida, sino de mantenerla, e incluso aumentarla. En resumen, se trata de consumir de una forma responsable.

## **2.4. LÁMPARAS FLUORESCENTES CON BALASTOS ELECTRÓNICOS**

Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad, y pocos encendidos. La vida media de los tubos fluorescentes es de 7.500 horas, y su depreciación del flujo luminoso, para esta vida media, es del 25%. Este tipo de lámpara, como todas las lámparas de descarga, necesita de un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la corriente, que es la reactancia o balasto.

El balasto convencional que se utiliza en la mayoría de luminarias de tubo fluorescente, es de tipo electromagnético, que consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo y que por su concepción tiene elevadas pérdidas térmicas, lo que se traduce en un consumo energético que, en muchos casos, puede alcanzar el 50% de la potencia del tubo utilizado.

Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

Así, los tubos fluorescentes de 26 mm de diámetro con regulación mediante balastos electrónicos de alta frecuencia, son 25% más eficientes que los tubos tradicionales de 38 mm con regulación convencional mediante balastos electromagnéticos.

En la tabla 2.1, se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto de alta frecuencia.

Tabla 2.1. Comparación entre balastos convencionales y electrónicos

COMPARACIÓN ENTRE BALASTO CONVENCIONAL Y BALASTO ELECTRÓNICO			
Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto convencional		Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto electrónico	
POTENCIA ABSORBIDA		POTENCIA ABSORBIDA	
Lámparas (2 x 58W)	116 W	Lámparas (2 x 51W)	102W
Balasto convencional	30 W	Balasto electrónico	11 W
TOTAL	146 W	TOTAL	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO		22,6 %	

Fuente: (Dispositivos para alumbrado incandescente y fluorescente, 2012)

La tecnología de los balastos energéticos de alta frecuencia permite además la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual a su vez permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades, con la consiguiente optimización del consumo energético. Esta posibilidad resulta de especial interés en sistemas de iluminación con control fotosensible que permiten ajustar el nivel de iluminación en función de la luz natural del local.

## 2.5. BALASTOS ELECTRÓNICOS

- ✓ Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- ✓ Mejora de confort y reducción de la fatiga visual al evitar el efecto estroboscópico.
- ✓ Optimizan el factor de potencia.
- ✓ Proporcionan un arranque instantáneo.
- ✓ Incrementan la vida de la lámpara.
- ✓ Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- ✓ No producen zumbido ni otros ruidos.
- ✓ El inconveniente de la aplicación del balasto electrónico está en su inversión, que es mayor que la de uno convencional,

lo que hace que se recomiende la sustitución en aquellas luminarias que tengan un elevado número de horas de funcionamiento.

## **2.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA: USO DE VARIADORES DE VELOCIDAD EN LA CIRCULACIÓN DE FLUIDOS**

Los variadores de velocidad están entre las principales soluciones para aumentar la eficiencia energética de las instalaciones, ya que una gran parte de la electricidad que se produce en el mundo se utiliza para hacer circular fluidos, líquidos y gases de todo tipo como bombas, ventiladores y compresores.

“En procesos industriales y en los grandes edificios, el 72% de la electricidad es consumida por motores, de los cuales, el 63% se utilizan en bombas, ventiladores y compresores”. (Schonek, 2012)

## **2.7. LEGISLACIÓN SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

- Estrategia de Lisboa
- Compromisos de Kioto
- **ISO 50001**, es una normativa estándar internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización), donde se establecen los requisitos para el establecimiento de un sistema de gestión de energía. Esta normativa es de aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones, grandes o pequeñas tanto del ámbito público o privado, bien se dediquen a la provisión de servicios o a la elaboración de productos y equipos.
- Directiva **2002/91/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa al rendimiento energético de los edificios.

- Directiva **2005/32/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2005, por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía y por la que se modifica la Directiva **92/42/CEE** del Consejo y las Directivas **96/57/CE** y 2000/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo [Diario Oficial L 191 de 22.7.2005].
- Directiva **2006/32/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y por la que se deroga la **Directiva 93/76/CEE** del Consejo [Diario Oficial L 114 de 27.4.2006].
- UNE –EN 16.001
- El SET Plan (Plan para el desarrollo de Tecnologías Estratégicas en el campo de la Energía)
- Decreto **169/2011** de 31 Mayo por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética.
- **Guía de Oferta de Servicios Energéticos (GOSE)** de la Agencia Andaluza de la Energía.

## 2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Ahorro Energético:** Es cualquier acción que tienda a hacer más eficiente el consumo de energía sin menoscabo de la calidad del servicio obtenido por el uso de esta.

**Consumo de energía:** Cantidad de energía utilizada

**Demanda Energética:** es la energía necesaria para el uso funcional del edificio y para mantener en el interior unas condiciones de confort que

dependen del uso del edificio, de la zona climática en la que se ubique y de la época del año.

**Efectividad:** es la generación sistemática de resultados consistentes, integrando eficacia y eficiencia.

**Eficacia:** es la contribución de los resultados obtenidos al cumplimiento de los objetivos trazados.

**Eficiencia:** es el cociente resultante del consumo real entre el planificado que refleja la optimización de los recursos utilizados para la obtención de los resultados u objetivos previstos.

**Eficiencia Energética:** es la relación entre la cantidad de energía consumida y los servicios o productos finales obtenidos con ella. También es la reducción del consumo de energía manteniendo o aumentando los servicios obtenidos con la misma. En definitiva es lograr lo mismo con menos energía. No es igual que el ahorro energético, ya que implica mantener o aumentar el servicio prestado.

**Sistema de Gestión de Energía (SGE):** Los SGEs permiten reducir la factura energética progresivamente en una empresa desde su implementación, alcanzando en breve tiempo un ahorro energético superior al 20%, sin afectar a los servicios que ofrece a sus clientes.

## 2.9. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Con la revisión y análisis bibliográfico se pudo determinar que la mejor forma de reducir el consumo de energía es el ahorro, establecido mediante estrategias que permitan elevar la cultura y conciencia energética que se pueden integrar a un sistema de Gestión de Energía.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Teniendo en cuenta el propósito de la investigación, naturaleza del problema y los objetivos formulados en esta investigación, el presente estudio reúne las condiciones necesarias para ser calificado como una investigación exploratoria, descriptiva, documental y prospectiva.

La presente investigación se inició como una investigación exploratoria; permitió acercarse a la realidad llevando al lugar mismo donde se planteó el problema, y se procedió a la recolección de información, con el fin de fortalecer cada una de las características que inciden en el alto consumo de energía eléctrica en el Instituto, para conocer el consumo y demanda de la energía, el costo mensual histórico de las planillas que cancela en el periodo 2009-2013, tipo de luminarias y equipos que se hallan instalados en el edificio del ITSA, etc.

Además se ubica como investigación descriptiva que permitió detallar la situación energética en el Instituto a través de la recolección de datos no estandarizados.

La investigación documental fortaleció el desarrollo del tema, ya que del análisis de textos y referencias, se obtuvieron información primordial que

permitió el acercamiento entorno al planteamiento, para profundizar el conocimiento del investigador con la que se dará conclusiones relevantes.

La investigación prospectiva porque sigue una línea pasado-presente-futuro. En el caso de la presente investigación, se partió de la evaluación histórica del consumo energético, del análisis del sistema instalado para determinar los elementos que originan la baja eficiencia energética, para finalmente proponer un sistema de gestión energética que permita alcanzar el ahorro energético en el edificio central del ITSA.

### **3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se trata de una modalidad de investigación de campo, tomando como base el edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, lugar donde se caracterizó el consumo y demanda de la energía, el costo mensual histórico de las planillas que cancela desde el 2009 al 2013, características de los espacios, el tipo de luminarias y equipos que se hallan instalados en el edificio.

El método utilizado fue el análisis y síntesis que permitió iniciar con la identificación de la situación energética del Instituto y de esta manera establecer la causa-efecto de los elementos que se relacionan con el alto consumo de energía.

### **3.3. UNIDAD DE ESTUDIO**

En el proceso de diagnóstico energético, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que las etapas subsecuentes están fundamentadas en ellas.

En el desarrollo del levantamiento de datos se estableció como tarea fundamental el llenado de cuatro formatos tipo, los cuales son:

1. Datos básicos de la institución
2. Datos de facturación eléctrica de los años 2009-2013
3. Datos de consumo del sistema de iluminación
4. Datos de consumo de los equipos eléctricos y electrónicos

Es importante indicar que se consideraron las planillas de pago del consumo eléctrico correspondiente al periodo 2009-2013, así como todos los equipos e iluminarias del edificio central a fin de ser analizadas para determinar la demanda energética de cada una de ellas.

El método utilizado para el cálculo del balance energético se basó en la fórmula de cálculo del consumo: El consumo sigue la siguiente fórmula:

$$C_e \text{ (KWh)} = P \text{ (K)} \times T \text{ (h)} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Por lo tanto, para calcular el consumo que se produce en cada área del edificio central del ITSA, fue necesario conocer la potencia de los equipos, lámparas, etc. y el tiempo de utilización, es decir las horas en las que está funcionando cada uno de los equipos consumidores de energía.

Para cada uno de los grupos de consumo fue conveniente tener en cuenta:

- Iluminación: es necesario conocer la potencia de cada lámpara y las horas de funcionamiento.
- Equipos: es necesario para calcular el consumo de estos equipos conocer la potencia de cada uno de ellos, así como el factor de

uso. Por último, se quiere conocer las horas de funcionamiento diarias (horas/día) y el uso anual (días/año).

Los cálculos de las distribuciones de consumo se realizaron utilizando la potencia de los equipos consumidores de energía y el horario de funcionamiento que se obtuvo a través de una investigación de campo. El consumo se contrastó con los valores de consumo que reflejan las facturas.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**TABLA 3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE: PORTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

<b>Concepto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Item</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Elementos clasificados de tal manera que debido a su habilidad potencial producen energía eléctrica.	Caracterización del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico	Características del edificio Datos constructivos del edificio Horario de funcionamiento Capacidad y ocupación Actividades e instalaciones		Investigación documental Observación de campo	Registro de datos
	Análisis situación energética del ITSA	Datos generales de los puntos de consumo Descripción de los indicadores energéticos del Instituto		Observación de campo Mediciones	Ficha de observación Instrumentos y equipos tecnológicos Registro de datos

		Comportamiento de la corriente eléctrica en las líneas de distribución	Pérdidas	Mediciones	Instrumentos y equipos tecnológicos Registro de datos
--	--	--	----------	------------	--

### VARIABLE DEPENDIENTE: AHORRO ENERGÉTICO

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Optimización del consumo energético con el objetivo de disminuir el uso de energía	Consumo de energía eléctrica	Análisis de los gastos anuales de pérdidas de energía en el transformador de 440/220  Análisis del Comportamiento del consumo de electricidad	KWh/año  kWh, kA, kWA	Observación Cálculos  Medición	Formularios, hojas de cálculo  Instrumentos tecnológicos (Analizador de redes, Computador) Registro de datos

		Análisis de la carga instalada	kW	Observación y fichaje Cálculos	Registro datos Formularios, Hojas de cálculo
	Costos	Análisis de las estrategias y medidas para disminuir el costo por consumo de energía eléctrica	\$	Cálculos	Hojas de cálculo

### 3.5. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.5.1. Métodos de estudio

Con el fin de identificar los elementos que conforman el problema se hizo uso del análisis, el cual permitió evaluar los portadores energéticos que influyen en el consumo de energía y que determinan la demanda energética en el ITSA.

También se consideró el método inductivo para determinar las experiencias individuales de las autoridades académicas, docentes, y estudiantes con respecto a la investigación planteada para concluir luego en razonamientos formales que permitieron concluir la investigación.

#### 3.5.2. Técnicas

Se utilizaron las siguientes:

- **La Observación:** Siendo un trabajo de investigación-acción fue fundamental indagar los acontecimientos y registrarlos para su análisis.

Se ejecutaron los siguientes tipos de observación:

- ✓ **Bibliográfica:** Permitted recolectar información secundaria, con la revisión de documentos que ayudaron a construir el marco teórico y el análisis de la situación actual.
- ✓ **Observación de Campo:** En el lugar en el que se producen los hechos, a través del contacto directo con el desarrollo de las actividades, sin obstaculizar el trabajo cotidiano. Su objetivo fue identificar los portadores energéticos que provocan un alto consumo energético. Para el efecto se aplicó un cuestionario

semi-estructurado a los señores: Rector, Jefe departamento logístico, Docente del área, encargado de mantenimiento eléctrico del edificio de la institución.

- ✓ **La Encuesta:** facilitó investigar el criterio de los protagonistas del hecho en estudio y llegar a criterios generales e individuales que ayudaron a determinar posible alternativa de solución al problema. Su objetivo fue, recolectar datos de los señores estudiantes de sexto nivel las carreras: Logística y Transporte, Ciencias de la Seguridad mención Aérea y Terrestre, Mecánica, Telemática, y Electrónica mención Instrumentación y Aviónica; principales protagonistas en el consumo de energía.

### 3.5.3. Instrumentos

Para establecer el comportamiento de la potencia activa, reactiva, factor de potencia y armónicos, en las líneas de distribución y en los motores asincrónicos de las bombas de la cisterna se utilizó el analizador de redes marca FLUKE 1735 Power Logger con su respectivo software Software Power Log para PC y el analizador de redes marca FLUKE 41B. Las características técnicas de estos instrumentos se detallan en el Anexo 1.

Para mediciones de las corrientes a la salida de las líneas de distribución en el tablero principal, se usó una pinza amperimétrica, marca FLUKE.

Como soporte a varios datos técnicos que se requirieron para el análisis de las pérdidas en el transformador y la eficiencia de los motores se usaron los softwares IPA y BALDOR, respectivamente.

## **3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **3.6.1. Recolección de datos**

#### **3.6.1.1. Técnicas para el análisis de datos**

El mecanismo que se utilizó para el procesamiento y análisis de datos fue:

- ✓ La organización de los datos
- ✓ La descripción y análisis de datos

Por medio de este mecanismo se organizó, describió y analizaron los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante técnicas estadísticas utilizando las hojas de cálculo Excel y los datos cualitativos se organizaron en documentos (archivos Word) para su posterior análisis.

Para establecer el Sistema de Gestión Energética en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se utilizó como principal herramienta el análisis de la información a través de criterios estadísticos matemáticos que brindaron un panorama preciso de tendencias e inclusive permitieron un acercamiento a la modelación energética. Dentro de estas herramientas se destacan:

**3.6.1.1.1. Diagrama de Pareto:** Es una gráfica en forma de barras que clasifica en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio. Aplicando el principio de Pareto, como primer paso se localizó prioridades, cuál portador energético (electricidad, gas, agua) genera un mayor gasto. Esta localización se realizó estratificando el consumo de energía por tipo de portador energético y representándolo a través del diagrama de Pareto.

**3.6.1.1.2. Intensidad Energética:** A nivel de empresa este indicador puede determinarse como la relación entre el consumo total de energía y el valor de la

producción mercantil total. Refleja la tendencia de la variación de los consumos energéticos respecto al incremento de la producción. Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la empresa como: factor de carga (es la relación de la producción real respecto de la capacidad productiva nominal de la empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento, etc.

**3.6.1.1.3. Diagrama de dispersión:** Es un gráfico que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, determinar su carácter. La observación del diagrama de dispersión indica, que existe una tendencia a que los valores altos de nivel ocupacional están asociados a los valores altos de consumo.

**3.6.1.1.4. Gráfico de control:** Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Generalmente se usan como instrumento de Autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útiles como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando logramos aplicarlos a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones. Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio (M) del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar ( $3S$ ) del valor medio.

**3.6.1.1.5. Gráfico de Consumo y Producción:** Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la

producción. Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

**3.6.1.1.6. Diagramas de Dispersión y Correlación:** En un gráfico se muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (x, y) si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta. Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no. Permite establecer nuevos indicadores de control. Permite determinar la influencia de factores productivos de la Empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control. Para recabar información de las filosofías de operación de funcionamiento del sistema eléctrico, horarios de consumo en cada una de las áreas del Instituto, se utilizó la entrevista no estructurada, las preguntas de la entrevista se realizaron de acuerdo a las respuestas que fueron surgiendo.

Para el análisis de los portadores energéticos del Instituto se partió de la documentación existente en el departamento de Finanzas. Los registros de pago por concepto del consumo de energía correspondieron al periodo 2009-2013. Aplicando el principio de Pareto, se determinó la estructura de los portadores energéticos.

Otro análisis importante constituyó la estructura de gastos de los portadores energéticos. Se consideraron los valores promedios anuales tomando como referencias los datos desde el 2009 al 2013.

Se presenta la información referida a los costos de operación promedio anual, en donde se incluyen los índices de consumo, los indicadores económicos energéticos, los ingresos totales y el costo de producción energética.

Se realizaron mediciones en el mes de agosto con un analizador de red digital FLUKE 1735, en los paneles generales de distribución para conocer los

parámetros eléctricos como; factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el contenido de armónicos en la red. Y con el software FLUKE 1735 del analizador de redes, se observó y analizó el comportamiento de los parámetros indicados anteriormente.

Se midió durante varios días, con una pinza amperimétrica FLUKE, la corriente en cada una de las líneas del tablero de distribución, a fin de analizar el comportamiento del consumo de energía en cada una de las fases que alimentan al edificio del Instituto.

Con el analizador de redes FLUKE 41B, se midieron parámetros eléctricos como factor de potencia, tensión, corriente, armónicos, potencia activa, reactiva en los motores asíncronos que alimentan a las bombas de la cisterna.

