



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA**

**CARRERA LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO**

**EN CIENCIAS NAVALES**

**AUTOR**

**REMIGIO XAVIER HARO GUERRA**

**TEMA**

**LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SU CONTRIBUCIÓN AL AHORRO  
ENERGÉTICO EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL "CMDTE. RAFAEL  
MORÁN VALVERDE"**

**DIRECTOR**

**TNNV-SU CARLOS EDUARDO PLAZA LÓPEZ**

**SALINAS, DICIEMBRE 2014**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo realizado por el estudiante Remigio Xavier Haro Guerra, cumple con las normas metodológicas establecidas por la Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE, y se ha desarrollado bajo mi supervisión, observando el rigor académico y científico que la Institución demanda para trabajos de titulación, por lo cual autorizo se proceda con el trámite legal correspondiente.

Salinas, 8 de diciembre de 2014

Atentamente

TNNV-SU Carlos Eduardo Plaza López

Director de Tesis

## DECLARACIÓN EXPRESA

El suscrito, Remigio Xavier Haro Guerra, declaro por mis propios y personales derechos, con relación a la responsabilidad de los contenidos teóricos y resultados procesados, que han sido presentados en formato impreso y digital en la presente investigación, cuyo título es: “Los sistemas de control y su contribución al ahorro energético en la Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Morán Valverde””, son de mi autoría exclusiva, que la propiedad intelectual de los autores consultados, ha sido respetada en su totalidad y, que el patrimonio intelectual de este trabajo le corresponde a la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE.

---

Remigio Xavier Haro Guerra

Autor

## AUTORIZACIÓN

Yo, Remigio Xavier Haro Guerra

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación en la biblioteca de la institución de la Tesis titulada: "Los sistemas de control y su contribución al ahorro energético en la Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Morán Valverde".", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Salinas, a los 8 días del mes de diciembre del año 2014

## **DEDICATORIA**

Dedico todo el esfuerzo realizado para la elaboración de este documento con todo el cariño y consideración a mis padres Remigio y Sonia, y mi hermana Sofía porque siempre estuvieron ahí para darme ánimos y ayudarme como mejor pudieron desde el comienzo de mi travesía en la Escuela Superior Naval, hasta este momento cuando me encuentro terminando una etapa de mi vida profesional, que espero sea el comienzo de un brillante futuro que me permita seguirles retribuyendo con éxitos siempre en agradecimiento por su incondicional apoyo.

**Remigio X. Haro Guerra**

## **AGRADECIMIENTO**

Es mi sincero deseo agradecer a Dios y a mi familia por ser la fuente de los valores que me permitieron avanzar en la Escuela Superior Naval y me han dado muchas veces la fortaleza y motivación para alcanzar mis metas.

Una vez finalizado este trabajo de investigación, es mi deber agradecer también a todos quienes tomaron parte de mi formación integral en esta Escuela, a quienes debo mi respeto y consideración por sus conocimientos, enseñanzas y su trabajo que de forma directa o indirecta han contribuido a la realización de este documento.

Finalmente a la promoción Dukes 2014 por la sana competencia y los ánimos y esfuerzos realizados para alcanzar el logro anhelado de graduarnos, poniendo empeño y alegría en el camino para vencer los obstáculos.

**Remigio X. Haro Guerra**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN EXPRESA.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA SITUACIONAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SU CONTRIBUCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE” .	1
1.1    ANTECEDENTES.....	1
1.2    JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3    PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.4    OBJETIVOS.....	5
1.4.1    OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5

1.5	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	5
1.5.1	HIPÓTESIS.....	5
1.5.2	VARIABLES.....	5
CAPÍTULO II.....		6
MARCO TEÓRICO .....		6
2.1	FUNDAMENTO LEGAL .....	6
2.2	FUNDAMENTO TEÓRICO .....	8
2.2.1	CONCEPTO DE ENERGÍA:.....	8
2.2.2	ENERGÍAS RENOVABLES .....	9
2.2.3	ENERGÍAS NO RENOVABLES.....	9
2.2.4	TRABAJO .....	9
2.2.5	POTENCIA.....	10
2.2.6	POTENCIA ELÉCTRICA .....	10
2.2.7	FUENTES DE ENERGÍA.....	11
2.2.8	ENERGÍA POTENCIAL .....	11
2.2.9	ENERGÍA CINÉTICA .....	11
2.3	TIPOS DE FUENTE DE ENERGÍA.....	12
2.3.1	ELECTRICIDAD.....	13
2.3.2	RAZONES PARA EL EMPLEO MASIVO DE ELECTRICIDAD .....	15
2.3.3	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	16
2.3.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	17
2.3.5	CONSUMO ELÉCTRICO.....	18
2.3.6	DEMANDA.....	19
2.3.7	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	19
2.4	CONCEPTO DE SISTEMA .....	19
2.5	CONCEPTO DE SISTEMAS DE CONTROL .....	20
2.5.1	REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	20
2.6	SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	21



2.6.1	ILUMINACIÓN GENERAL .....	21
2.6.2	ILUMINACIÓN DE TAREAS .....	22
2.6.3	ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA .....	23
2.6.4	ILUMINACIÓN PARA ACENTUACIÓN.....	23
2.6.5	ILUMINACIÓN PARA AMBIENTES.....	24
2.7	TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS.....	24
2.7.1	LÁMPARAS STANDARD.....	24
2.7.2	LÁMPARAS HALÓGENAS .....	25
2.7.3	LÁMPARAS HALÓGENAS REFLECTORAS.....	25
2.7.4	LÁMPARAS DE DESCARGAS.....	26
2.7.5	LÁMPARAS FLUORESCENTES .....	26
2.7.6	LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS .....	26
2.7.7	LÁMPARAS HALOGENUROS METÁLICAS .....	27
2.7.8	LUCES HMI .....	27
2.7.9	LUCES TIPO LED.....	28
2.7.10	TIPOS DE LUCES LED .....	32
2.8	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO (A/A) .....	35
2.8.1	REFRIGERANTE.....	36
2.8.2	COMPRESOR .....	36
2.8.3	CONDENSADOR.....	36
2.8.4	VÁLVULA DE EXPANSIÓN.....	36
2.8.5	BOBINA DEL EVAPORADOR .....	37
2.8.6	ACONDICIONARES DE AIRE INVERTER.....	37
2.9	SISTEMAS DE DOMÓTICA.....	39
2.9.1	APLICACIONES DE LA DOMÓTICA.....	40
2.9.2	ELEMENTOS DE UN SISTEMA DOMÓTICO .....	41
2.9.3	DOMÓTICA Y EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	42
2.10	IDENTIFICACIÓN Y/O CARGAS EXISTENTES.....	43
2.11	FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ILUMINACIÓN Y ACONDICIONADORES	

DE AIRE .....	44
2.11.1 SISTEMA AUTOMÁTICO DE LUCES .....	44
2.11.2 SISTEMA AUTOMÁTICO DE AIRE ACONDICIONADO ..	45
2.11.3 DETECTORES DE PRESENCIA.....	46
2.11.4 TEMPORIZADORES .....	48
2.11.5 RELOJES (TIMERS).....	48
2.11.6 TEMPORIZADORES ELECTRÓNICOS:.....	49
2.11.7 RELÉ .....	49
2.12 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	52
CAPÍTULO III.....	53
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	53
3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
3.1.1 INVESTIGACIÓN TÉCNICA .....	53
3.1.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	53
3.1.3 INVESTIGACIÓN DE PROYECTO FACTIBLE.....	53
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.2.1 DESCRIPTIVO.....	54
3.2.2 EXPLICATIVO .....	54
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	54
3.3.1 POR INSTRUMENTO DE MEDICIÓN .....	54
3.3.2 ANÁLISIS DE CAMPO.....	55
3.4 MÉTODOS UTILIZADOS.....	55
3.4.1 MÉTODO DEDUCTIVO .....	55
3.4.2 MÉTODO DE MEDICIÓN .....	56
3.4.3 MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA .....	56
3.4.4 MÉTODO DE ANÁLISIS .....	56
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	56
CAPÍTULO IV.....	61

PROPUESTA PARA AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO EQUIPOS DE CONTROL AUTOMÁTICO, PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, CONDICIONADORES DE AIRE DEL ÁREA DE CURSOS Y ALUMBRADO GENERAL DE LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”.....	61
4.1    JUSTIFICACIÓN.....	61
4.2    OBJETIVO: .....	62
4.3    DESARROLLO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON LA PROPUESTA: .....	62
4.3.1    DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS.....	63
4.3.2    ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE ARMA: .....	65
4.3.3    ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE ABASTECIMIENTO: ...	65
4.3.4    ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE LABORATORIO:.....	65
4.3.5    ILUMINACIÓN DE LA BIBLIOTECA:.....	66
4.3.6    ALUMBRADO GENERAL DE ESSUNA: .....	66
4.3.7    ESTIMACIÓN DE AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN GENERADO POR PROPUESTA.....	66
4.4    IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA. ....	67
4.4.1    COSTO DEL NUEVO SISTEMA.....	67
4.4.2    EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA .....	68
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1: Tipos de energía.....	12
Figura 2.3.1: Ley de Ohm .....	14
Figura 2.3.2: Sistemas de Potencia Eléctrica .....	17
Figura 2.4.1: Flujo de señales de un sistema .....	20
Figura 2.6.1: Iluminación General.....	22
Figura 2.6.2: Iluminación General.....	22
Figura 2.6.3: Iluminación arquitectónica .....	23
Figura 2.6.4: Iluminación General.....	23
Figura 2.6.5: Iluminación General.....	24
Figura 2.7.1: Lámparas incandescentes halógenas.....	25
Figura 2.7.2: Comparación de luces LED, con fluorescentes e incandescentes.....	29
Figura 2.7.3: Tipos de luces LED (2.5W – 7W).....	32
Figura 2.7.4: Tipos de luces LED (28W-168W).....	33
Figura 2.7.5: Tipos de luces LED consumo graduable (3W – 18W) .....	34
Figura 2.7.6: Tipos de luces LED modelos FWPRD .....	35
Figura 2.8.1: Componentes de sistemas de aire acondicionado .....	37
Figura 2.8.2: Tipos de acondicionadores de aire invertir .....	39
Figura 2.9.1: Esquema de una vivienda domótica .....	40
Figura 2.11.1: Sensores de techo .....	47
Figura 2.11.2: Detectores de presencia .....	48
Figura 2.11.3: Tipos de temporizadores .....	49
Figura 2.11.4: Tipos de relés .....	52
Figura 3.3.1: Equipo de medición FLUKE 430-II conectado en tablero de distribución del Bloque de Abastecimientos.....	55
Figura 3.5.1: Planilla de la Base Naval de Salinas del mes de septiembre del año 2014 .....	58
Figura 4.3.1: Comparación de consumo entre diferentes tipos de focos. ...	63
Figura 4.3.2: Diagrama unifilar eléctrico de aula de clases.....	64
Figura 4.3.3: Diagrama unifilar del circuito automático del alumbrado general.....	65