### **3.6.2. Interpretación y presentación de la información**

En este apartado se presentan los resultados y las conclusiones del análisis de la información procesada, para ello se usaron tablas, gráficos y figuras con sus correspondientes análisis y explicaciones.

Normalmente en el análisis a realizar se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Hábitos de consumo
- Equipos de iluminación
- Equipos eléctricos y electrónicos

Tras este análisis especializado, se redactó la Propuesta de Eficiencia Energética con una serie de medidas para corregir el exceso de consumo.

Cada una de las medidas se clasificó según el ahorro energético, el ahorro económico que supondría, la inversión necesaria para implementarla y su período de retorno económico.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo la autora realiza un análisis de los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a los estudiantes del Instituto y la entrevista realizada a personal administrativo y docente de la institución; datos que se recogen a través de las diferentes tablas, gráficos e interpretaciones de las preguntas más importantes de la encuesta y entrevista.

Posteriormente se explica la ejecución del diagnóstico energético de segundo orden, realizado en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, como paso inicial para caracterizar su Gestión Energética. Se analizan los consumos de los portadores energéticos y se hace énfasis en la electricidad, que es el portador de mayor consumo, los datos se obtuvieron mediante los resultados de los trabajos de campo efectuados en la institución. Se utilizaron las herramientas estadísticas - matemáticas contenidas en la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía que permitieron definir cada una de las situaciones del uso de la energía y el área de mayor demanda. Se especifican las insuficiencias en la administración energética identificándose los puestos claves de consumo.

Al finalizar se llega a un conjunto de conclusiones obtenidas mediante el proceso investigativo, las mismas que a la vez conllevan a la presentación de una propuesta alternativa para superar el problema.

#### 4.2. ENCUESTA APLICADA A LOS SEÑORES DOCENTES, PERSONAL ADMINISTRATIVO, SERVICIOS GENERALES Y ESTUDIANTES DEL INSTITUTO

##### Pregunta No.1

¿Pasan encendidas durante toda la jornada de trabajo las lámparas de su oficina, aula y/o laboratorio?

Tabla 4.1. Análisis de la pregunta No. 1 de la encuesta

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	70	80,46%
NO	17	19,54%
TOTAL	87	100,00%

FUENTE: Encuesta aplicada a los estudiantes y docentes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Julio 2013.



Figura 4.1 Análisis de la pregunta No. 1 de la encuesta

##### INTERPRETACIÓN

De los datos obtenidos en el cuadro se establece que 80% del personal de la Institución prende las lámparas durante la jornada de trabajo, el 20% no enciende la luminaria.

Se concluye que existe un derroche de energía eléctrica durante el día, y esto representa un importante consumo de energía.

### Pregunta No. 2

**¿Pasan encendidos durante la jornada de trabajo los aparatos eléctricos y/o electrónicos que ocupa en sus funciones y labores diarias dentro de la Institución?**

**Tabla 4.2. Análisis de la pregunta No. 2 de la encuesta**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	5	7,46%
NO	62	92,54%
TOTAL	67	100,00%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes y docentes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Julio 2013.



**Figura 4.2 Análisis de la pregunta No. 2 de la encuesta**

### INTERPRETACIÓN

El 93% de los encuestados indican que los equipos eléctricos y electrónicos con los que cada desarrollan sus labores diarias permanecen prendidos durante su jornada de trabajo, el 7% manifiesta que no permanece encendido

una hora, lo que establece que durante todo el día existe un consumo de energía eléctrica; no existe ahorro de energía.

### Pregunta No. 3

¿Desenchufa los equipos o aparatos cuando no se utilizan?

Tabla 4.3. Análisis de la pregunta No. 3 de la encuesta

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	10	11,49%
NO	77	88,51%
TOTAL	87	100,00%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes y docentes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Julio 2013.



Figura 4.3 Análisis de la pregunta No. 3 de la encuesta

### INTERPRETACIÓN

El 89% del personal del Instituto no desenchufa los equipos eléctricos o electrónicos después de utilizarlos y apenas el 11% lo hace.

Lo que significa que después de las labores a pesar de no estar apagados existe consumo de energía; puesto que los aparatos electrónicos conectados permanentemente a la red eléctrica, producen un bajo consumo aunque estén apagados. Normalmente este consumo se sitúa alrededor de 5W por aparato.

**Pregunta No. 4**

**¿Está dispuesto a participar en un sistema de gestión energética para optimizar el consumo de energía en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico?**

**Tabla 4.4. Análisis de la pregunta No. 4 de la encuesta**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	80	88,79%
NO	7	11,21%
TOTAL	87	100%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Julio 2013.



**Figura 4.4 Análisis de la pregunta No. 4 de la encuesta**

## INTERPRETACIÓN

De los datos obtenidos en el cuadro se establece que 80 miembros de la institución que representan al 91,95% manifiestan que están dispuestos a participar en el sistema de gestión energética para optimizar el consumo de energía eléctrica dentro del Instituto, mientras que 7 que corresponden al 11,21% no están dispuestos a participar en el sistema de gestión energética.

De los valores anteriores se concluye que la gran mayoría del personal del Instituto está dispuesto a participar en un sistema de gestión energética que optimice el consumo de la misma.

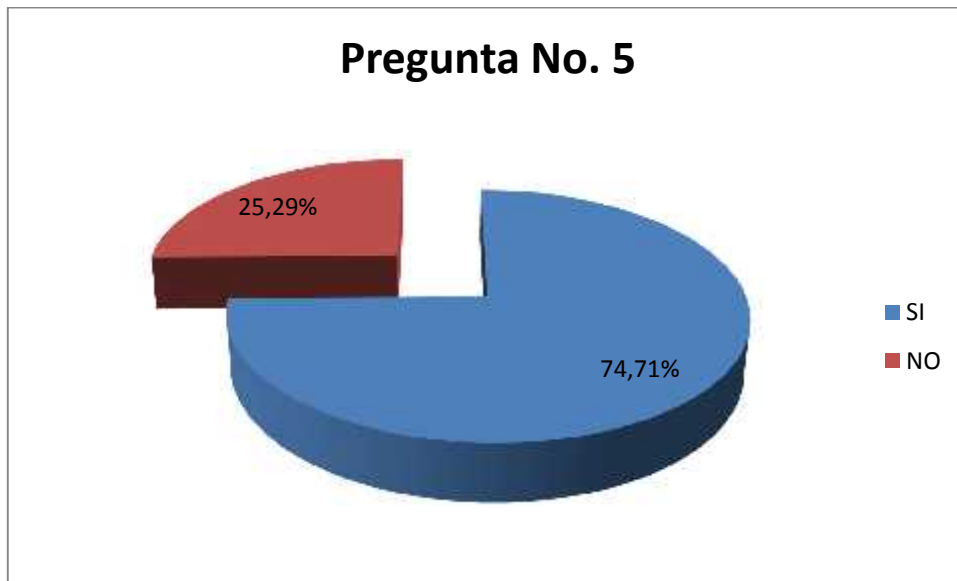
### PREGUNTA No. 5

**¿Considera que un manual de administración energética puede ser la base para alcanzar la eficiencia energética del Instituto?**

**Tabla 4.5. Análisis de la pregunta No. 5 de la encuesta**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	65	79,44%
NO	22	20,56%
TOTAL	87	100%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Julio 2013.



**Figura 4.5 Análisis de la pregunta No. 5 de la encuesta**

### **INTERPRETACIÓN**

Los datos que constan en la tabla, permiten deducir que 65 estudiantes que equivalen al 74,71% consideran que un manual de administración energética puede ser la base para alcanzar la eficiencia en el manejo de la energía, mientras que 22 estudiantes que representan al 25,29% sostienen que el mencionado manual no aportaría con la eficiencia que se pretende alcanzar.

Los porcentajes obtenidos en esta tabla permiten concluir que para alcanzar eficiencia energética en el Instituto se debe tener como base un manual de administración energética.

### **4.3. ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA**

La investigadora consideró pertinente entrevistar al personal administrativo del Instituto y al señor encargado del mantenimiento eléctrico del edificio de la institución, con el propósito de verificar el manejo en la administración energética y de mantenimiento del establecimiento, los mismos que respondieron a las siguientes interrogantes de esta manera:

**Pregunta 1:**

*¿Cuál es su opinión sobre el manejo energético del Instituto?*

**Pregunta 2:**

*Desde su punto de vista, emita su opinión si se puede mejorar la situación energética actual.*

**Pregunta 3:**

*¿Qué se podría implementar para reducir los costos de consumo de energía eléctrica?*

**Pregunta 4:**

*¿Estaría dispuesto a participar en un sistema de gestión energética para optimizar el consumo de energía eléctrica dentro de la institución?*

**Entrevistado 1.**

**Señor Rector**

Pienso, que el manejo energético del Instituto tiene sus falencias, en consideración a la época en la cual ha sido construido el edificio y a la utilización de lámparas que son poco eficientes y que no aportan con el ahorro energético.

En la segunda pregunta manifestó: por supuesto que se podría mejorar.

En la tercera pregunta indicó que la automatización del sistema eléctrico de pasillos y aulas y la utilización de equipos eficientes permitirían mejorar el sistema de energía en la institución.

En la cuarta pregunta manifestó su voluntad de participar en todo aspecto que signifique mejora para el Instituto.

## **JEFE DEPARTAMENTO LOGÍSTICO**

El entrevistado resalta la necesidad de mejorar el manejo de la energía en el Instituto, toda vez que se cancelan planillas altas a la Empresa Eléctrica.

En relación a la segunda pregunta, manifiesta que todo se puede mejorar cuando existe voluntad de hacerlo.

El entrevistado sostuvo que si se puede implementar alguna actividad para reducir costos de energía y citó algunas alternativas que se podían realizar en función de este objetivo.

El Jefe del Departamento Logístico del Instituto fue claro en sostener que él siempre está predispuesto a colaborar para optimizar todos los recursos que ayuden a la economía de la institución

## **DOCENTE DE LA INSTITUCIÓN**

El ingeniero, sostuvo que desde su perspectiva considera que el manejo energético del Instituto no es adecuado.

El entrevistado coincide con todos los entrevistados que si se puede mejorar la situación energética de acuerdo al avance científico y tecnológico de los últimos tiempos, pues el mantenimiento del sistema eléctrico está envejeciendo y se necesita de un plan que permita poner en marcha actividades que permitan mejorar esta deficiencia.

En la tercera interrogante sostuvo que para reducir costos de energía, todos los miembros del instituto deben participar en campañas que ayuden a reducir costos del consumo de energía eléctrica.

Coincidió con todos los entrevistados al manifestar su total apoyo a la ejecución de un Sistema de Gestión que permita optimizar recursos sobre todo en el manejo de consumo eléctrico.

## **ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN EL EDIFICIO DEL INSTITUTO**

El tecnólogo hizo notar su inquietud sobre el manejo del sistema energético del Instituto, en virtud de que no existe el apoyo suficiente para el desarrollo de su gestión.

En la cuarta pregunta manifestó que existe una situación desorganizada en el sistema energético del Instituto, ya que no se cuenta con un medidor propio ni para el ITSA, tampoco para la ETFA.

El tecnólogo, sostiene que es necesario y urgente la creación de un Departamento de Mantenimiento para reducir los costos de consumo de energía eléctrica.

En cuanto a la última pregunta predisposición a participar en un Sistema de Gestión Energética que permita optimizar el consumo de energía en el Instituto

### **4.4. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se encuentra situado en la calle Javier Espinosa y avenida Amazonas al Noreste de la ciudad de Latacunga.

Se trata de un edificio de cuatro plantas de hormigón armado, de loza y cubierta con domo en la parte central. Consta con un total de 51 aulas, 16 laboratorios, un auditorio, biblioteca, 20 oficinas, 2 baños en cada planta.

#### **4.4.1. Horario de funcionamiento**

Horario de clases:

- 07H00-21H30, durante dieciséis semanas de lunes a viernes en modalidad presencial.
- 08H00-16H30, durante dieciséis semanas los sábados y domingos en la modalidad semipresencial.

Horario de labores administrativas: 07H00-16H00, de lunes a viernes, 240 días al año.

#### 4.4.2. Capacidad y ocupación

En la tabla 4.6 se especifica el número de estudiantes, personal docente administrativo y visitas que acuden día a día al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Tabla 4.6. Ocupación media del Instituto: alumnos, docentes y personal administrativo

Alumnos/ Personal Docente y Administrativo	Personas/día
Alumnos	700
Personal docente	90
Personal administrativo	36
Visitas	10

#### 4.4.3. Actividades e instalaciones

La actividad principal del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es formar a jóvenes civiles y militares en las tecnologías de:

- MECÁNICA AERONÁUTICA mención Aviones y Motores
- TELEMÁTICA
- ELECTRÓNICA mención Instrumentación y Aviónica
- CIENCIAS DE LA SEGURIDAD mención Aérea y Terrestre
- LOGÍSTICA Y TRANSPORTE
- CENTRO DE IDIOMAS

Todas estas especialidades están encaminadas a formar tecnólogos profesionales que cumplan tareas calificadas en el campo de la aviación.<sup>2</sup>

Las diferentes áreas que se distribuyen en cada planta del Instituto se explican en la tabla 4.7:

**Tabla 4.7. Relación de instalaciones distribuidas por plantas.**

PLANTA	INSTALACIONES
Planta Baja	Laboratorios de la Carrera de Electrónica, Aulas de las carrera de Logística y Transporte y Ciencias de la Seguridad, Laboratorio de Mecánica, Baños de Hombres y Mujeres
Primera Planta	Biblioteca, Aulas del centro de Idiomas, Laboratorios de la carrera de Telemática, Papelería, Aulas de la carrera Ciencias de la Seguridad, Baños de Hombres y Mujeres
Segunda Planta	Oficinas del Instituto, Aulas de las carreras de Mecánica Aeronáutica, Logística y Electrónica, Baños de Hombres y Mujeres
Tercera Planta	Oficinas de la ETFA, EPAE, aulas de alumnos militares, Baños de Hombres y Mujeres

#### 4.4.4. Datos constructivos edificio

A continuación, se resume la información que ha sido posible obtener a este respecto:

La envolvente del edificio es un muro cortina formado por diferentes materiales y aberturas. Esto es así tanto en la fachada de la entrada principal que da a la calle Javier Espinosa como en su parte posterior.

<sup>2</sup> <http://www.itsafae.edu.ec>



Figura 4.6. Fachada del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico<sup>3</sup>

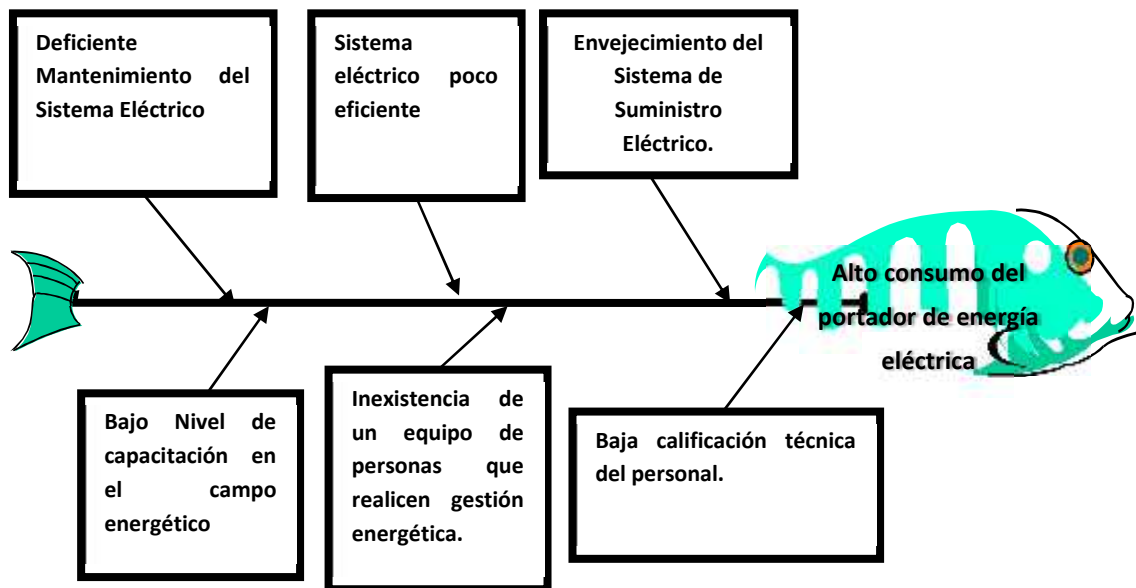
Tabla 4.8. Datos generales cerramientos edificio

<b>Año Construcción</b>	1996
<b>Año última reforma</b>	2012
<b>Ocupación de la actividad dentro del edificio</b>	Total
<b>Número de plantas</b>	Cuatro
<b>m2 construidos</b>	4194,59
<b>Tipo de edificación</b>	Entre medianeras
<b>Orientación fachada principal</b>	Sur
<b>Cubierta</b>	2 gruesos de tela asfáltica, losa fina y pavimento flotante de losas de hormigón
<b>Puerta acceso principal</b>	Dos puertas eléctricas de vidrio

<sup>3</sup> <http://www.itsafae.edu.ec>, 2013

#### 4.5. ANÁLISIS SITUACIÓN ENERGÉTICA DEL INSTITUTO

Una vez analizada la información preliminar del Instituto, se determinó en forma general la causa-efecto de la insuficiente gestión energética en el Instituto.