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.3.1: Fuentes de energía renovable. ....	12
Cuadro 2.3.2: Fuentes de energía no renovable.....	13
Cuadro 2.9.1: Aplicaciones de la domótica.....	40
Cuadro 2.10.1: Potencia instalada en área de cursos .....	43
Cuadro 4.3.1: Consumo de energía del sistema de iluminación de la situación actual versus la situación propuesta. ....	66
Cuadro 4.4.1: Cantidad de focos LED y costo de inversión para su implementación.....	67
Cuadro 4.4.2: Cantidad de equipos y sistemas automáticos y costo de inversión para su implementación. ....	68
Cuadro 4.4.3: Tasa de retorno de inversión de Iluminación con focos Led del Área de cursos .....	69
Cuadro 4.4.4: Tasa de retorno de inversión de Iluminación.....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Informe de Analizador de calidad de energía FLUKE 430-II (página 1)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 2. Informe de Analizador de calidad de energía FLUKE 430-II (página 2)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 3. Levantamiento de datos del Bloque de Arma; **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 4. Levantamiento de datos del Bloque de Abastecimientos..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 5. Levantamiento de datos del Bloque de Laboratorios..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 6. Levantamiento de datos de la Biblioteca; **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 7. Levantamiento de datos del Alumbrado general; **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 8. Cálculo de la demanda eléctrica mensual del área de cursos (situación actual) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 9. Cálculo del consumo de energía total en dólares del área de cursos de la Escuela Superior Naval (situación actual); **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 10. Cálculo de la demanda eléctrica mensual del Alumbrado general (situación actual) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 11. Cálculo de consumo de energía total en dólares del Alumbrado general (situación actual)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 12. Situación actual de la potencia instalada de iluminación y situación propuesta de la potencia a instalar de iluminación del Bloque de arma..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 13. Situación actual de la potencia instalada de iluminación y situación propuesta de la potencia a instalar de iluminación del Bloque de abastecimientos..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 14. Situación actual de la potencia instalada de iluminación

y situación propuesta de la potencia a instalar de iluminación ..... **¡Error!**  
**Marcador no definido.**

Anexo 15. Situación actual de la potencia instalada de iluminación  
y situación propuesta de la potencia a instalar de iluminación en la  
Biblioteca ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 16. Consumo de potencia de la situación actual y la  
situación propuesta del alumbrado general de ESSUNA **¡Error! Marcador**  
**no definido.**

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analiza la situación del consumo eléctrico en la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, con el fin de determinar la existencia de ineficiencias en el consumo energético, que puedan ser corregidas con la ayuda de sistemas eléctricos de control, que regulen automáticamente el encendido y apagado de los equipos consumidores de energía eléctrica; con el propósito de realizar una propuesta técnica económica que pueda ser considerada para su implementación, a fin de lograr un ahorro de recursos económicos y energéticos que reporten beneficios económicos a la Escuela Superior Naval y ambientales en general debido al menor consumo de energía eléctrica que se lograría, lo cual es sustentado en el levantamiento de información en la modalidad de investigación de campo y posterior análisis de los datos obtenidos y cálculos sobre los mismos que se realizó focalizadamente en el área de cursos de la Escuela Superior Naval y con el alumbrado general de la Escuela, conjunto que fue seleccionado para delimitar el estudio y establecerlo como modelo para una futura implementación en otras áreas de la Escuela Superior Naval que es directamente beneficiada al disminuir su gasto en el servicio eléctrico, liberando recursos que bien podrían ser empleados en cubrir otras necesidades o servicios para los propios usuarios de la energía eléctrica conformados por la brigada de guardiamarinas, oficiales y el personal civil que se desempeña en diversas actividades diariamente en las dependencias de la Escuela Naval cumpliendo con la misión de formar oficiales de la Marina de Guerra del Ecuador.

**PALABRAS CLAVE:** CONSUMO ENERGÉTICO, AHORRO DE RECURSOS, ENERGÍA ELÉCTRICA, SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.



## **ABSTRACT**

In the present research, the situation of the electrical power consumption in The Ecuadorian Naval School "Cmdte. Rafael Morán Valverde" is analyzed in order to determine the existence of inefficiencies in energy consumption that can be corrected with the help of an electric control system for automatic regulation of the power consuming equipment which conduces to an economic and technical proposal aimed to be considered for its implementation in order to achieve a saving of economic resources and energy that are economically useful to the Naval School and for the environment in general due to the lower electricity consumption that would be achieved. All of this is supported by the information obtained through field research and the subsequent analysis of the data and calculations based on it, that are extracted specifically from the classroom area of the Naval School and the general lighting system of the School, two areas which were selected to delimit the study and establish it as a model for future implementation in other areas of the Naval School which is directly benefited by saving economic resources that could well be used in other needs or services for the users of electrical energy integrated by the brigade of midshipmen, officers and civilian personnel working in various daily activities on the premises of the Naval School fulfilling the mission of training officers of the Navy of Ecuador.

**KEY WORDS:** ENERGY CONSUMPTION, SAVING ECONOMIC RESOURCES, ELECTRICAL ENERGY, AUTOMATIC ELECTRIC CONTROL SYSTEMS.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos energéticos, son un tema de gran relevancia para la humanidad, por su valor económico, político y ecológico en la medida del impacto que genera su producción y consumo continuo en las actividades de la sociedad.

En consecuencia, es una responsabilidad de toda la población de consumidores de energía, en cualquiera de sus manifestaciones, hacer un uso racional de la misma que permita preservar la disponibilidad del recurso energético y aminorar los efectos ecológicos negativos que pudiesen ser generados debido a su uso descontrolado.

En este trabajo se analiza una alternativa técnica para contribuir con el mejor uso de la energía eléctrica en la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, empleando sistemas de control y reemplazo de equipos para conseguirlo, con el fin de ahorrar recursos económicos y mejorar la eficiencia energética.

En el Capítulo I, se presenta el problema del consumo eléctrico observado, y se exponen los elementos de criterio que justifican la realización de la investigación; además se exponen los objetivos generales, objetivos específicos y finalmente la hipótesis planteada.

En el Capítulo II, se encuentra desarrollado el marco legal basado en documentos pertenecientes a la legislación de la República del Ecuador. A continuación, en este mismo capítulo, se detalla el marco teórico, cuyo contenido incluye todos los conceptos científicos que se utilizaron y fue necesaria su comprensión para el avance de esta investigación.

El Capítulo III, corresponde a la metodología que se utilizó en este estudio, principalmente la recolección de la información específica sobre la que se realiza el análisis; es decir, los datos relacionados con el consumo de energía eléctrica obtenidos en la modalidad de investigación de campo, en la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”.

El Capítulo IV, se plantea una propuesta para dar solución al problema del alto consumo determinado en Capítulo III. La propuesta se compone de: el diseño de un esquema de conexión de equipos de automatización, el reemplazo de equipos de iluminación y la evaluación de la inversión a realizarse.

Finalmente se recoge el resultado de este trabajo en las Conclusiones y Recomendaciones realizadas por el autor.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA SITUACIONAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SU CONTRIBUCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

En el año 1998 se registró un consumo a nivel nacional de energía eléctrica de 8.139 gigavatios-hora (gwh) a nivel residencial, comercial, industrial, alumbrado público y otros; en tanto que en el 2008 se registró 12.516 gwh, teniendo un crecimiento del 4,4%. (Conelec, 2011).

Estos datos muestran que en el Ecuador, en concordancia con la tendencia mundial, ha aumentado el consumo de energía eléctrica, lo que implica mayor presión sobre la infraestructura actual para satisfacer las necesidades del país.

Las entidades y organismos de la administración pública central deben, por disposición gubernamental, implementar tecnologías de eficiencia energética, así como programas de capacitación sobre uso racional de la energía dirigidos a todos sus funcionarios.

Esta es una disposición emitida mediante el decreto ejecutivo no.1681 que fue firmado por el Presidente de la República, Economista Rafael Correa.

El decreto señala que todas las instituciones gubernamentales deben conformar un comité de eficiencia energética que asumirá la labor de implementar medidas de ahorro energético, en coordinación con la Dirección de Eficiencia Energética del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), este Ministerio es la entidad responsable de satisfacer las necesidades de Energía Eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de este recurso; determina políticas y proyectos que promueven el uso racional de la energía, como es el desarrollo de estándares o normativa para el uso de aparatos eficientes, además de

estrategias para mejorar la eficiencia energética en los diferentes sectores del país, como son el sector residencial, público e industrial.