**Figura 4.7. Diagrama espina de pescado de las causas de la insuficiente gestión energética en el ITSA**

En el Instituto, no existe un plan de mantenimiento preventivo del sector energético, cosa que hubiese ayudado a conocer el estado de las instalaciones, sin embargo en las entrevistas personales no estructuradas ayudaron a conocer que el sistema de suministro está envejeciendo sin ningún tipo de mantenimiento, lo que resalta en la baja calificación técnica que tiene técnico del Instituto.

No existe un equipo de gestión energético, unido a la no existencia de una conformación objetiva del mismo, lo que provoca deficiencias en el sistema de información y divulgación de la situación del consumo de los portadores energético en el centro, y trae consigo la no participación de los trabajadores en la toma de decisiones para fortalecer una adecuada cultura y conciencia de ahorro.

Fue necesario, conocer estos datos y por tanto se procedió al estudio in situ de cada uno de los equipos, luminarias y las instalaciones mediante inspección visual en los casos que fue posible en diversas visitas a cada una de las instalaciones del establecimiento educativo.

Estos datos se emplearon para determinar la situación energética actual e histórica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, así como para identificar y evaluar las mejoras propuestas encaminadas a alcanzar la eficiencia energética.

#### **4.5.1. Datos generales puntos de consumo**

Se detalla en forma general la información de los puntos de consumo energético en el Instituto.

- **Saneamiento**

Red de desagües verticales y horizontales con tubo de PVC de presión con uniones encoladas. Revestidos con material aislante acústico.

No existe separación entre aguas grises y desagües de los inodoros.

- **Sanitarios**

- ✓ Aparatos de porcelana vitrificada.

- ✓ Grifería convencional sin reductores de caudal.

- ✓ Sin mecanismos para economía de descarga en los inodoros.

- **Climatización**

Todo el edificio no dispone de un sistema de climatización frío-caliente.

- **Ventilación**

El auditorio destinado a la permanencia de un número grande de personas es la única área que dispone de sistema de ventilación con aportación de aire exterior. En esta área se desarrollan eventos que de acuerdo a los datos proporcionados en el departamento logístico se

desarrollan una vez o dos veces al mes, por lo que el sistema de ventilación no se utiliza con frecuencia.

- **Ventilación aulas y oficinas**

Todas las aulas disponen de ventanas que comunican con el exterior directamente ventilando dichas zonas de forma natural.

- **Ascensores**

- ✓ El edificio dispone de 2 ascensores electromecánicos para el público, de las siguientes características unitarias respectivas:
- ✓ Cargas: 10 personas, 1.000 kg máximo
- ✓ N° de paradas o accesos: 3
- ✓ Dimensiones cabina aproximadas: 1,6 x 1,10 m
- ✓ Puertas: Automáticas, apertura central.

Los ascensores permanecen encendidos en los horarios de ingreso y salida al trabajo y en el horario del almuerzo, durante tres horas al día, para brindar servicio solamente al personal que labora en la institución.

- **Aire acondicionado**

No existe instalación de aire acondicionado.

- **Electricidad**

- ✓ Cajas de protección situadas en la fachada del edificio central del Instituto.
- ✓ Red de puesta a tierra.
- ✓ Conducciones canalizadas con bandejas por el falso techo, en el caso de las oficinas y auditorio.
- ✓ Conducciones empotradas con tubo corrugado en las aulas, laboratorios, biblioteca, salón múltiple y pasillos.
- ✓ Existe estación transformadora en el propio establecimiento educativo-

- **Gas**

No existe un consumo alto de gas licuado en la institución, solamente se utiliza en el salón múltiple para algunos eventos que se desarrollan en el Instituto. El bar y comedor se arrienda a personas ajenas a la Institución.

En cuanto a la información que hace referencia a datos concretos de cantidades, potencias y características de los equipos, en su mayor parte no ha sido facilitada, ya que no disponen de ella.

Por ello y dada la necesidad de poder estimar los consumos, se procedió a realizar un recuento de los siguientes equipos:

- Puntos de consumo de agua
- Equipos de consumo de electricidad: Electrodomésticos, ascensores, equipos de cómputo, luminarias, equipos e instrumentos de los laboratorios, etc.

En el caso de ciertos equipos existía una placa identificativa con algunos datos técnicos de los mismos, que se han utilizado para el cálculo de potencia de consumo.

En otros casos ésta no era visible, ya sea por su antigüedad o porque su ubicación no permitía el acceso a dicha placa informativa.

En el Anexo 2, se indica la carga eléctrica instalada en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **4.3.1. Diagnóstico de los portadores energéticos**

El diagnóstico energético realizado en el Instituto, como ya se indicó anteriormente fue de segundo grado.

“Un diagnóstico de segundo grado, consiste en el desarrollo del balance másico y térmico en condiciones reales de operación de áreas, equipos y sistemas con el objetivo de determinar su eficiencia energética e índices de consumos. Estos valores se comparan con el análisis detallado de los registros

históricos y con los valores de diseño. A partir de la comparación se establecen las desviaciones y se buscan sus causas (condiciones de operación de equipos, estado técnico, variación de regímenes de trabajo, etc.). Finalmente se deben evaluar desde el punto de vista económico, las medidas que se recomiendan llevar a cabo; se deben establecer los indicadores de consumo y de eficiencia de control en cada área y equipo, así como presentar recomendaciones de un programa de mejoramiento continuo de estos indicadores. Se desarrolla un sistema de capacitación básica al personal de operación y dirigente que les permita mantener y aplicar las medidas detectadas.”<sup>4</sup>

Para la realización del estudio de los portadores energéticos se hizo un levantamiento de la potencia instalada en cada una de las áreas del Instituto, se determinó, mediante observación, el estado técnico de todos los circuitos de distribución, de los paneles y de los interruptores.

Simultáneamente, fue recopilada la información sobre el comportamiento histórico del consumo de energía registrado en las planillas canceladas a la empresa eléctrica y se efectuaron las mediciones de las tensiones, corrientes, potencias y energía en los puntos principales, para la elaboración de los gráficos de cargas.

Con los datos recopilados de los índices de estudiantes matriculados, del personal docente y administrativo que laboró, se procedió a realizar el análisis que permitió conocer la situación histórica en cuanto a consumos energéticos en el Instituto, para ello se utilizó como herramienta principal la hoja de cálculo Excel, diseñada para esta aplicación.

En el Anexo 3, se exponen los datos de una manera más detallada de los siguientes puntos:

---

<sup>4</sup> DIAGNÓSTICO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA, MSc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez , MSc. Ing. Reineris Montero Laurencio

- Indicadores Energéticos
- Consumos de portadores de energía
- Consumos por usos.

El análisis de los resultados de los datos obtenidos, en la investigación de campo realizada, se exponen a continuación.

#### **4.5.2. Determinación de Indicadores Energéticos del Instituto**

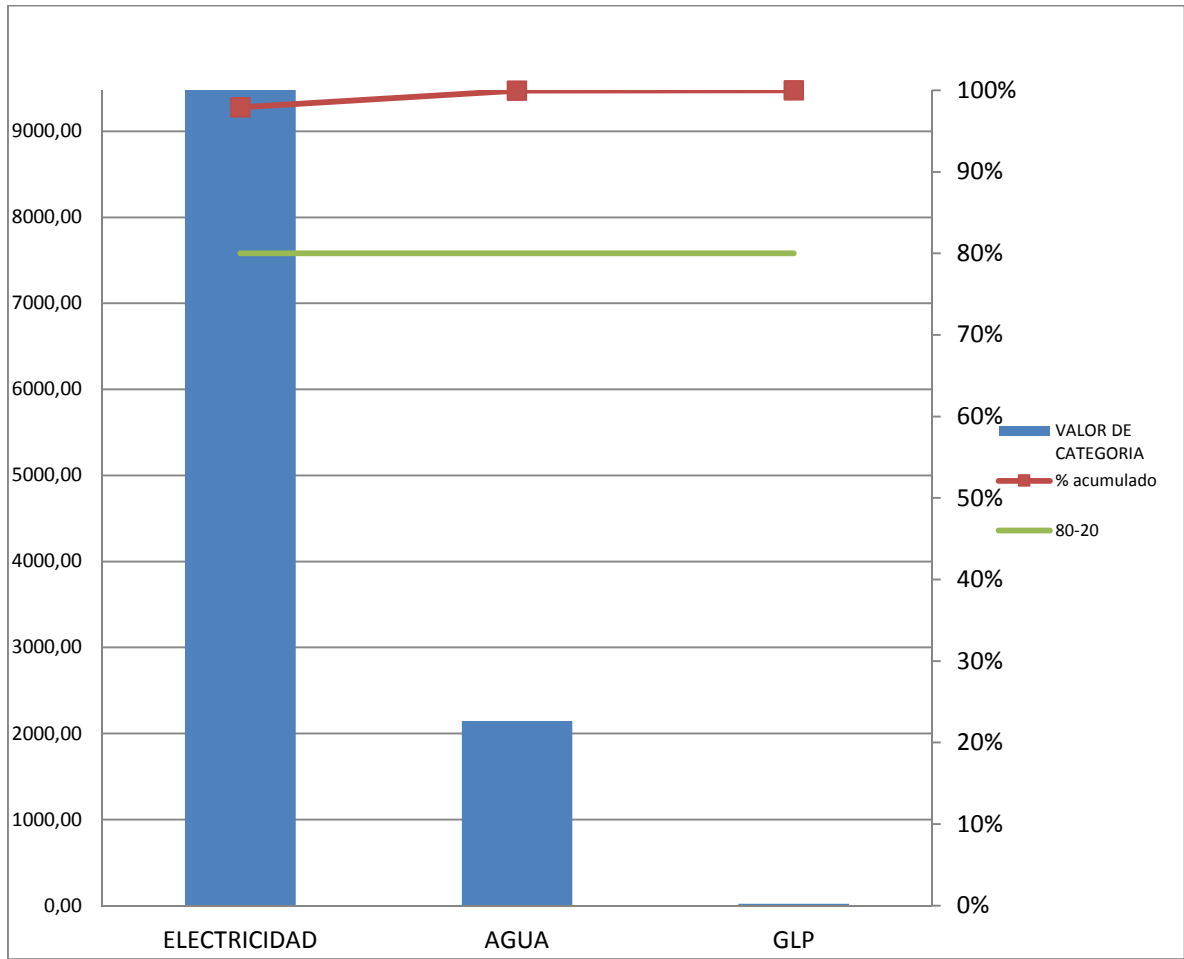
El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico dispone de un suministro eléctrico y uno de agua potable.

El suministro eléctrico permite cubrir las necesidades de alumbrado, energía para los equipos e instrumentos de laboratorio, equipos de cocina, ascensores y otros equipos de uso diverso que hay en el edificio.

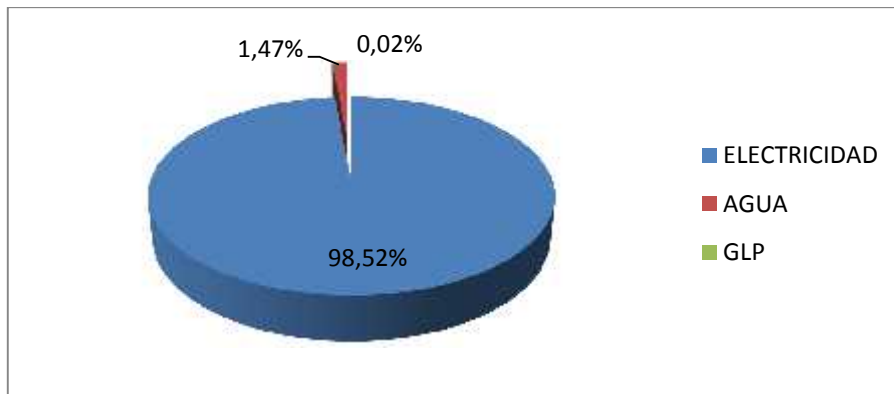
Existe un contador, y se cancela por el consumo leído a la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCOSA).

El suministro de agua potable, permite cubrir las necesidades de agua, a los baños y jardines del Instituto.

El ITSA no es una institución dedicada a la producción, su finalidad es formar tecnólogos en el campo aeronáutico, para el análisis de los portadores energéticos se consideró los registros existentes de los años 2009-2013, del índice de estudiantes matriculados, registros de asistencia y porcentajes de deserción de los estudiantes y personal docente y administrativo que laboró en cada uno de los ciclos académicos y el consumo anual. Aplicando el principio de Pareto, se determinó la organización de los portadores energéticos por año, del periodo 2009-2013, tal como se indica a continuación:



**Figura 4.8 Diagrama de Pareto promedio anual de los portadores energéticos 2009-2013**

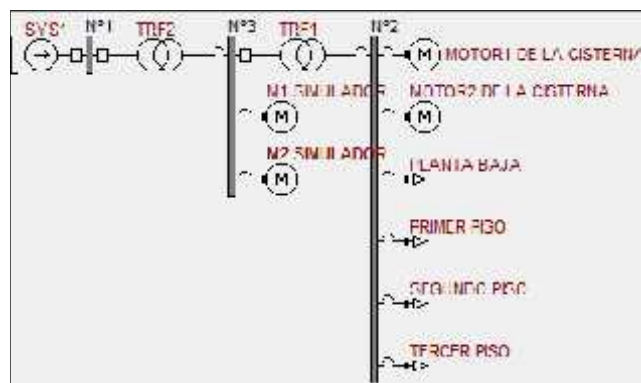


**Figura 4.9. Porcentaje de los costos de los portadores energéticos promedio anual 2009-2013**

En la figura 4.8 y 4.9, se puede apreciar el consumo de los portadores energéticos, en orden de importancia. La electricidad ocupa el primer lugar representando el 98,52% del consumo. Le sigue el agua representado por el 1,47% y en último lugar se ubica el GLP con un 0,02%. Estos resultados indican que los mayores esfuerzos en la gestión energética se deben dirigir hacia la electricidad.

#### 4.6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL ITSA

El ITSA cuenta con un transformador de 13.8kV a 440V, con una potencia de 175kVA, que alimenta a las bombas del sistema hidráulico del simulador del avión y a un transformador trifásico de 440V a 220V y 110V, de 225 kVA, que alimenta a las bombas de la cisterna y a cada una de las plantas del edificio, como se indica en la siguiente figura 4.10.



**Figura 4.10 Diagrama Unifilar del edificio del ITSA**

El simulador del avión K-FIR, desde el 2006 ha dejado de funcionar, y las bombas que activan el sistema hidráulico tampoco funcionan desde ese año, y no incidieron en el diagnóstico que se ha realizado.

En las mediciones efectuadas en el transformador de alimentación a los motores que alimentan a las bombas y a cada una de las plantas del edificio del Instituto, no presenta armónicos, el factor de potencia es 0,9, (Anexo 4), sin embargo se pudo constatar que las cargas en las líneas no se encuentran distribuidas de forma balanceada, como se indica en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Mediciones realizadas en el tablero de distribución

Fecha	Función	L12 Min	L 2 Med	L 2 Max	L23Min	L23Med	L23Ma-	L31 Min	L31 Med	L3 Max	Total Min	TotalMed	TotalMax
01/05/2013 3:20:24 Cms	Tensión	205,76 V	205,76 V	206,76 v	206,216 v	206,216V	206,213 V	205,559 V	206,559 v	206,555 v			
01/05/2013 3:20:24 Cms	Corriente	67,523 A	67,323 A	67,323 a	61,596 A	61,596 A	61,596 A	61,477 A	61,477 a	61,477 A			
01/05/2013 3:20:24 Cms	Frecuencia	59,58 Hz	59,36 Hz	59,93 Hz									
01/05/2013 3:20:24 Cms	Potencia Activa										24,20 kW	24,20 kW	24,20 kW
01/05/2013 3:20:24 Cms	Potencia Reactiva										5,941 kVAR	5,941 kVAR	6,341 kVAR
01/05/2013 3:20:24 Cms	Potencia Aparente										25,265 kVA	25,265 kVA	25,265 kVA
01/05/2013 3:20:24 Cms	Factor de Potencia										0,961	0,96	0,96
01/05/2013 3:20:24 Cms	Energía activa										9,45 kWh	9,45 kWh	9,45 kWh
01/05/2013 3:20:24 Cms	Energía Reactiva										2,701 kVARh	2,701 kVARh	2,771 kVARh
01/05/2013 3:20:25 Cms	Tensión	205,63 V	205,63 V	206,36 v	206,027 v	206,027V	206,027 V	205,546 V	206,546 V	206,546 v			
01/05/2013 3:20:25 Cms	Corriente	67,004 A	67,004 A	67,004 A	60,404 A	60,404 A	60,404 A	60,073 A	60,073 a	60,073 A			
01/05/2013 3:20:25 Cms	Frecuencia	59,58 Hz	59,36 Hz	59,93 Hz									
01/05/2013 3:20:25 Cms	Potencia Activa										24,674 kW	24,674 kW	24,674 kW
01/05/2013 3:20:25 Cms	Potencia Reactiva										5,803 kVAR	5,803 kVAR	6,303 kVAR
01/05/2013 3:20:25 Cms	Potencia Aparente										25,395 kVA	25,395 kVA	25,395 kVA
01/05/2013 3:20:25 Cms	Factor de Potencia										0,969	0,969	0,969
01/05/2013 3:20:25 Cms	Energía activa										23,14 kWh	23,14 kWh	23,14 kWh
01/05/2013 3:20:25 Cms	Energía Reactiva										5,001 kVARh	5,001 kVARh	5,301 kVARh
01/05/2013 3:20:29 Cms	Tensión	205,417 V	205,417 V	206,417 V	205,85 V	205,85 V	205,85 V	205,039 V	206,039 V	206,039 v			
01/05/2013 3:20:29 Cms	Corriente	70,909 A	70,909 A	70,909 A	60,6 A	60,6 A	60,6 a	62,355 A	62,355 a	62,355 A			
01/05/2013 3:20:29 Cms	Frecuencia	59,57 Hz	59,37 Hz	59,97 Hz									
01/05/2013 3:20:29 Cms	Potencia Activa										25,45 kW	25,45 kW	25,45 kW
01/05/2013 3:20:29 Cms	Potencia Reactiva										5,241 kVAR	5,241 kVAR	5,741 kVAR
01/05/2013 3:20:29 Cms	Potencia Aparente										25,724 kVA	25,724 kVA	25,724 kVA
01/05/2013 3:20:29 Cms	Factor de Potencia										0,977	0,977	0,977

Con los datos medidos que se indican en la tabla anterior, se calculó la desviación de tensión, aplicando la ecuación:

$$D \% = \frac{\exists (V \acute{a}x - V \acute{m}n)}{V \text{ 1} + V \text{ 2} + V \text{ 3}} * 100\% \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

DT: Desviación de Tensión

V<sub>máx</sub>: Tensión máxima

V<sub>mín</sub>: Tensión mínima

VL1, VL2, VL3: Tensiones en cada una de las líneas

Aplicando la ecuación 4.1, y considerando los valores medidos, se determinó el valor de desbalance de cada una de las líneas.

Tabla 4.10. Valores calculados del desbalance de las líneas

Línea	V <sub>máx</sub> (V)	V <sub>mín</sub> (V)	%DT (calculado)
L12	206,76	206,417	0,6%
L23	206,216	205,85	0,56%
L31	206,559	206,039	0,59%

La norma IEEE 1159-1995, establece como un fenómeno de carácter estable, cuyos límites de desviación de tensión se encuentran normalmente entre un 0,5 y un 2%. Entonces, el valor obtenido de desbalance de tensión en las líneas, se considera que se encuentra dentro de los límites y es estable.

Desde el punto de vista energético el desbalance de tensión solamente, tal y como lo definen las normas, no permite analizar cuánta potencia o energía se transmite por la presencia del desbalance, siendo necesario para este propósito analizar si existe desbalance de corriente.

#### 4.6.1. Comportamiento de la corriente en cada una de las líneas del tablero de distribución

En la figura 4.6, se observa el comportamiento de la corriente consumida por las cargas instaladas en cada una de las líneas de tensión, durante un día.

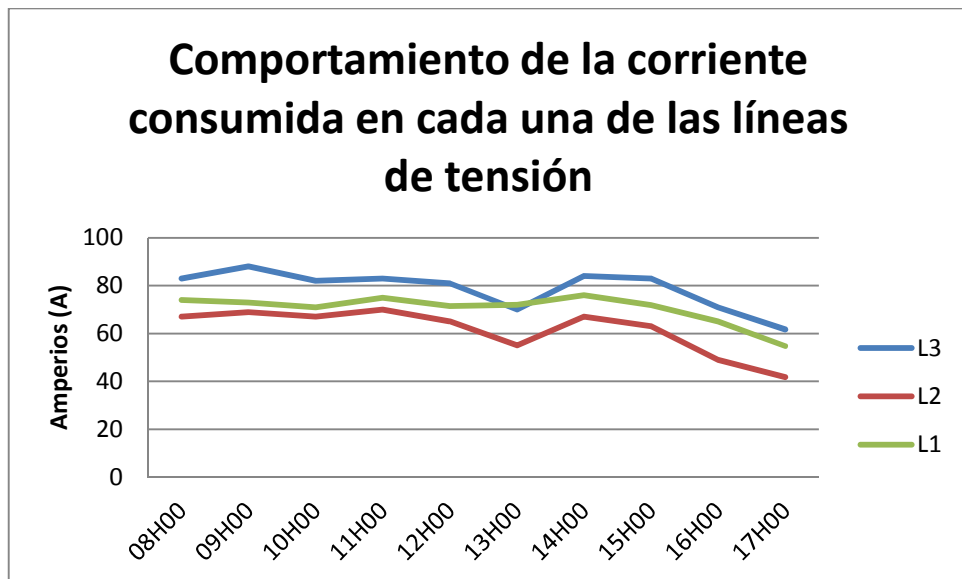


Figura 4.11 Comportamiento de la corriente consumida en cada una de las líneas de tensión

Las tres líneas no están equilibradas existe una asimetría entre la líneas, el consumo de corriente es más alto en L3, lo que indica que está sobrecargada con respecto a las otras. Esto se puede deber a que no existe un estudio y análisis de las cargas que se van instalando a cada fase, la instalación de equipos en los laboratorios, oficinas y aulas, no se realiza de forma técnica y ordenada.

Los resultados de las mediciones, indican que no hay consumo de potencia reactiva pero la potencia no está bien equilibrada entre las fases. El consumo de energía en una de las fases es menor con respecto a las otras dos, este hecho se debe a la diferencia en las impedancias de las cargas instaladas en el Instituto.

Frente a esta situación se procedió a realizar un análisis de pérdidas con carga en el transformador, que se explica a continuación:

#### 4.6.2. Cálculo de los gastos anuales por pérdidas de energía con carga en el transformador de 440/220 V del ITSA

La energía disipada por las pérdidas en el hierro y en el cobre dependen de la curva de carga del transformador y se estiman para un año empleando la ecuación:

$$\Delta E = \Delta P_{sc} * H + \Delta P_{cc} * \left(\frac{S}{S_m}\right)^2 * T \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde:

E = Pérdidas de energía en kWh.

P<sub>sc</sub> = Pérdidas sin carga

P<sub>cc</sub> = Pérdidas referidas en cortocircuito

S<sub>m</sub> = Carga máxima del transformador.

S = Carga real del transformador en kVA.

H = Número horas diarias conectado el transformador.

T = Número de horas en el año en que funciona el transformador

Considerando que el transformador trabaja 8 horas diarias durante 240 días al año, se estableció que el transformador funciona 8760 horas.

Utilizando el software IPA, se simuló el comportamiento de cargas en el sistema eléctrico del Instituto y se determinó los valores de las pérdidas y la carga máxima del transformador, que se indican a continuación:

P<sub>sc</sub> = 1,076 KW

$$P_{cc} = 8,544 \text{ KW}$$

$$S_m = 197 \text{ KVA}$$

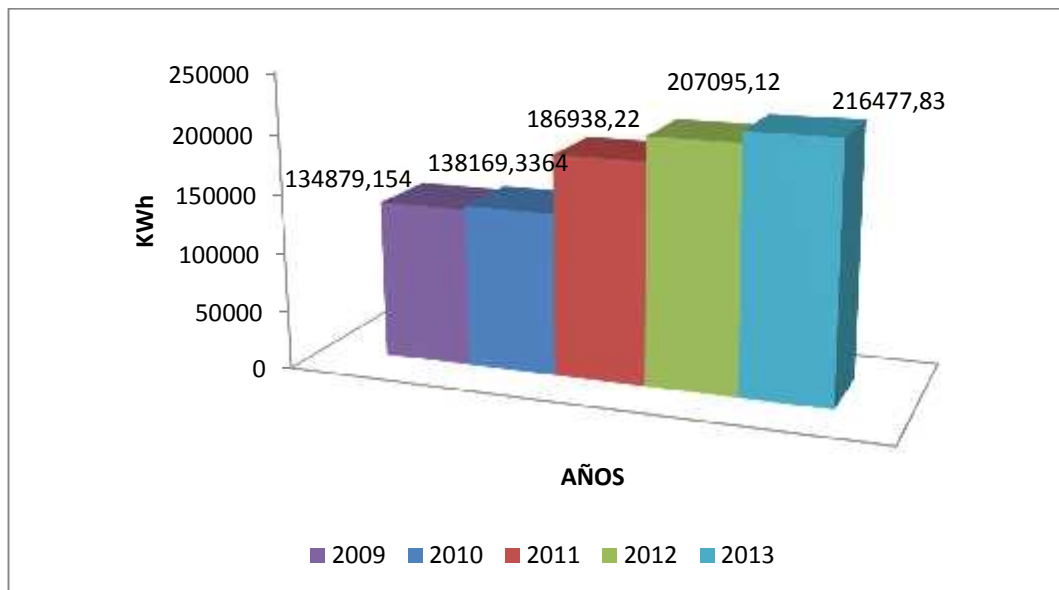
Sustituyendo estos valores en la ecuación 4.2, se determinó que la pérdida de energía en el transformador es:

$$\Delta E = 16787,43 \text{ k h/Año}$$

Actualmente el costo del kWh es \$ 0,05, se determinó que anualmente el gasto energético en el transformador representa \$839,37 por año.

#### 4.6.3. Comportamiento del Consumo de Electricidad

En la figura 4.7, se refleja cuáles han sido los consumos anuales de la electricidad en el periodo 2009 hasta el 2013.



**Figura 4.12 Comportamiento del consumo anual de la Electricidad**

De acuerdo a la figura 4.7, en el periodo 2009-2013, existe un incremento por año del consumo. El incremento del consumo eléctrico en el 2011-2013, se debe a que en estos años se implementaron los laboratorios de Máquinas Eléctricas y Control Industrial, Aviónica e Instrumentación

además, se construyeron y pusieron en funcionamiento, 4 aulas para las carreras de Ciencias de la Seguridad y Logística respectivamente.

#### 4.6.4. Gráfico de Control

El objetivo del uso de este gráfico dentro del sistema de GTEE es determinar si los consumos y costos energéticos tienen un comportamiento estable o un comportamiento anómalo.

Para los años en estudio se determinó el gráfico de control que se indica a continuación:

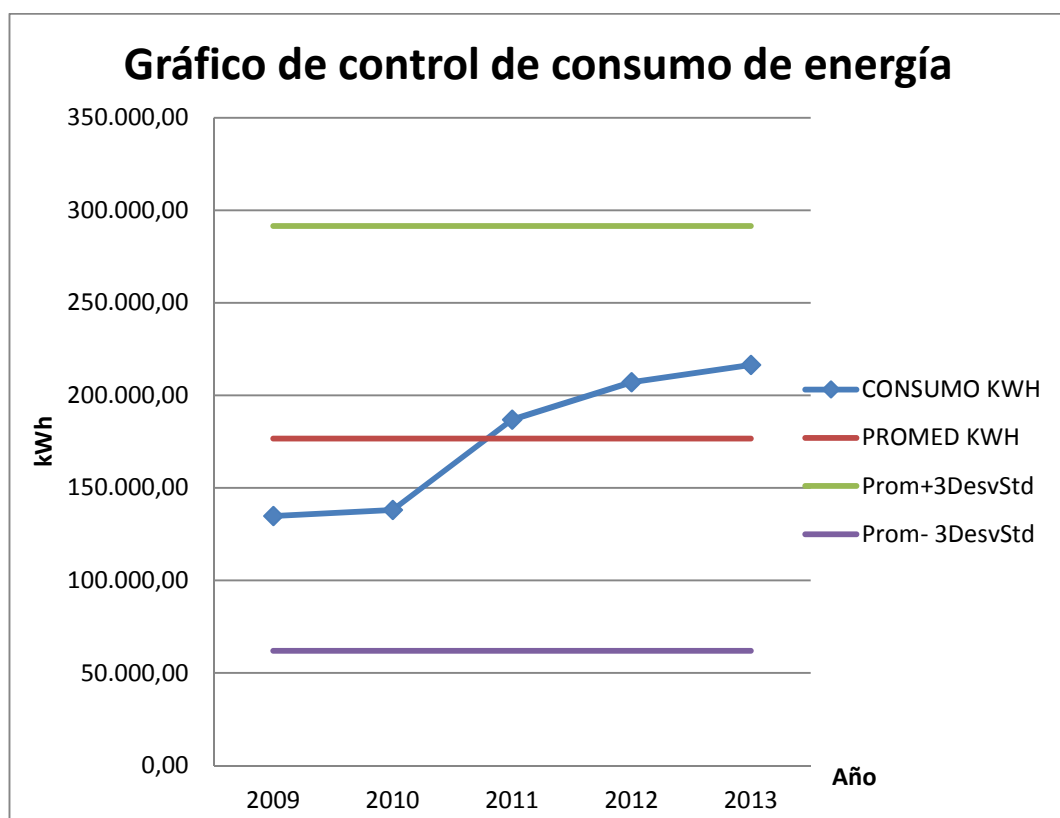
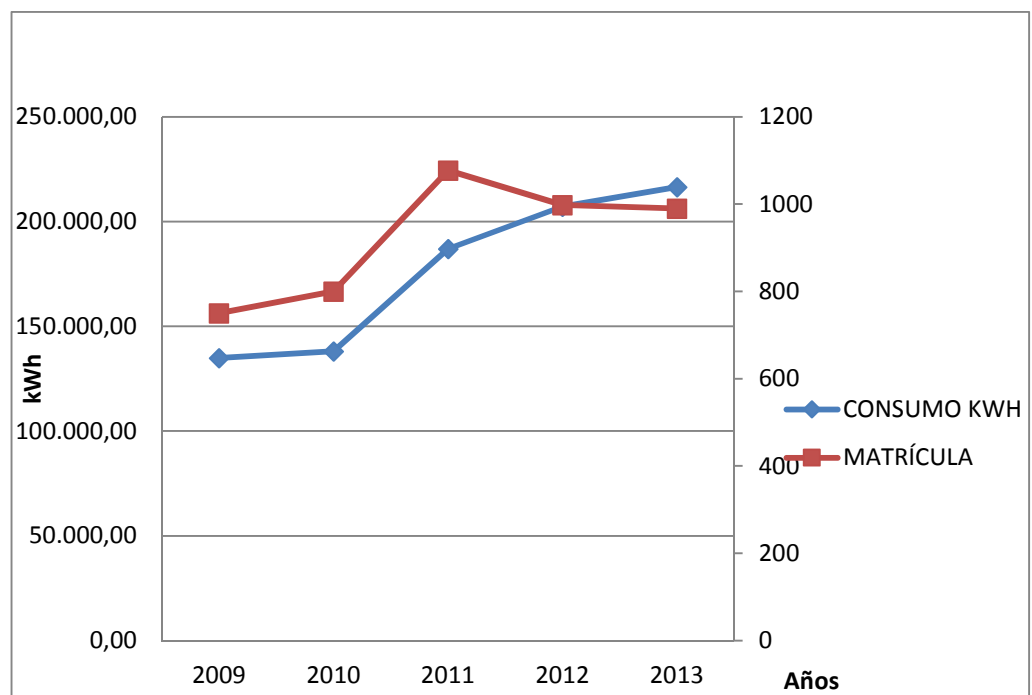


Figura 4.13 Gráfico de control de consumo de energía 2009-2013

De acuerdo a la figura 4.13, el sistema energético en todos los años no es anómalo, los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se

sitúan dentro de los límites superior e inferior, entonces las variaciones presentadas en cada uno de los años, proceden de causas aleatorias y el comportamiento del consumo de energía es estable.

#### 4.6.5. Gráfico de Consumo y Número de estudiantes matriculados en el Tiempo (E – Matrícula Equivalente vs. T)

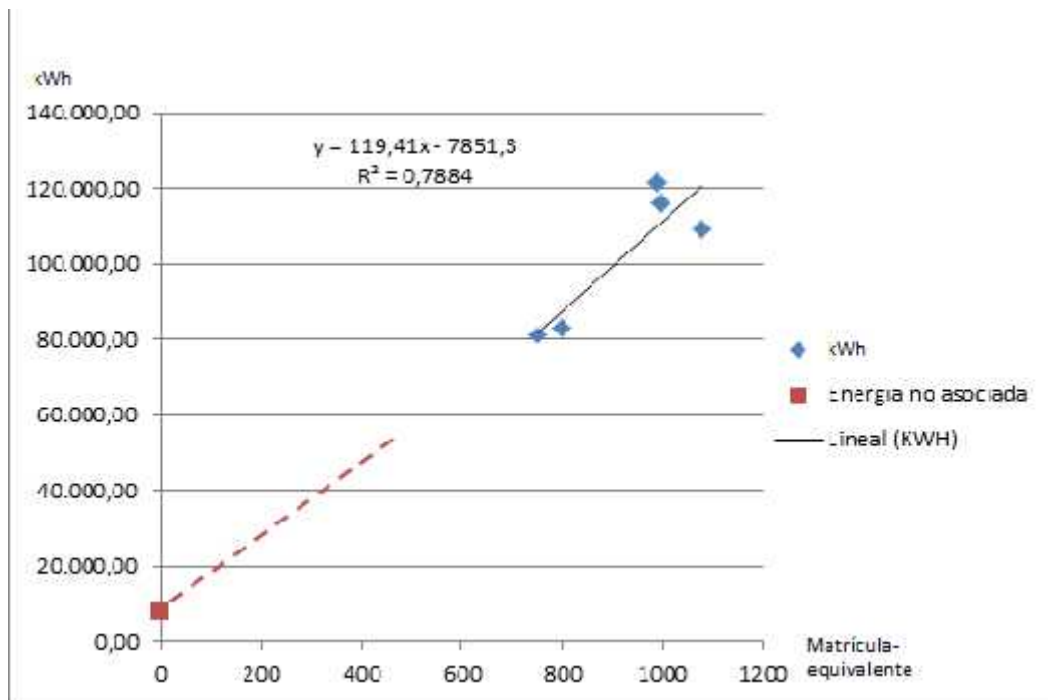


**Figura 4.14 Gráfico de consumo y matrícula equivalente**

En la figura 4.14, se observa el crecimiento de estudiantes hasta el 2011 y a la par el crecimiento del consumo de energía. En el 2012 el número de estudiantes disminuye pero el consumo eléctrico aumenta, puede deberse en parte a afectaciones que existieron en el servicio eléctrico, por el uso de sopletes eléctricos que se utilizaron en el mantenimiento de pintura que se realizó en estos años, en el edificio del Instituto.