Hoy en día, el uso eficiente de la energía eléctrica se plantea como una necesidad global para solucionar los problemas climáticos y de contaminación ambiental; por la importancia que esto implica, todas las entidades públicas y privadas debe también alinearse a esta disposición como política de Estado; por tal motivo, es necesario que la Escuela Superior Naval, “Cmdte. Rafael Moran Valverde” también se alinee a esta política de estado contribuyendo al ahorro energético y ecológico implementando sistemas de control automático que permitan disminuir el consumo y pérdidas de energía eléctrica.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad existe un tratado de reducción de emisiones contaminantes que se conoce como el tratado de Kyoto<sup>1</sup>, al que la mayoría de gobiernos del mundo se han comprometido, dentro de ellos el Gobierno Ecuatoriano y parte de las políticas de reducción de contaminación son las políticas de ahorro energético. Ante este planteamiento y considerando que la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, como reparto de la Armada del Ecuador, es parte del Estado Ecuatoriano es importante que contribuya con los planes del gobierno nacional, buscando disminuir la demanda de energía eléctrica.

El continuo avance tecnológico permite plantear alternativas diferentes para tratar de reducir el consumo de energía o hacerlo más eficiente según sea el caso; las medidas que se puedan tomar implican costos que deben ser afrontados por los usuarios, sin embargo el hacer más eficiente el consumo de energía se vuelve una inversión ya que ahorra recursos económicos por

---

<sup>1</sup> Es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional cuyo propósito es reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global.

concepto de consumo de energía eléctrica y esto a su vez ahorra en consumo de combustibles y energía al país.

Una forma de contribuir en el uso eficiente de la energía eléctrica es el empleo de sistemas de control automático que des-energicen los equipos eléctricos fuera de uso sin necesidad de un operador humano. Muchas veces no se tiene claro cuál es el costo o la cantidad de energía que se puede ahorrar simplemente por apagar un equipo, bombillo eléctrico o aire acondicionado. Los sistemas de control se convierten entonces en una herramienta de ahorro y confort ya que consisten en el uso inteligente de iluminación, climatización, equipos eléctricos, lo que a su vez permite conservar la integridad y durabilidad de los equipos y mejora la seguridad de una instalación.

El ahorro de energía es un objetivo que se puede alcanzar de varias formas, sin embargo requiere de la conciencia de los usuarios y su autorregulación en el uso de los aparatos consumidores de energía. Los sistemas de control eléctricos se encargan de hacer que el consumo que no depende de cada usuario sea regulado de manera que no existan “desperdicios” de energía como por ejemplo el dejar la luz encendida en una habitación desocupada.

Este trabajo tiene como objetivo proponer una alternativa para reducir el consumo de energía eléctrica en la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde” y para tal efecto, se ha considerado que se debe analizar una solución que se pueda dar en un área o edificio específico al problema de ineficiencia en el consumo. Es así que este trabajo se centrará en reducir el consumo de energía eléctrica del área de cursos y alumbrado general de la Escuela Naval con miras a establecer un modelo que se pueda aplicar en otras áreas de la misma de tal manera que su éxito permita lograr un nivel de eficiencia energética satisfactorio, económicamente representativo y que contribuya con el medio ambiente

Por esta razón es muy importante realizar este estudio ya que permitirá demostrar la reducción de los factores energéticos, económicos y la mejora

de los ecológicos, al implementar dispositivos o sistemas de control automáticos para la des-energización de equipos que estén fuera de uso, y que beneficiara a la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde” y por lo tanto también al Estado Ecuatoriano.

### **1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El problema a resolver en este tema, se enfoca en disminuir el consumo de energía eléctrica en función de kilovatios por hora (Kw/h) en la Escuela Superior Naval, que gran parte pertenece al uso innecesario de equipos eléctricos que permanecen conectados y funcionando aun cuando no están siendo utilizados, lo cual representa una onerosa suma de dinero que desembolsa el Estado ecuatoriano por concepto del pago de la planilla de electricidad. Para este caso el estudio se centrará en el área de cursos de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde” que se encuentra dentro de la Base Naval de Salinas, Provincia de Santa Elena.

Por lo tanto, las tarifas altas en el tema eléctrico implican en desaprovechar recursos valiosos que mejor podrían emplearse en asuntos necesarios o de mayor importancia tales como en equipamiento de laboratorios con nuevas tecnologías de utilidad en el aprendizaje de los guardiamarinas.

Adicionalmente se considera influyente el comportamiento del guardiamarina en el saber utilizar consciente y responsablemente la energía eléctrica, para ello es importante enseñar a los guardiamarinas la cultura del ahorro energético, y participen diariamente de esta práctica, lo cual se verá reflejado en el ahorro económico con el simple hecho de realizar actividades como apagar luces y acondicionadores de aire que no están siendo utilizados.