#### 4.6.6. Diagrama de dispersión

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso.<sup>5</sup>



**Figura 4.15. Diagrama de Dispersión**

Con los valores obtenidos se calculó el porcentaje de la energía no asociada ( $E_m$ ) directamente, al nivel de matrícula:

$$E_m = \frac{E_n}{E} * 100\% \quad \text{Ecuación 4.4}$$

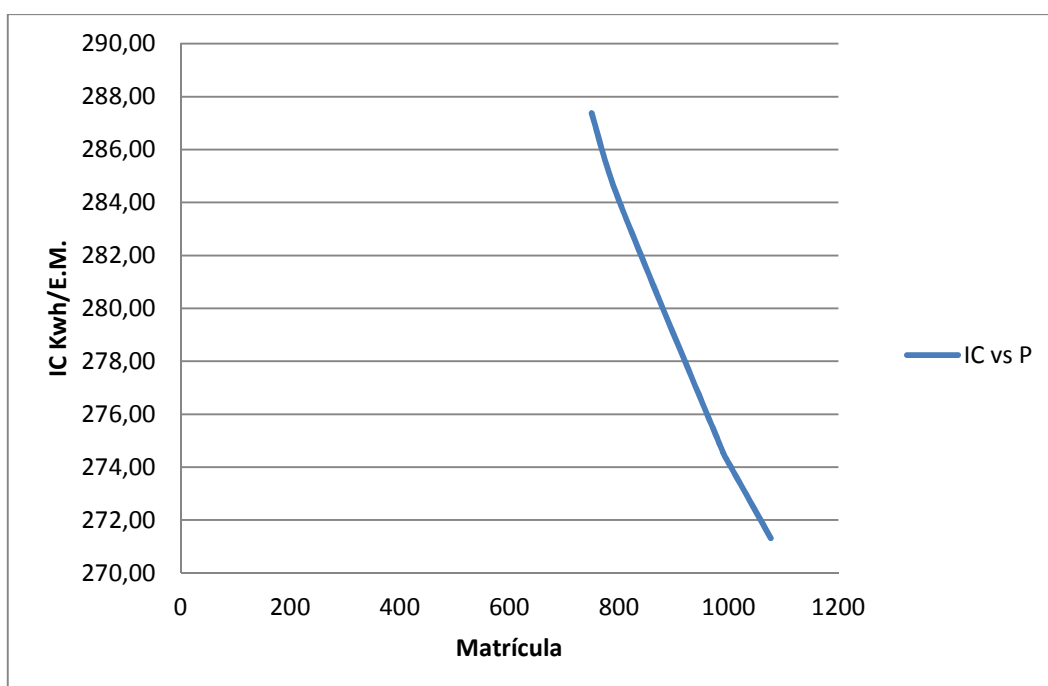
Donde:

**$E_m$**  es el valor del consumo medio de energía determinado como el valor de la línea central del gráfico de control de consumo del portador energético correspondiente.

<sup>5</sup> DIAGNÓSTICO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA, MSc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez , MSc. Ing. Reineris Montero Laurencio

Calculando se obtuvo un valor de 6,82%, lo que indica que es bajo y esto puede corresponder al trabajo en vacío de equipos en los laboratorios, iluminación de plantas, energía usada en servicios de mantenimiento, etc.

En los datos indicados en la figura 4.13, también se observa que  $R^2 > 0.75$ , indica que se puede considerar apropiada la correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión, y por tanto, el índice de consumo formado por el cociente entre ellos refleja adecuada la eficiencia energética en la institución, es decir que el consumo de energía por cada estudiante corresponde con lo que está establecido.



**Figura 4.16 Índice de Consumo vs Matrícula Equivalente**

La figura 4.16, muestra cómo el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la matrícula realizada. En la medida que la matrícula se reduce disminuye el consumo total de energía, pero el gasto energético por estudiante aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la

energía no asociada a la matrícula respecto a la energía productiva. Si el número de estudiantes matriculados aumenta, por el contrario, el gasto por cada alumno disminuye, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación.

En la figura 4.16 también se puede observar que existe un punto donde comienza a elevarse significativamente el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se puede denominar punto crítico. El número de estudiantes matriculados por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo; sin embargo, por debajo del punto crítico éste se incrementa rápidamente.

#### **4.7. ANÁLISIS DE LA CARGA INSTALADA (ILUMINACIÓN Y EQUIPOS ELÉCTRICOS INSTALADOS) EN EL ITSA**

El levantamiento realizado en los diferentes áreas del Instituto (Anexo 2), indican los diferentes tipos de consumidores de energía eléctrica así como la carga instalada en cada uno de ellos.

En el Instituto la iluminación está formada mayoritariamente por lámparas fluorescentes compactas (1800 lámparas de 40W), lámparas de incandescencia halógena (20 lámparas), lámparas halógenas (10) y balastos electromagnéticos (7,8W) que representan el 83 % de la demanda total de energía eléctrica. Los equipos de los laboratorios, computadoras, radios, LCD, representan el 8 %, y otros como las bombas y motores de la cisterna y los balastos electromecánicos representan el 9 %.

Tabla 4.11. Distribución de consumo energético en el ITSA

AÑO	Iluminación	Equipos	Otros	Total
2013	kWh	kWh	kWh	kWh
Electricidad	199.941	20.555	21.648	242.144
GLP				
<b>Total</b>	<b>199.941</b>	<b>20.555</b>	<b>21.648</b>	<b>242.144</b>
	83%	8%	9%	100%

El área con mayor consumo energético, constituye la biblioteca, ya que las lámparas permanecen encendidas 15 horas diarias, con un total de 70 lámparas fluorescentes, con sus respectivos balastos.

Otras de las áreas de mayor consumo son los departamentos de Carreras, Oficina de Idiomas, Pasillo de oficinas, Logístico, Recursos Humanos, Finanzas y Rectorado y oficinas de la ETFA, cuyas lámparas pasan encendidas ocho horas diarias.

#### **4.7.1. Análisis del comportamiento de los motores y las bombas de agua de la cisterna**

El suministro de agua al Instituto se realiza a través de una cisterna, mediante dos bombas tipo CR16-30 modelo A9239 y dos motores clase B, como se observa en la fotografía 4.1.



**Fotografía 4.1. Bombas de la cisterna**

Las características técnicas de los motores asincrónicos, se especifican en la figura 4.17.

GRUNDFOS			
SPEL:	1/3115X/615	SER:	F592
FRAME:	215 TC	OP:	
HP:	7 1/2		
VCLTS:	208 230/460		
AMPS:	20 - 29/9,1		
RPM:	3450		
Hz:	50	PH 3	CLASS B
SER:	F 1,15	DES B	CODE J
RATING:	400C AMB - CONT		
CAI NO:	H4/00015		
FULL LOAD:	84%	PF:	87%
TROQUE:	14,8 NM		

**Figura 4.17. Características Técnicas de los Motores de la cisterna del ITSA**

Para determinar si existe desbalance de voltaje de línea en los motores de la bomba de agua del ITSA, se procedió a medir los voltajes de cada

una de las líneas, con la utilización de un analizador de calidad eléctrica Fluke 41B, no sin antes asegurarse de que todas las conexiones estén bien hechas.

Los datos obtenidos tanto de voltaje como de corriente se registraron en la tabla 4.12 que se indica a continuación:

**Tabla 4.12. Mediciones de los motores de la cisterna**

PARÁMETRO	LÍNEA 1-2		LÍNEA 2-3		LÍNEA 1-3	
	V1	I1	V2	I2	V3	I3
<b>RMS</b>	208 V	13,3 A	207 V	12,8	206 V	13,26 A
<b>PK</b>	298 V	18,8 A	295 V	19,4	294 V	18,8 A
<b>ADC</b>	0	0,2	0	0,2	0	0,01
<b>%TDH</b>	1,2 %	5 %	1,3%	4,2 %	1,2 %	4 %
<b>CF</b>		1,39		1,42		1,41

Los voltajes de cada una de las líneas son 208, 207, 206 voltios, respectivamente. Entonces, la tensión media de las tres se encuentra sumando los voltajes y dividiendo por tres. El resultado es 207 voltios promedio. A continuación, se calculó la máxima diferencia o desviación entre las tensiones, en este caso es 1 voltio.

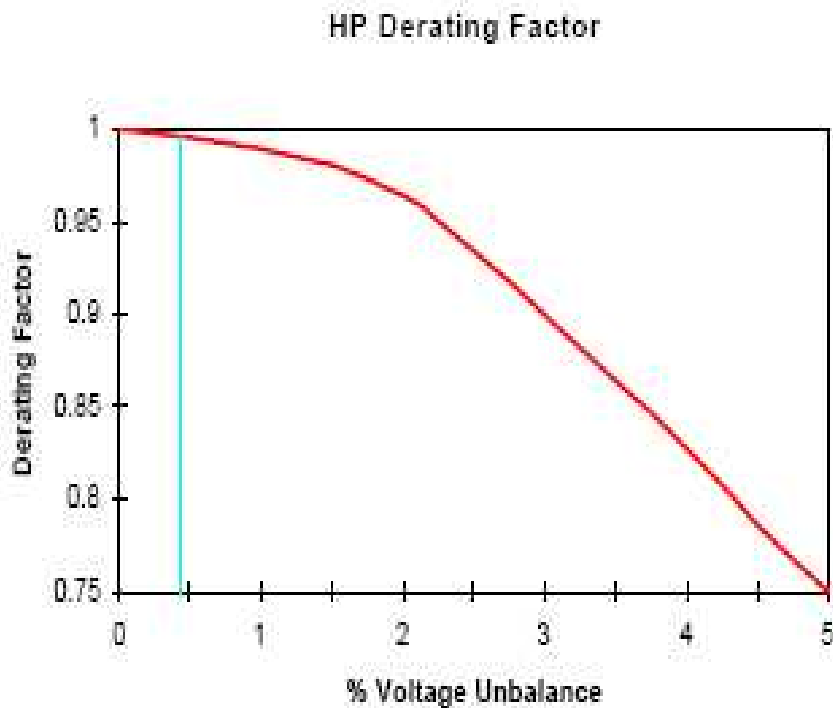
$$\%Desb_{LÍNEA} = \frac{Max[|V_{AB} - V_{PROM}|; |V_{BC} - V_{PROM}|; |V_{CA} - V_{PROM}|]}{V_{PROM}} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$V_{PROM} = \frac{V_{AB} + V_{BC} + V_{CA}}{3}$$

$$\%Desb_{LÍNEA} = 0,48309179 \%$$

De acuerdo al cálculo, el valor del desequilibrio es 0,48%, lo que indica que no existe desbalance en la línea, de acuerdo a lo que establece la norma IEEE 1159-1995.

Con el valor de desbalance calculado se representó en la curva de depreciación de la figura 4.18, establecida por la norma NEMA, y permitió visualizar que no existe depreciación de potencia o pérdida de la potencia útil del motor.



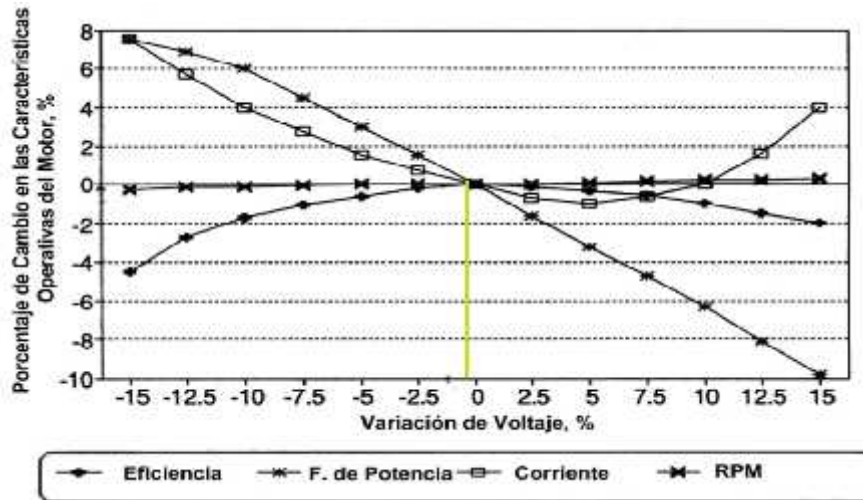
**Figura 4.18. Curva de depreciación**

Para determinar la variación de voltaje se utilizó la ecuación:

$$V \text{ ó } d V \quad (\%) = \left[ \frac{V}{V} \frac{P}{N_1} \frac{M}{M} - 1 \right] * 100\% \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Sustituyendo los valores del voltaje promedio calculado en la sección anterior (207V) y el voltaje nominal observado en la placa del motor (208V), la variación de voltaje es -0,48% y representando en la curva de

variación del comportamiento de un motor se determinó que no existe cambio en las características operativas del motor.



**Figura 4.19. Curva de variación del comportamiento del motor**

Con la ayuda del analizador de calidad eléctrica Fluke 41B, se visualizó que la única armónica presente es la tercera y quinta pero con una amplitud muy baja, como se observa en la fotografía:



**Fotografía 4.2. Armónicos en el encendido de la cisterna**

Como no existe desbalance, se procedió a medir la potencia trifásica, uno de los parámetros medidos es el factor de potencia cuyo valor es 0,91, lo que explica que no se está suministrando una cantidad adicional de potencia aparente inútil.

KW	4,58
KVA	5
PF	0,91
KVAR	2,18

Con los datos obtenidos se calculó el factor de carga, aplicando la siguiente ecuación:

$$F d c_l = \frac{P e e m (K)}{P s m n t \frac{K}{\eta}} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$F d c_l = \frac{4,458}{5,6/0,84} = 0,687$$

El factor de carga es del 68,7%

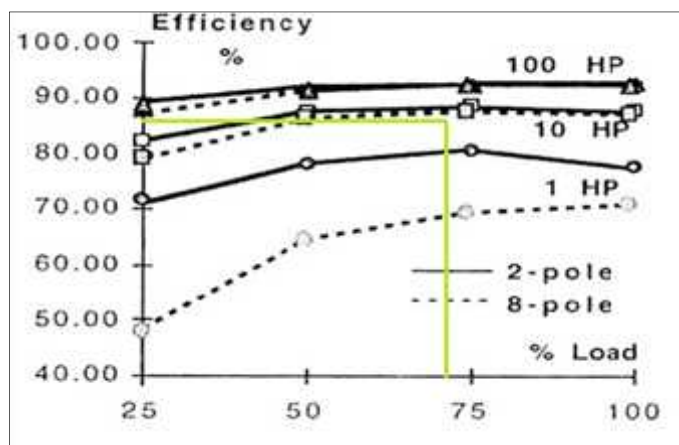


Figura 4.20. Curva de la eficiencia del motor

Representando este valor en la curva de la eficiencia del motor, se determina que la eficiencia del motor es aproximadamente 85%.

#### 4.7.2. Datos obtenidos a través de un estudio realizado a la bomba de agua

Datos de la cisterna:

Ancho = 6,80 m.

Largo = 10,0 m

Área cisterna = 66,8 m<sup>2</sup>

El tiempo de bombeo en el ITSA es de 8,5 horas por día y sabiendo que la bomba es de 4,5 kW, esto representa un consumo de energía en el día de 38,25 kWh. Se realizaron varias mediciones en diferentes intervalos de tiempo y se comprobó que en una hora de bombeo el agua en la cisterna disminuye una altura de 0.1 m, y teniendo el área de la cisterna se obtuvo un caudal de 6,68 m<sup>3</sup>, y en un día se bombea 56,78 m<sup>3</sup>/h de agua.

#### 4.7.3. Análisis de la eficiencia de la bomba

Para hacer un buen análisis de la eficiencia de la bomba se necesita la curva característica de trabajo, pero como no se pudo medir por falta de un flujómetro y se analizó la bomba estableciendo una comparación con los datos nominales de la bomba y los datos reales:

Tabla 4.13. Datos nominales y reales de la bomba

Datos nominales de la bomba	Datos reales
Ho= 10 m	H = 8 m
Qmax = 40 m <sup>3</sup> /h	Q= 56,78 m <sup>3</sup> /h
P = 5,75 Hp	P= 10,1 Hp
= 60%	

Donde:

Q: Caudal

P: Potencia de la bomba

H0: Altura máxima de bombeo.

: Rendimiento

Como se observa en las condiciones reales de la bomba existe un caudal inferior y un consumo superior de energía en un 56,93% en comparación con el valor nominal, esto se debe al envejecimiento de la bomba, mal estado técnico de las tuberías y rodamientos, fugas en los puntos de consumo, entre otras.

#### 4.8. Análisis medio-ambiental

De acuerdo al comportamiento diario del consumo establecido en la figura 4.19, se calculó la emisión de CO<sub>2</sub> diaria. Si el consumo por día es 546KWh, representa una emisión de CO<sub>2</sub> de 184 Kg por día.