Para este problema se propone la implementación de dispositivos o sistemas de control automático para la desconexión de equipos eléctricos que no se estén utilizando, además reemplazar luminarias y equipos por otros más eficientes que garanticen un menor consumo de energía.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la factibilidad de la instalación de sistemas y equipos de control eléctrico en el área de cursos de la Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Morán Valverde" que permita el ahorro de energía eléctrica y que posteriormente podría implementarse en las demás áreas de la Escuela.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual de los sistemas eléctricos en el área de cursos de la Escuela Superior Naval "Cmte. Rafael Morán Valverde".
- Diseñar un sistema de control automático para reducir las pérdidas de energía eléctrica en el área de cursos de la Escuela Superior Naval "Cmte. Rafael Morán Valverde".
- Plantear una propuesta técnica económica que permita el ahorro de energía en el área de cursos de Escuela Superior Naval "Cmte. Rafael Morán Valverde".

## **1.5 HIPOTESIS Y VARIABLES**

### **1.5.1 HIPÓTESIS**

La aplicación de sistemas de control automático y de luminarias más eficientes permitirán reducir el consumo de energía eléctrica generando un ahorro económico considerable.

### **1.5.2 VARIABLES**

#### **1.5.2.1 Independiente:**

Sistemas de control automático

#### **1.5.2.2 Dependiente:**

Ahorro de energía eléctrica



## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 FUNDAMENTO LEGAL**

El Estado Ecuatoriano a través de la Constitución de la República del Ecuador vigente, establece en sus artículos 15 y 413, parte del marco legal que se ha considerado pertinente para este estudio. Estos dicen textualmente:

“Art. 15. El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua. (...)”

“Art. 413. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho del agua.”

El Ministerio del Ambiente, según el acuerdo ministerial N°131, publicado en Registro Oficial N°284 de septiembre 22 del 2010, acordó expedir las políticas generales para promover las buenas prácticas ambientales en entidades del sector público, del cual se desprenden los siguientes artículos:

“Art. 4. Las instituciones sujetas al presente acuerdo ministerial, tendrá que notificar hasta el 31 de enero de cada año al Ministerio del Ambiente, sus indicadores de gestión de buenas prácticas ambientales que serán: consumo de agua, consumo de energía, kilogramos de papel consumidos, kilogramos de papel reciclado y manejo de residuos y desechos calculados por persona.”

“Art. 6. Las instituciones sujetas a este acuerdo ministerial deberán obligatoriamente realizar una capacitación permanente a sus funcionarios y funcionarias, de tal manera que tengan el conocimiento adecuado para

implementar las actividades de buenas prácticas ambientales de su institución.”

## Título I

Línea base para la gestión de las buenas prácticas ambientales

### Capítulo I

Buenas Prácticas ambientales en entidades del sector público

“Art. 8. La línea base para la gestión de buenas prácticas ambientales deberá contener lo siguiente:

- a) Estado de equipos e instalaciones;
- b) Detalle del gasto de energía. Curvas trimestrales de consumo energético.  
(...)
- i) Identificación de los problemas que limitan las buenas prácticas ambientales en la institución.”

### Capítulo V

Energía y transporte

“Art. 29. Cada edificio e instalación de las instituciones sujetas a este acuerdo ministerial deberán revisar las instalaciones eléctricas y las alternativas para la solución de problemas encontrados en ellas.”

“Art. 30. Cada institución sujeta a este acuerdo ministerial deberá incorporar lámparas fluorescentes o focos ahorradores en sus edificios e instalaciones, de acuerdo al Decreto Ejecutivo 238 de fecha 28 de enero de 2010, publicado en el Registro Oficial No. 128 de 11 de febrero del 2010.”

“Art. 31. Además incorporará en su reglamento interno de funcionamiento disposiciones que obliguen a:

- Apagar maquinarias, computadoras y equipos cuando no se estén usando

- Uso de protectores de pantalla que ahorren energía en las computadoras
- Detectores de movimiento-encendido en los pasillos y baños
- Control del encendido y apagado de las cafeteras
- Prever el mantenimiento anual de equipos y chequear vida útil de los mismos para programar su reemplazo.”

## **2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.2.1 CONCEPTO DE ENERGÍA:**

Según la RAE la energía es la capacidad de realizar un trabajo (RAE, 2014).

La energía en algunas de sus formas constituye parte del patrimonio económico de muchas naciones y el motor de la economía ya que es utilizada en industrias y transporte. Se han peleado guerras por los intereses generados en el control de las fuentes de energía, y constantemente la política y las empresas están influyendo en los precios de la energía en el mundo.

Según proyecciones de expertos en el tema, las reservas de petróleo del mundo se acabarán en el presente siglo, haciendo que las fuentes alternativas de energía se vuelvan de mucha importancia, en vista de que las energías básicas aumentarán de precio y escasearán. Toda forma de energía es importante en cuanto a su aprovechamiento y utilización se trata, de forma especial, las energías renovables y menos contaminantes (Roldán Vilorio, 2008)

La energía es un término de difícil definición. Raymond A. Serway & Jerry S. Faughn en su Física 5a.ed (2001) la describe así:

(...)En su uso ordinario, el término energía tiene que ver con el costo del combustible para el auto y la calefacción, de la electricidad para el alumbrado y los aparatos eléctricos, y de los alimentos que consumimos. Sin embargo, en realidad estas ideas no definen la energía. Ellas nos dicen sólo que se necesitan combustibles para realizar un trabajo y estos combustibles nos proporcionan algo que llamamos energía.

La energía está presente en el Universo en una diversidad de formas, entre las que se cuenta la energía química, la energía electromagnética, y la energía nuclear. Aunque la energía se puede transformar de una forma en otra, la cantidad total de energía del mundo permanece sin cambio. Si una forma de energía de un sistema aislado se reduce entonces, por el principio de conservación de la energía, otra forma de energía debe aumentar. (p.115)

En suma, la energía es necesaria en cada una de sus formas para mantener al mundo en movimiento y no se crea ni se destruye sino que se transforma. Cómo en el caso de la generación energía eléctrica que se obtiene a partir de la energía química (baterías), de las grandes represas (plantas hidroeléctricas) y de la quema de combustibles (plantas termoeléctricas) entre otras fuentes de generación de energía.

### **2.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES**

Es la energía que después de utilizada se puede renovar o volver a generar, se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables. Entre las energías renovables existentes se encuentran: eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocombustibles.

### **2.2.3 ENERGÍAS NO RENOVABLES**

Es la energía que una vez consumida, no se puede volver a producir fácilmente porque se transforma en otro tipo de energía que generalmente resulta de la quema de un combustible. Dos ejemplos de los usos de la energía no renovable son: los motores de los vehículos que consumen gasolina o diésel y producen energía mecánica, una bombona de gas para cocina que se transforma en energía calorífica al ser quemada en la hornilla.

### **2.2.4 TRABAJO**

La energía es la aptitud, o la capacidad, de producir trabajo. Por ejemplo, se necesita energía para sacar una lancha desde el agua hacia la costa o la playa. Por supuesto que también se efectúa trabajo en arrastrar la lancha fuera del agua. Se emplea energía en producir trabajo. El símbolo para trabajo

o energía es  $W$  y se mide en Joules<sup>2</sup>. En el caso de arrastrar la lancha, la energía proviene del cuerpo humano. El trabajo consiste en una fuerza que se mueve a cierta distancia. (Fowler, 1994)

### **2.2.5 POTENCIA**

La potencia se refiere a cuán rápidamente se utiliza o transforma la energía. Ya que la energía es la capacidad de producir trabajo, también podemos decir que la potencia está relacionada con la rapidez de producir trabajo. Potencia es la rapidez en el uso de la energía para producir trabajo.

La potencia necesaria para producir un trabajo especificado depende del tiempo empleado en efectuar tal trabajo. (Fowler, 1994)

La potencia se mide en vatios ( $W$ ) en el sistema internacional<sup>3</sup> y su símbolo es "P".

### **2.2.6 POTENCIA ELÉCTRICA**

La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.

Cuando una corriente eléctrica fluye en cualquier circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico. Los dispositivos convierten la energía eléctrica de muchas maneras útiles, como calor, luz (lámpara incandescente), movimiento (motor eléctrico), sonido (altavoz) o procesos químicos. La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las células fotoeléctricas. Por último, se puede almacenar químicamente en baterías.

---

<sup>2</sup> Unidad de medida de Energía, equivalente a Newton\*metro.

<sup>3</sup> Abreviado SI, es el sistema de unidades que se usa en casi todos los países.

La energía consumida por un dispositivo eléctrico se mide en vatios-hora (Wh), o en kilovatios-hora (kWh). Normalmente las empresas que suministran energía eléctrica a la industria y los hogares, en lugar de facturar el consumo en vatios-hora, lo hacen en kilovatios-hora (kWh). La potencia en vatios (W) o kilovatios (kW) de todos los aparatos eléctricos debe figurar junto con la tensión de alimentación en una placa metálica ubicada, generalmente, en la parte trasera de dichos equipos. En los motores, esa placa se halla colocada en uno de sus costados y en el caso de las bombillas de alumbrado el dato viene impreso en el cristal o en su base.

### **2.2.7 FUENTES DE ENERGÍA**

La primera fuente de energía está en el Sol, que proporciona luz y calor. La energía puede estar en uno de estos dos estados: energía potencial y energía cinética.

### **2.2.8 ENERGÍA POTENCIAL**

Es la energía contenida en un cuerpo o elemento. Es energía latente, es decir, sin desarrollar un trabajo; por ejemplo el agua contenida en un pantano, un trozo de carbón, un depósito de gasolina, una bombona de gas, etc.

### **2.2.9 ENERGÍA CINÉTICA**

Corresponde al desarrollo de energía por el movimiento de un cuerpo; por ejemplo, el salto de agua que mueve una turbina, el carbón que se quema y genera calor, la gasolina que alimenta la combustión de un motor de explosión, etc.