Considerando los portadores energéticos (electricidad y GLP), las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> es de 76687 Kg, como se indica en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales por consumo energético

AÑO	Emisiones CO <sub>2</sub>
2013	kg
Electricidad	74.252
GLP	2.435
Total	76.687

## **4.9. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **4.9.1. Hipótesis estadísticas**

**Hipótesis Nula (Ho):** “El elevado consumo de los portadores de energía eléctrica no incide en el ahorro energético”.

**Hipótesis Alternativa (H1):** “El elevado consumo de los portadores de energía eléctrica incide en el ahorro energético”.

**Estimador Estadístico:** Tomando en consideración el aspecto de fondo del problema, el cual es el elevado consumo del portador de energía eléctrica. Se dispone de información proporcionada por personal docente, administrativo, servicios generales y estudiantes de las carreras del ITSA. Es así que el análisis de los resultados estadísticos permite detectar si en la investigación realizada se alcanzó los objetivos planteados. Por esto se aplicó la técnica conocida como Chi cuadrado que permite determinar si el conjunto de frecuencias observadas se ajustan al conjunto de frecuencias esperadas.

**Selección del estadístico:** Se elabora una tabla de contingencia entre las preguntas expresadas en la encuesta al personal del ITSA con el estadístico CHI-CUADRADO.

**Nivel de significación:**

**Nivel de riesgo =0,05 (5 %)**

**Nivel de confianza = 0,95 (95%)**

**Regla de decisión:** Si Chi-calculado es mayor que chi-tabulado, se rechaza  $H_0$  se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, si ocurre lo contrario no se puede rechazar la hipótesis nula, lo cual no significa que se va a aceptar, significa que no se puede rechazar.

**TABLA 4.15. FRECUENCIA OBSERVADA**

PREGUNTAS	ALTERNATIVAS		TOTAL
	SI	NO	
PREGUNTA 1	70	17	87
PREGUNTA 2	5	62	67
PREGUNTA 3	10	77	87
PREGUNTA 4	80	7	87
PREGUNTA 5	65	22	87
TOTAL	230	185	415

**CÁLCULO ESTADÍSTICO****TABLA 4.16. FRECUENCIA ESPERADA**

PREGUNTAS	ALTERNATIVAS	
	SI	NO
PREGUNTA 1	48,22	38,78
PREGUNTA 2	37,13	29,87
PREGUNTA 3	48,22	38,78
PREGUNTA 4	48,22	38,78
PREGUNTA 5	48,22	38,78
TOTAL	230	185

**Valor Chi cuadrado= 7,69294E-45**

**p<0,05**

Con un nivel de confianza del 95% se rechaza la hipótesis nula es decir se rechaza que las dos variables son independientes y se acepta la hipótesis alternativa puesto que las dos variables están relacionadas.

## 4.10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Queda demostrado que la falta de una política energética adecuada en el edificio del Instituto, incide en el alto consumo de energía, por lo que el diseño de un Sistema de Gestión Energético en el ITSA, permitirá lograr la eficiencia energética y reducción de costos por este concepto.
- Se indagó información científica que permitió apoyar el desarrollo de la presente investigación, mediante la exploración de diferentes fuentes bibliográficas.
- Con el diagnóstico energético, en el edificio central del ITSA, el principal problema energético es la iluminación cambiando este sistema por uno más eficiente usando lámparas fluorescentes eficientes, detectores de presencia, se mejoraría en un 63%, el consumo de energía.
- La principal área con oportunidad de ahorro es la biblioteca, seguido por los departamentos de Carrera, Logística, Finanzas, Rectorado y oficinas de la ETFA.
- En el transformador que alimenta al edificio del Instituto presenta pérdidas de energía, que a la larga son costos, que se reflejan en el pago de las facturas del Instituto, que se están originando por estar sobredimensionado y representa un costo adicional de \$839,37, anuales.
- Técnica y económicamente el diseño de un sistema de gestión de energía en el edificio central del ITSA, es factible, el VAN tiene un valor de \$ 9628, es mayor que cero e indica que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad, en un periodo de recuperación de aproximadamente 3 años.

- Se obtuvo el modelo que relaciona el consumo de energía con matrícula equivalente. Esto permitió realizar la planificación de ahorro de la energía.

## **RECOMENDACIONES**

- Se pone en consideración del señor Rector del Instituto el presente trabajo, y se recomienda que la implementación de la propuesta del sistema de gestión energética sea considerada, con el fin de mejorar la eficiencia energética en el Instituto, considerando que su inversión se recuperará en aproximadamente tres años.
- Realizar un análisis técnico y reubicar las cargas instaladas en el edificio central del instituto, y equilibrar cada una de las líneas del tablero de distribución.
- El transformador que alimenta al edificio está sobredimensionado, por lo que se debe considerar en sustituir por uno nuevo conforme al diagnóstico realizado en el presente trabajo.
- Evaluar la sustitución del Sistema de Abastecimiento de Agua, a través de la colocación de un tanque elevado, lo que permitiría reducir el número de veces de encendido de la bomba de agua.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **5. PRESENTACIÓN**

La problemática energética mundial por el uso irracional de los recursos tanto renovables como no renovables, se debe principalmente a la falta de implementación de verdaderas políticas de gestión energética en las empresas llevándolas a algunas inclusive a la quiebra por no racionalizar el uso de la energía optimizando técnicamente cada uno de los procesos en las mismas.

La gran mayoría de instituciones en el Ecuador no cuentan con un Sistema de Gestión Energética que permita reducir los costos de las planillas de consumo eléctrico y se limitan únicamente a creer equivocadamente que la única forma de reducirlas son con tibias campañas de concienciación sobre el uso racional de energía y nada más, estando estas sin ninguna fundamentación y peor aún seguimiento, continuando con la ineficiencia energética característica principal tanto de instituciones públicas como privadas.

La investigación realizada considera aspectos importantísimos para la reducción del consumo energético dentro del edificio central del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y considera la imperiosa necesidad de implantar un Sistema de Gestión Energética que involucre a toda la comunidad aeronáutica en general, con deberes y obligaciones, por medio de un plan de administración, la institución regirá los destinos de la misma en lo referente a esta área, convirtiéndose en algo obligatorio para las personas que conforman esta institución.

La investigadora consciente en la necesidad de elevar la eficiencia energética en el Instituto presenta esta propuesta que tiene enfoque

técnico-administrativo, cuyo punto de partida son las conclusiones de la investigación, fundamentándose en el marco teórico hasta llegar a una propuesta completa.

Es importante anotar que la propuesta tiene dos enfoques, uno técnico que presenta soluciones generales al problema energético dentro del Instituto, y el enfoque más importante que es el administrativo por medio del Plan de Administración Energética y de Mantenimiento que en la implementación del mismo dentro de la institución le permitirá el manejo de los recursos energéticos y por ende los recursos económicos ahorrados contribuirán al desarrollo institucional.

### **5.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA**

*Diseño de un Sistema de Gestión Energética para el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la ciudad de Latacunga.*

### **5.2. JUSTIFICACIÓN**

*El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, invierte alrededor de once mil dólares por año en energía y los costos han ido aumentando. Estos gastos energéticos consumen recursos que deben ser utilizados para fines académicos productivos.*

*En este campo como en otros, es obligación del Instituto no solo mejorar su propia eficiencia energética, sino además, asumir el liderazgo para lograr una mayor eficiencia en el consumo de energía.*

*La propuesta incluye un Sistema de Gestión Energética como principal solución al problema energético, dentro de la institución, ya que cualquier medida o cambio técnico no podría ser implementado sin primero tomar medidas administrativas que estén bien consolidadas.*

*Se considera de mucha importancia, presentar la propuesta técnico-administrativa para que las autoridades del Instituto tomen consciencia del problema y se encaminen por esta propuesta como algo real; que llevará a la institución al mejoramiento continuo especialmente en el aspecto energético*

### **5.3. OBJETIVO**

*Proponer la aplicación de medidas técnico-administrativas generales a través de un Sistema de Gestión de Energía, que permita reducir el consumo de energía, mejorando la eficiencia energética en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.*

### **5.4. FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE LA PROPUESTA**

La presente propuesta reúne todas las condiciones para que se lleve a cabo; cuenta con el respaldo necesario que se resume en los siguientes aspectos.

#### **5.4.1. Aspecto Administrativo**

Las autoridades del Instituto apoyan constantemente a toda actividad tendiente a mejorar la eficiencia energética dentro de la institución.

*La reducción del consumo energético en el Instituto, permitirá ahorrar recursos económicos con los cuales se podrá contar para resolver otras necesidades institucionales como por ejemplo la implementación de laboratorios para las diferentes especialidades que oferta la institución.*

#### **5.4.2. Aspecto Técnico**

Las soluciones técnicas generales propuestas, una vez implementadas mostrarán resultados inmediatos.

*Una vez implementado el Sistema de Gestión Energética en el Instituto cualquier solución técnica que sea implementada con una planificación ágil, aportará en el mejoramiento energético y por ende en el ámbito económico de la institución.*

## **5.5. IMPACTO DE LA PROPUESTA**

Una vez que se implemente el Sistema de Gestión Energética en el Instituto, los resultados en lo referente al tema, podrán ser observados a mediano y largo plazo de acuerdo a la agilidad que tenga el Departamento Logístico, aunque el plan de gestión energética que se plantea en la propuesta obliga a todas las autoridades a colaborar en varios aspectos para poder ser eficientes en el ámbito energético y por ende disponer con los recursos económicos ahorrados por la institución debido a una correcta administración energética poniendo énfasis en el mantenimiento.

## **5.6. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA**

### **5.6.1. Introducción**

La propuesta de mejoramiento energético que se plantea en esta investigación, para el Instituto está dividida en dos grupos que son:

- Propuestas en el aspecto técnico.
- Propuesta general en el aspecto administrativo.

Cabe indicar que la comprobación de la hipótesis en la investigación dio como resultado que el elevado consumo de los portadores de energía eléctrica incide en el ahorro energético, por lo que la propuesta de mayor importancia es la administrativa, ya que el personal encargado de la distribución de las cargas en cada uno de los pisos del edificio lo realiza sin ninguno estudio técnico previo; no existe ningún registro de mantenimiento del sistema eléctrico y de bombeo del agua, se compran

lámparas poco eficientes, entre otros problemas detectados en la investigación.

En la propuesta no se han descuidado aspectos técnicos importantes, pero estos no podrán ser aplicados en el Instituto, si no existe una administración adecuada de la energía y el mantenimiento, de ahí radica la importancia del plan de administración energética y mantenimiento, propuesto en la tesis.

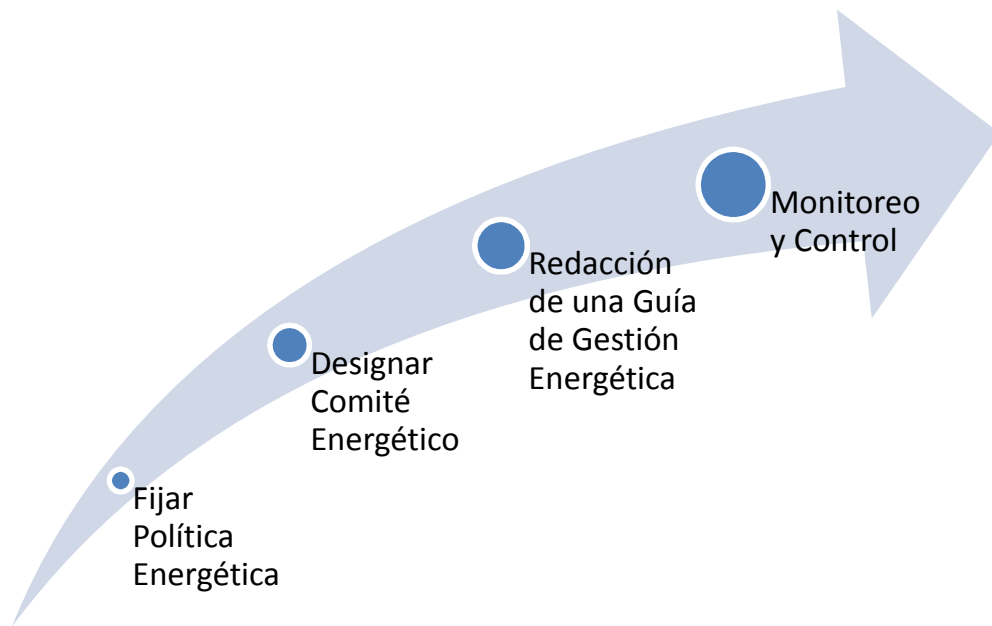
Los principales problemas técnicos detectados en el análisis de eficiencia fueron en los siguientes sistemas:

- Sistema de Iluminación
- Transformador
- Sistema de Bombeo.

La propuesta en el ámbito técnico recoge únicamente soluciones generales a los problemas de los sistemas anteriormente mencionados, no se puede profundizar en este campo ya que la investigación planteada como tal propone el sistema de gestión energética y mantenimiento como la solución más viable al problema energético del Instituto y cualquier situación técnica por más importante que esta sea, no podrá bajo ningún concepto ser implementada sin tener una gestión energética adecuada.

Los procedimientos para esta propuesta, se basan en lo que establece la norma ISO 50001, a fin de que apenas se entregue a la alta dirección del Instituto, se realicen los trámites correspondientes para que se ponga en aplicación.

La estructura de la propuesta de Implementación de un Sistema de Gestión Energética en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la ciudad de Latacunga, se estableció siguiendo la siguiente disposición:



**Figura 5.1 Implantación de un Sistema de Gestión Energética**

## **5.6.2. Política Energética**

### **5.6.2.1. Antecedentes**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, es una Institución de Educación Superior, sin fines de lucro, con domicilio en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga.

Se rige por las normas de ordenamiento jurídico ecuatoriano, particularmente por la Constitución Política, la Ley Orgánica de Educación Superior, Reglamento General de los Institutos Superiores, Reglamento de Régimen Académico, Estatuto y Reglamentos internos.

### **5.6.2.2. Política Energética del ITSA**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico dentro de sus actividades dedicadas a la formación de tecnólogos en el campo aeronáutico e industrial, considera como principios básicos de su gestión, la realización

de actividades con un alto nivel de eficiencia energética, que permita asegurar el menor consumo de energía posible.

- Instaurar un Sistema de Gestión Energética
- Cumplir con la legislación vigente en materia de energía, así como todos aquellos requisitos suscritos por el Instituto.
- Definir y revisar periódicamente los objetivos y metas establecidos para el cumplimiento continuo de esta política.
- Concienciar y sensibilizar al personal del ITSA respecto a la necesidad de alcanzar un alto nivel de eficiencia energética, mediante una correcta formación continua, para que participe y se comprometa activamente en la consecución y metas definidas.

Para conseguir de forma continua el cumplimiento de estos principios básicos, el ITSA se compromete a:

- Analizar los consumos energéticos, como base para la mejora de la eficiencia energética en los procesos y actividades realizadas.
- Transmitir con regularidad, el compromiso en términos de la calidad energética del ITSA, a docentes, estudiantes, personal administrativo y de servicios.
- El Instituto ampliará su enseñanza, investigación, participación pública y programas relacionados con la conservación de energía, producción y aplicación de energías renovables.

### **5.6.3. Comité Energético**

El Comité Energético estará integrado por el responsable de mantenimiento eléctrico, quién actuará como gestor energético y tres personas que serán designadas por la Dirección y serán responsables de

impulsar, dirigir y hacer un seguimiento de la implantación y ejecución del Sistema de Gestión Energética.

Las principales tareas del Comité Energético son:

- Representar a la Dirección en relación a eficiencia energética.
- Organizar la recolección de datos y análisis de información de los puntos que representen consumo energético alto.
- Controlar el suministro de energía
- Identificar las oportunidades de ahorro energético.
- Motivar el personal para seguir sus recomendaciones.

El Gestor Energético, con independencia de otras responsabilidades, debe tener autoridad definida para:

- Asegurar que el Sistema de Gestión Energética esté implantado y se mantenga actualizado, de acuerdo con los requisitos aplicables.
- Informar a la Dirección del funcionamiento del Sistema, incluyendo las necesidades para la mejora.
- Asegurar el conocimiento de los requisitos aplicables en todos los niveles de la organización

## **5.7. GUÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA**

### **5.7.1. Introducción**

Para una correcta gestión energética en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

## 5.7.2. Estrategias y medidas para el ahorro energético en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

Para reducir el coste de los consumos de energía se deben optimizar los dispositivos eléctricos instalados en el Instituto. En la tabla 5.1 se presentan algunas posibilidades de optimización de los componentes eléctricos:

Tabla 5.1. Posibilidades de optimización de los dispositivos eléctricos en el ITSA

SISTEMA/EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
<b>MOTORES ELÉCTRICOS</b>	Disminución de la potencia de arranque (mediante curva de arranque controlado por rampa)	Funcionamiento mediante variador de frecuencia	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste en la factura eléctrica	41,92%
<b>BOMBAS CIRCULACIÓN DE FLUIDOS</b>	Optimización del consumo eléctrico	Funcionamiento mediante variador de frecuencia	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica	41,92%
<b>ILUMINACIÓN</b>	Pasillos, baños, aulas. Reducción de tiempo de consumo	Incorporando detectores de presencia/temporizadores	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura	83%
<b>Encendido de equipos</b>	Disminución consumo	Enchufes programables	Reducción del coste de la factura	9%

La iluminación representa un elevado consumo eléctrico dentro del Instituto, es por ello que cualquier ahorro en el consumo eléctrico en iluminación tendrá una repercusión importante en los costes.

Se debe tomar prioridad en mejorar el consumo por concepto de iluminación en la biblioteca, mediante la implementación de lámparas fluorescentes eficientes, balastos electrónicos y detectores de presencia para cada área de la biblioteca. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento es primordial en el Instituto.

Los elementos básicos hacer considerados en esta remodelación son: lámparas de bajo consumo, fluorescentes eficientes, balastos electrónicos, interruptores temporales, detectores de presencia, entre otros, como se indica en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Ahorro potencial en el ITSA

<b>AHORROS POTENCIALES</b>						
	Ahorro energético anual	Ahorro energético anual	Ahorro económico anual	Inversión	PRS	Ahorro en emisiones
	[kWh]	[%]	[\$]	[\$]	[Años]	[kg CO <sub>2</sub> ]
<b>ILUMINACIÓN</b>						
<b>Medidas de ahorro</b>						
Lámparas de bajo consumo	122	0%	6	200	32,7	42
Halógenos eficientes	0	0%	0	0	-	0
Fluorescentes eficientes	39.838	20%	1.992	13.792	6,9	13.665
Balastos electrónicos	32.595	16%	1.630	3.600	2,2	11.180
Interruptores temporales	22.767	11%	1.138	216	0,2	7.809
Detector de presencia	87.297	44%	4.365	630	0,1	29.943
<b>Ahorro total</b>	<b>142.655</b>	<b>71%</b>	<b>7.133</b>	<b>18.438</b>	<b>2,6</b>	<b>48.931</b>
<b>EQUIPOS</b>						
<b>Medidas de ahorro</b>						
Enchufes programables	205	12%	10	8	0,7	70
Cambio de monitor en los ordenadores	0	0%	0	0	0,0	0
Equipos eficientes	0	0%	0	0	0,0	0
Ordenadores con Sistemas Energy Star	0	0%	0	0	0,0	0
<b>Ahorro total</b>	<b>205</b>	<b>12%</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>0,73</b>	<b>70</b>
<b>AHORRO TOTAL</b>	<b>142.860</b>	<b>83 %</b>	<b>7.143</b>	<b>18.446</b>	<b>2,6</b>	<b>49.001</b>

Es necesario usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.

Utilizar balastos electrónicos, permite ahorrar energía hasta un 10%, corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de las lámparas fluorescentes; se recomienda utilizar balastos electrónicos en cada una de las lámparas fluorescentes, ya que con ellos se elimina el zumbido y parpadeo de las lámparas, lo que produce la disminución de la fatiga.

Aprovechar la entrada de luz natural, en las aulas y laboratorios. En áreas como pasillos, laboratorios y bodegas, resulta aconsejable instalar reguladores de intensidad luminosa, conectados a detectores de presencia.

#### **5.7.2.1. Ahorro en el agua**

A pesar de que el agua no es un portador energético que represente un consumo alto en el Instituto, el consumo de agua debido a las pérdidas en la instalación deben ser eliminadas. Estas pérdidas, además de un mayor consumo de agua, provocan un mayor número de horas de funcionamiento de los equipos de bombeo, con el consiguiente incremento del gasto energético.

Para disminuir el consumo de agua en las diferentes instalaciones, se proponen las siguientes medidas:

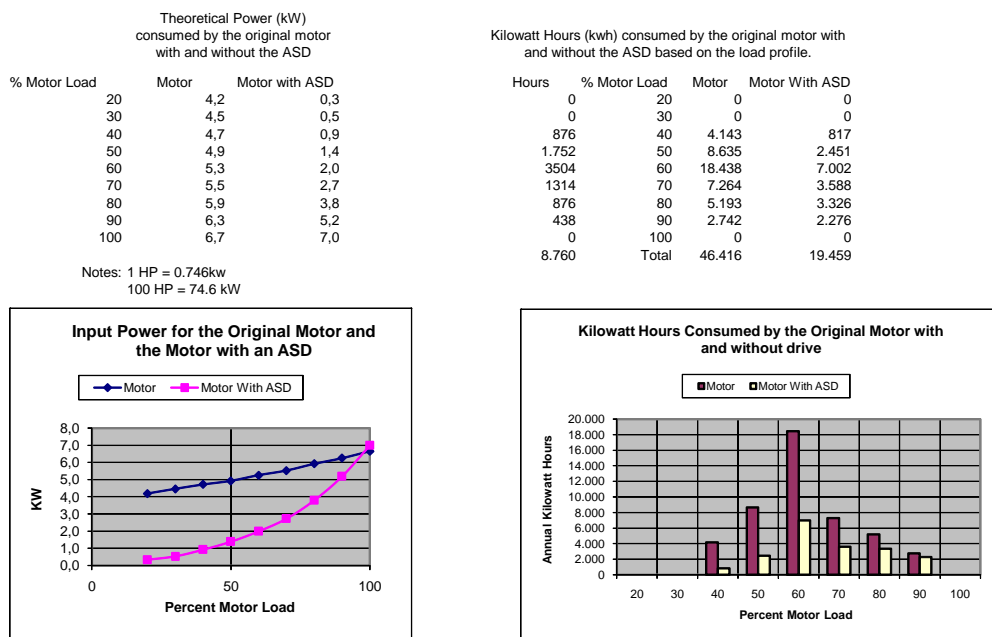
- Instalar grifos con sistemas de reducción de caudal sin merma del servicio, los cuales permiten reducciones de caudal entre 30% y 65%.
- El empleo del sistema WC Stop para cisternas, el cual economiza hasta 70% de agua, pudiendo utilizar toda la descarga de la cisterna si fuera necesario.

### 5.7.2.2. Ahorro en el bombeo del agua

El consumo eléctrico para el bombeo de agua puede llegar a ser una partida importante dentro del consumo energético del Instituto.

Es importante que se utilicen variadores de velocidad en los motores que conectan a las bombas de agua.

Los motores que se encuentran instalados en la cisterna, mediante un análisis realizado con el programa Baldor se llega a determinar que, con un tiempo de trabajo de 8760 horas, el consumo actual de 46.416 kWh, por lo que se propone utilizar variadores de velocidad, con estos dispositivos eléctricos, se disminuiría a 19.459 kWh, tal como se indica en figura 5.1.



**Figura 5.2. Valores simulados en el programa Baldor del motor asincrónico de la bomba con y sin variador de velocidad**

Mediante el uso de los variadores de velocidad en cada motor de la cisterna el ahorro estimado es del 41,92 % de la energía que actualmente

se consume en el bombeo de agua fría hacia los baños y lavabos del edificio del Instituto.

Otra opción para mejorar la eficiencia en los motores asíncronos es mediante la sustitución de los motores actuales por motores eficientes. Entre los motores que se podrían utilizar son:

### **5.7.2.3 Motor EFF1**

Como media, un motor EFF1 reduce las pérdidas de energía por encima del 40%. Esto significa que en el caso de muchas horas de utilización, por ejemplo 8760 h/año, en un motor de 5,6kW, se podrán ahorrar más de 5kWh al año o más de \$400 de la factura de electricidad (considerando 0.05\$/kWh).

La mejor calidad de los materiales incrementa normalmente la vida útil del motor.

El alto costo de compra de un motor EFF1 se recupera en un corto plazo de tiempo, comparado con la vida útil del motor eléctrico.

### **5.7.2.4. Motor EFF2**

Un motor EFF2 reduce las pérdidas de energía hasta un 20%, lo que significa que en el caso de utilización de 8760 h/año, un motor de 5,6kW, puede ahorrar 2,5kWh al año con un coste adicional mínimo.

La clase EFF2 garantiza una eficiencia satisfactoria con un sobre coste mínimo.

Sin embargo por los precios que representa comprar motores eficientes y variadores de velocidad, más económico resulta adquirir los variadores de velocidad.

### **5.7.3. Mantenimiento**

El mantenimiento es el conjunto de todos aquellos trabajos programados u ocasionales que sirven para conservar el funcionamiento de la instalación y las prestaciones de la misma.<sup>6</sup>

Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se producen consumos excesivos de energía, por ello se debe seguir el siguiente programa de mantenimiento.

## **5.8. Mantenimiento del sistema de iluminación**

### **5.8.1. Lámparas**

Los centros docentes tienen requisitos específicos de iluminación. Una deficiente iluminación de sus instalaciones, en especial de las aulas y espacios destinados a impartir clases, aprendizaje y estudio, puede ocasionar fatiga visual, lesiones en la vista e incluso podría ser causa del incremento del índice de fracaso escolar por bajo rendimiento de los alumnos (José Antonio Flores Lara, 2013).

Por lo que se recomienda medir y adecuar antes de iniciar cada ciclo académico el nivel de iluminación al recomendado, en función de cada necesidad:

- ✓ Alumbrado General en aulas: de 350 a 1000 lux
- ✓ Alumbrado General en aulas de arte: de 500 a 1000 lux
- ✓ Gimnasio: de 250 a 500 lux
- ✓ Laboratorios: de 250 a 100 lux
- ✓ Salón Múltiple (Salas de conferencias): entre 200 y 1000 lux
- ✓ Lavabos: entre 50 y 300 lux
- ✓ Biblioteca: entre 300 y 750 lux

---

<sup>6</sup>

Limpiar las lámparas semestralmente y sustituir aquellas en las que el flujo se haya reducido hasta condiciones no adecuadas. Asigne la responsabilidad de la limpieza a una persona entrenada que también comprenda el peligro de los accidentes por choque eléctrico. Para la limpieza, utilice detergentes suaves no abrasivos a fin de evitar la corrosión de los reflectores. Use agua pulverizada para hacer la limpieza efectiva y minimizar el riesgo de accidentes debidos a la electricidad.

Asegurarse que el personal de mantenimiento tenga a su disposición utensilios de limpieza adecuados y escaleras para alcanzar a las luminarias y ventanas.

Reemplazar las lámparas y tubos fluorescentes agotados. Es necesario que los trabajadores informen a la persona encargada del mantenimiento del edificio sobre los problemas de iluminación y sobre las lámparas fundidas o agotadas.

En la medida de lo posible, emplee luminarias que tengan aberturas en su parte superior, dado que estas aberturas permiten la circulación del aire caliente por convección, ayudando a mantener limpios los reflectores.

Si existen muchas luminarias resulta más económico cambiar todas las lámparas o tubos fluorescentes en periodos fijos de dos años. Las lámparas o tubos sobrantes que aún funcionen pueden ser utilizados para reemplazos individuales una vez transcurrido un determinado periodo de tiempo.

Resulta más económico, la sustitución de la luminaria completa en lugar de cambiar los reflectores envejecidos, corroídos o manchados. La lámina de aluminio es un buen material para los reflectores.

### **5.8.2. Mantenimiento de los motores ubicados en la cisterna**

- ✓ Mensualmente se debe verificar la constancia de la intensidad de corriente consumida por los motores mientras funciona y verificar si la corriente en las tres fases son prácticamente iguales.
- ✓ Si se observan fluctuaciones de la corriente con carga constante, se procederá a revisar la jaula del rotor.
- ✓ Si se aprecian diferencias entre las intensidades de corriente de las tres fases, se revisará el bobinado estatórico.
- ✓ Se deben controlar periódicamente los valores de tensión en bornes del motor y de la corriente consumida a plena carga, para comprobar que el funcionamiento se desarrolla en las condiciones prefijadas. Corrientes mayores que la nominal llevan a calentamientos que reducen la vida útil del motor. Esta observación puede hacerse mediante instrumentos como el analizador de espectros, si los hubiera, o con una pinza amperimétrica.
- ✓ Observar un arranque para verificar su correcta acción, controlando la actuación de los elementos de maniobra. Deben revisarse los contactos de los guardamotores, interruptores y contactores, reemplazándolos a estos últimos cuando sea necesario.
- ✓ Conviene controlar periódicamente el apriete de todas las conexiones y la rigidez de los empalmes y terminales, para asegurar que no queden elementos flojos que originen calentamientos localizados excesivos, que podrían provocar incluso el incendio del motor.
- ✓ Como los motores se hallan ubicados en ambiente donde no se realizan con frecuencia tareas de limpieza es necesario una permanente vigilancia, con limpiezas periódicas. Es conveniente verificar que la ventilación no se ha empobrecido, ya podría provocar incrementos del calentamiento.

### **5.8.3. Mantenimiento del sistema de agua**

- ✓ Sustituir los filtros de los grifos, según las recomendaciones del fabricante.
- ✓ Verificar los controles de funcionamiento de forma regular.
- ✓ Verificar que todas las electroválvulas y compuertas abren y cierran completamente sin atascos.
- ✓ Detectar fugas de agua en conducciones, grifos y duchas y repararlas inmediatamente.
- ✓ Las inspecciones de la bomba deben hacerse bimestral o anualmente. La inspección debe ser completa y debe incluir un chequeo cuidadoso de las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias, así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce o a daños causados por arenisca y/o corrosión.

### **5.9. Programa de Economía Energética**

- ✓ El Instituto debe mantener al día un Programa de mejoras para lograr el uso racional de la energía, denominado Programa de Economía Energética.
- ✓ Tiene como base los resultados aportados en la Auditoría Energética, se confecciona a partir de las recomendaciones técnicas previamente elaboradas por los especialistas y la participación de todos los trabajadores, e incluye todas las medidas a cumplir a corto, mediano y largo plazo.
- ✓ El establecimiento y fijación de objetivos es la base del Programa y deben ser claros, específicos, medibles, razonables (ej. reducción del índice de consumo,) y estableciendo prioridades para llevarlos a cabo.
- ✓ El Plan de Economía Energética lleva incluidas las tareas concretas a ejecutar en el año, para cumplir el Programa. Todas las

acciones contenidas en el mismo tienen como sustento financiero el Plan de Negocios aprobado, en tal sentido no deberá incluirse ninguna tarea que no tenga respaldo financiero, de requerirlo.

- ✓ Tanto el Programa como el Plan contienen todo tipo de mejoras derivadas del análisis de la Auditoría Energética.

### **5.10. Cronograma de presupuestos dentro del Plan Operativo Anual**

El Plan de Economía Energética debe ser confeccionado anualmente en el I Semestre del año anterior a su ejecución, debidamente colegiado en todas las instancias, e incluido en el Plan Operativo Anual de la institución, para su discusión.

- Se determina el Presupuesto Total requerido para la ejecución del Programa Energético, el Plan a ejecutar en el año, para asegurar que todas las medidas que requieran inversiones estén respaldadas por el presupuesto anual.
- A partir de la elaboración del Programa, establecido en orden de prioridad de acuerdo a la clasificación de las mejoras por su rentabilidad y posibilidades de realizarla. Este Programa, su Presupuesto ya integrado, y el Plan a ejecutar en el año se discute por el Comité Energético, se envía al Departamento de Planificación de acuerdo al Cronograma establecido en el Plan Operativo Anual

#### **5.10.1. Niveles de Aprobación**

Tanto el Programa como el Plan de Economía Energética son aprobados por Consejo Gubernativo del Instituto, una vez aprobado por el Departamento de Planificación.

### **5.10.2. Evaluación del cumplimiento del Presupuesto**

El estado de cumplimiento del presupuesto analizará el Comité Energético. Valorando no sólo el cumplimiento de las medidas sino el resultado económico de su implementación y si se corresponde con lo esperado.

### **5.13. Reglamentación Técnica**

En el Instituto se deberá reglamentar los sistemas, equipos y procesos para garantizar una gestión energética económica y eficiente, a través de una serie de aspectos, considerando como mínimo, y en función de las características de cada proceso, los siguientes temas:

- Uso de la Energía Eléctrica.
- Uso del Agua.

#### **5.13.1 Responsabilidades**

El Jefe Técnico es el responsable de la aprobación de estos Reglamentos.

#### **5.13.2. Planificación Energética**

Se establece un procedimiento para la Planificación Energética a partir de las siguientes consideraciones generales:

- Se basa en una argumentación técnica de los indicadores de consumo energéticos y en las exigencias del Plan Operativo Anual.
- Se efectúa el análisis desagregando los servicios secundarios necesarios para cumplir con el Plan Operativo Anual.

- Se calcula el consumo de energéticos que implica esta desagregación por equipo energético tomando como base el índice de consumo energético de diseño o proyecto a partir del resultado de la auditoría energética realizada.
- Se determinarán los factores que impiden alcanzar este índice de consumo, garantizando que:
  - ✓ Se utilice al máximo la capacidad instalada.
  - ✓ Explotar los equipos e instalaciones de forma más eficiente.
  - ✓ Se incluya en el Plan Anual de Economía Energética las medidas que permitan alcanzar este indicador, como pueden ser: reubicación de las cargas instaladas en cada línea, sustitución de lámparas de alto consumo por lámparas eficientes, la instalación de detectores de presencia en aulas, pasillos, baños, biblioteca, cambiar los balastos electromecánicos por electrónicos, entre otros.
  - ✓ Los indicadores de consumo de los equipos energéticos, que es donde se define la planificación energética, tienen que mantener una tendencia decreciente en el tiempo, hasta alcanzar su valor de diseño.
  - ✓ Especial atención se le presta a los pagos por demanda contratada, factor de potencia, existencias de “tendederas” del servicio eléctrico y otros. Cada uno de estos factores debe ser objeto de un profundo análisis para disminuir la demanda contratada.
  - ✓ Los indicadores que formarán parte de la Planificación Energética serán aprobados por el Jefe de Servicios Técnico.

### **5.14.3. Inspección Energética**

Se impone la necesidad de la implantación de un mantenimiento energético mediante una serie de revisiones periódicas durante las que se detectan las anomalías existentes, para subsanarlas en el más breve espacio de tiempo.

Estas acciones son más necesarias en ciertas partes de la instalación en las que normalmente no existe una persona responsable a su cargo.

### **5.14.4. Organización de las Inspecciones Energéticas**

- Se elaboró y se implantó el Sistema de Inspección Energética, que está dirigido y controlado por el Jefe de Servicios Técnicos Principal.
- La Inspección Energética se organiza en Inspección diaria y periódica.
- Los equipos que van a ser inspeccionados y la clase de Inspección que se le aplicará, elaborando el Plan de Inspección. El Plan será elaborado de conjunto entre el Jefe de Servicios Técnicos y el Responsable Energético.
- Elaborar las normas para la inspección diaria y periódica de los equipos seleccionados.

### **5.14.5. Plan de Inspecciones Energéticas**

En cada área se debe aplicar el Plan de Inspección Energética a través de las correspondientes listas de inspección, puntos a inspeccionar y medidas a efectuar. La periodicidad de estas inspecciones está programada de antemano.

Se hacen visitas diarias a puntos críticos de la instalación.

Los resultados de las Inspecciones, las deficiencias detectadas y las recomendaciones pertinentes se plasman por escrito, utilizándose un Parte tipo de Inspección, en el que se reportan las causas principales del despilfarro en una columna y a continuación cada una de las áreas de la entidad.

Este parte es debatido en el comité energético para ejecutar sus recomendaciones de acuerdo con las necesidades y funcionamiento del Instituto; las soluciones que demanden una planificación a más largo plazo quedan plasmadas para incluirse en el aseguramiento material del Plan de Economía Energética del próximo año.

### **5.15. Evaluación de la Gestión Energética**

Para evaluar la Gestión Energética y confeccionar el REPORTE TÉCNICO descrito anteriormente, se tendrá en cuenta, los siguientes aspectos de la Gestión Energética:

- Comportamiento de los indicadores energéticos, expresados tanto en índices de consumo como en costo energético.
- Rendimiento Energético de los equipos fundamentales.
- Pérdidas Energéticas.
- Resultado del Sistema de Inspección Energética (Cuestiones relevantes).
- Comportamiento del Factor de Potencia. Importe de Bonificaciones o Penalizaciones.
- Reporte de Progreso del Programa Energético. Cuantificando resultados de la aplicación de las medidas.
- Otras cuestiones de interés.

### **5.16. Responsables**

- Dentro del marco de la estructura organizativa del Instituto, se definió y documentó la organización del SGE, se precisaron los niveles de autoridad y responsabilidad relativas a la Energía de cada una de las áreas vinculadas con la actividad energética, y se definieron las líneas de interacción.
- El Rector del Instituto es el responsable y gestor principal en la aplicación e implantación efectiva del SGE.
- El señor Rector delega la autoridad necesaria al Responsable Energético o a otra persona expresamente designada, para que coordine, controle y verifique la efectiva implantación del SGE.
- El Responsable Energético o Coordinador del SGE se le debe ubicar en un nivel jerárquico del organigrama del Instituto que se corresponde con las características del mismo.

### **5.17. Procedimiento y herramientas para organizar un sistema de Monitoreo y Control energético**

El procedimiento a seguir para la organización de un sistema de monitoreo y control energético consta de las siguientes etapas:

Establecimiento de los objetos de control: la selección de los objetos de control se realiza de la siguiente forma:

- Establecimiento del diagrama energético – matrícula equivalente del Instituto.
- Establecimiento de la estructura de consumo del consumo del Instituto por portadores energéticos.

- Selección del 20% de los equipos y áreas que provocan el 80% del consumo y los costos energéticos (Puestos Claves).

Establecer indicadores de control:

- Identificación de posibles indicadores de control del Instituto y de áreas a partir del diagrama energético – matrícula equivalente. Ejemplos: índice de consumo, índice de costos, energía no asociada, consumo, etc.
- Selección y validar los indicadores de control mediante la aplicación de los diagramas de dispersión y correlaciones.

Establecer herramientas de medición de indicadores de control:

- Definir períodos de medición.
- Definir la toma y el flujo de la información.
- Establecer la toma de medición: medición directa, cálculos, estimaciones, balances.
- Definir la forma de registro.

Establecer estándares:

Para ello utilizar cuatro fuentes de información:

- Comportamiento histórico. Precisar mejores valores del comportamiento.
- Datos técnicos del equipo o sistema.
- Comparaciones con equipos o sistemas similares (“benchmarking”).
- Pruebas técnicas en condiciones controladas.
- Realizar la toma de datos de períodos productivos típicos de la empresa.

Establecer para los indicadores de control seleccionados lo siguiente:

- Gráfico de control (para determinar el valor promedio y límites superior e inferior del estándar).
- Estándar vs. Matrícula
- Diagrama de correlación estándar vs. Matrícula equivalente (para determinar la ecuación que rige la variación del índice de control con respecto a la producción en el período estándar con un nivel de correlación significativo).

Establecer herramientas de comparación de indicadores con estándares:

- Gráfico de control (graficar valores reales del resultado sobre el valor medio y los límites superior e inferior estándares).
- Gráfico de tendencia (graficar tendencia del valor real del resultado respecto al estándar).
- Gráfico IC vs. P (graficar puntos reales de IC y P sobre la curva estándar de ICs vs. Ps).
- Establecer herramientas para determinación de causas de la desviación del indicador respecto al estándar:
- Establecer los factores claves que influyen sobre los indicadores de control.

Análisis de anomalías en el gráfico de control.

- Análisis de causas de la desviación relativa del consumo.
- Análisis de la influencia del valor real de las variables de control sobre los indicadores de control.
- Conclusiones cualitativas y recomendaciones para corregir las desviaciones.

Establecer las variables de control:

- Seleccionar las posibles variables de control a partir del diagrama energético – productivo del proceso y los indicadores de proceso del departamento de producción de la empresa.

- Identificar las variables de control a partir de los diagramas de correlación de estas variables con los indicadores de control energético seleccionados.
- Determinar gráfica y analíticamente la relación entre las variables identificadas y los indicadores de control.
- Determinar la influencia de las variables de control sobre los indicadores de control.

#### Ejecución del Proceso de Control

- El proceso de control, en su ejecución, consta de las siguientes etapas:
  - Recolección de datos
  - Determinación del resultado
  - Comparación del resultado con los estándares
  - Ejecución del diagnóstico de causas de derivaciones
  - Modificación de las variables de control o corrección de desviaciones.

Un proceso de control general incluye también una etapa de mejoramiento del proceso, cuando la acción sobre las variables de control no es suficiente para corregir las constantes variaciones que en este se presentan. Esta etapa consiste en una revisión periódica de procedimientos y evaluación técnico-económica de posibilidades de inversión que producen, sin duda, un cambio en los estándares y en los resultados del control frecuente.

#### **5.18. Evaluación socio-económica del diseño**

La finalidad de la evaluación socioeconómica de la investigación es conocer la probabilidad de que la propuesta contribuya significativamente

a la economía y que su contribución justifique la utilización de los recursos necesarios.

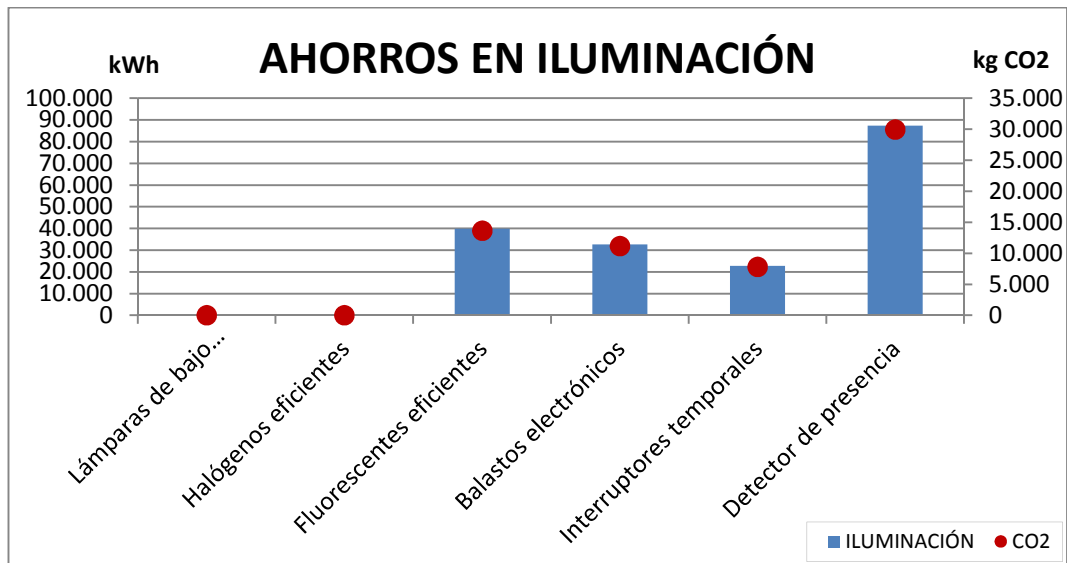
En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, la electricidad constituye uno de los portadores energéticos que mayor incidencia tiene sobre el consumo de energía, como se explicó en el capítulo anterior.

El principal sector que se debe considerar en mejorar el sistema de iluminación, cambiando las lámparas fluorescentes de 40W, por lámparas fluorescentes eficientes, que en el año representaría un ahorro del 20%, balastos electromagnéticos por electrónicos que representan un ahorro del 16%, interruptores temporales 11% y detectores de presencia 44%.

**Social.** La implementación del Sistema de Gestión Energética beneficia directamente a toda la comunidad aeronáutica del Instituto.

**Económica.** El principal problema energético en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es la iluminación cambiando este sistema por el que se propone en la figura 5.3, se mejoraría en un 83%, ya que de 197062 KWh se reduce 63686 KWh anuales. En costos representa que de \$9853,1 se pagaría \$3184,3, es decir que se ahorraría \$6668,8 que podría utilizarse en la implementación de equipos para los laboratorios.

El ahorro en iluminación que representarían estos elementos se explica en la figura 5.3.



**Figura 5.3. Ahorro en iluminación**

La instalación de detectores de presencia, los fluorescentes eficientes y los balastos electrónicos son los principales dispositivos que deben sustituirse.

La explicación detallada de la cantidad y de los elementos que se deben adquirir, se explicó en la tabla 5.2.

Es importante redistribuir la carga instalada en cada una de las líneas de alimentación, ya que las pérdidas que se generan en el transformador por calentamiento de los bobinados, refleja un ahorro anual de \$ 839,37.

Además se debe considerar que en el caso que se quiera cambiar los motores actuales que alimentan a las bombas por motores eficientes, el ahorro sería de \$446,19, tal como se ilustra a continuación.

Una manera rápida de calcular el ahorro monetario de los motores asincrónicos, sería:

$$Aho_a = t * \%P * 100\% * \frac{\$}{K} \left( \frac{1}{n\%S} - \frac{1}{n\%H} \right) \text{ Ecuación 5.1}$$

## Ahorro económico anual

Donde:

$t$  = tiempo de utilización anual (en horas).

$kW$  = potencia del motor (en kW).

$\%Pot$  = fracción de plena carga a que trabaja el motor.

$\$/kWh$  = coste de la electricidad (en  $\$/kWh$ ).

$nstd$  = eficiencia de un motor estándar (EFF3).

$nHEM$  = eficiencia de un motor de alta eficiencia.

Considerando que los motores trabajan a plena carga 8760h/año y tomando en cuenta las características técnicas de los motores de la figura 4.6, y el de un motor eficiente con un 91,8%, se determina que se ahorraría \$446,19 anuales

Si se considera el uso de variadores de frecuencia, en la tabla 5.3, se indica un resumen de cuánto se ahorraría en el consumo de energía y en costos, al instalar los variadores de velocidad en los motores que accionan las bombas de la cisterna del Instituto.

**Tabla 5.3.** Ahorro anual y mensual en cada motor de la cisterna utilizando Variadores de Velocidad

Tiempo	Consumo Anual Actual (KWh)	Ahorro con Variadores de Velocidad (kWh)	Costo actual	Costo con variadores de velocidad	Ahorro Anual %
Anual	46416	19459	\$4177,44	\$1751,31	41,92%
Mensual	3868	1621,58	\$ 348,12	\$ 145,94	

De acuerdo a la tabla 5.3, si se instalan variadores de velocidad en los motores que accionan las bombas de la cisterna se ahorraría un 41,92% anualmente tanto en consumo energético como en costo anual.

#### **5.18.1. Cálculo de la amortización (Tiempo de recuperación de la inversión) de los variadores de velocidad**

$$T = \eta + \frac{C + 1}{F + 1}$$

Donde:

T: Tiempo de amortización (Años).

C<sub>n+1</sub>: Costo inicial de la inversión

F<sub>n+1</sub>: Flujo de entrada en ese año.

Considerando que cada variador de velocidad actualmente tiene un costo de \$1500, y aplicando la ecuación anterior se recupera la inversión en un año.

**Ambiental.** Actualmente las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas, corresponden a 76687 Kg anuales, con la implementación de equipos eficientes se reduciría a 48908 Kg/año.

#### **5.19. Resultados de la valoración económica**

Las técnicas de valor descontado son diversas, aunque todas ellas, se basan en el descuento al valor presente de las cantidades futuras o flujos de caja. Los flujos de caja son la diferencia neta entre los beneficios y costos en cada uno de los años, refleja el dinero real en caja. Para su determinación se toma como convenio que las entradas a caja (ingresos) son positivas, y las salidas (gastos) son negativas, lo cual quiere decir que

los signos de los flujos de caja resultan del balance anual entre costos y beneficios.

### 5.19.1 Cálculo del VAN

Es un método de evaluación de proyectos de inversión que consiste en determinar el valor presente de los flujos de fondos del negocio, usando la tasa de descuento acorde al rendimiento mínimo esperado.

Para el cálculo del VAN se utilizan los siguientes datos:

**Inversión:** \$ 60380

**Número de años:** 3 años

**Tiempo de vida útil del equipo:** 10 años

**Interés:** 0.09

$$\text{VAN} = -18446 + \frac{11302}{(1+0,09)^1} + \frac{71000}{(1+0,09)^2} + \frac{20251300}{(1+0,09)^3}$$

**VAN=** 9628

Como el VAN es mayor que 0 la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

La propuesta también se justifica si se tiene en cuenta que la modificación del sistema de iluminación, equipos y motores de la cisterna permitirá mejorar el consumo energético.

### 5.19.2. Cálculo de TIR

La tasa interés que vuelve al VAN calculado cero es:

$$0 = -18446 + \frac{11302}{(1+i)} + \frac{71000}{(1+i)^2} + \frac{20251300}{(1+i)^3}$$

**TIR=** 25%

## BIBLIOGRAFÍA

- (2012). Dispositivos para alumbrado incandescente y fluorescente. En *Luminotecnia* (pág. 33). España: Mcgraw-hill.
- AGROMOLINA DESARROLLOS ENERGÉTICOS. (2013). *EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Recuperado el 29 de Marzo de 2013, de <http://www.agromolina.com/index.php/using-joomla/extensions/components/content-component/archived-articles/9-sin-categoria/79-eficiencia-energetica.html>
- Arian, F. P. (2002). *Estudios de los Indicadores Energéticos del ISMMM*. Cuba: Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr.ANJ.
- Chávez, L. F. (1997). Estudio de factibilidad del ahorro de energía eléctrica en las instalaciones de las Facultades de Ingeniería Eléctrica, Química y Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador: EPN.
- CONSUMOTECA. (2011). *CONSUMOTECA*. Recuperado el 30 de Marzo de 2013, de <http://www.consumoteca.com/suministros/ahorro-energetico/ahorro-de-energia/>
- CREARA. (2013). *Auditoría energética*. Recuperado el 12 de Marzo de 2013, de <http://www.crea.es/auditoria-energetica.htm>
- Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid . (2008). *Guía de rehabilitación energética de edificios*. Madrid.
- Energética, A. d. (2012). *Alcance de las Auditorías Energéticas*.
- Gabriel, H. (2009). *Auditoría y Gestión de Energía*. Cuba.
- Gebäude, E. f. (2010). *Valores característicos de consumo energético en edificios* . VDI 3807.
- Hammond, R. (2008). *El mundo en 2030*. YAGO.
- Hervas Pluas, E. E. (2009). Uso eficiente de la energía eléctrica para la reducción del índice de consumo en kilovatio-hora de producción en compañías cerveceras AMBEV Ecuador. Ecuador: Tesis de grado PUCE.
- Hurtado Pérez, F. (2008.). *Eficiencia energética en el Ecuador*. Tesis de Grado PUCE.
- IDAE. (2013). *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012*. España.

José Antonio Flores Lara, V. A. (24 de Noviembre de 2013). *Uso de la tecnología LED en la escuela*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2013, de <http://es.slideshare.net/verorebe/iluminacion-led-41582031>

Pedro, S. S. (2008). *La eficiencia energética y la competitividad empresarial estado actual y tendencias futuras*. Cuba: Universidad Cienfuegos.

Schonek, D. I. (2012). Eficiencia energética: ventajas del uso de los variadores de velocidad en la circulación de fluidos. *Electrotécnica*, 61.

Secretaría de Energía SENER. (2013). *Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. España.

WRATT Information Bulletin. (2003). *Waste Reduction and Energy Conservation in schools*.

## NETGRAFÍA

- <http://www.google.com.ec/imgres?q=etiquetas+de+eficiencia+energetica+en+electrodomesticos>
- <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171578.pdf>
- <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4e60cc5d81527.pdf>
- [www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-gestion-energetica-en-el-sector-hotelero-fenercom.pdf](http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-gestion-energetica-en-el-sector-hotelero-fenercom.pdf)