En la siguiente figura se muestra un esquema que resume la clasificación de la energía y provee unos pocos ejemplos:

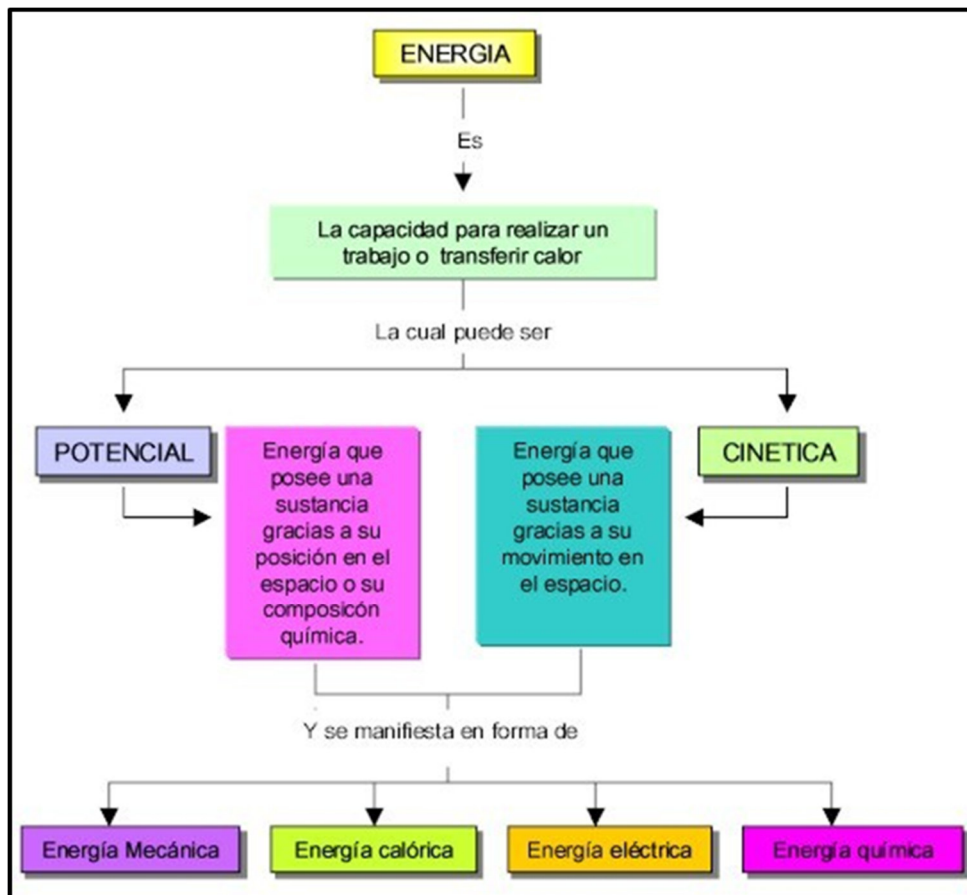


Figura 2.2.1: Tipos de energía

Fuente: <http://www.profesorenlinea.cl/imagenfisica/materiaenergia009.jpg>

### 2.3 TIPOS DE FUENTE DE ENERGÍA

Las principales fuentes de energía renovables y no renovables existentes se detallan en los cuadros 2.3.1 y 2.3.2 a continuación:.

Cuadro 2.3.1: Fuentes de energía renovable.

Energía eólica	El viento
Energía geotérmica	El calor interior de la Tierra
Energía hidráulica	El agua
Energía mareomotriz	El mar
Energía solar térmica	El Sol
Energía fotovoltaica	El Sol
Energía proveniente de la biomasa	Materias agrícolas diversas

<b>Energía de gradiente térmico oceánico</b>	El mar
<b>Otras energías</b>	Origen diverso

Fuente: (Roldán Viloría, 2008)

**Cuadro 2.3.2: Fuentes de energía no renovable.**

<b>Carbón</b>	Minas
<b>Gas Natural</b>	Pozos
<b>Otros Gases</b>	Obtención diversa
<b>Petróleo y sus derivados</b>	Pozos
<b>Madera leña</b>	Naturaleza
<b>Nuclear</b>	Mineral

Fuente: (Roldán Viloría, 2008)

### 2.3.1 ELECTRICIDAD

Es una manifestación o forma de energía. La palabra electricidad, se deriva de la palabra griega Elektron, que significa ámbar y la corriente eléctrica es básicamente un flujo de electrones que se puede volver visible ya sea en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos o físicos

La electricidad debe su origen a las cargas eléctricas que están en reposo o en movimiento y por las interacciones que se dan entre estas. Existen dos tipos de cargas eléctricas, las positivas, llamadas protones y las negativas, llamadas electrones.

#### 2.3.1.1 Electrón

El electrón comúnmente representado por el símbolo:  $e^-$ , es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental negativa.

#### 2.3.1.2 Protón

En física, el protón es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental positiva  $1$  ( $1,6 \times 10^{-19}$  C). Igual en valor absoluto y de signo contrario a la del electrón, y una masa 1836 veces superior a la de un electrón.



### 2.3.1.3 Carga eléctrica

Propiedad eléctrica que poseen los electrones (negativos) y los protones (positivos). La unidad básica de la carga es el Coulomb que equivale la cantidad de carga que poseen  $6,25 \times 10^{18}$  electrones. (Enríquez Harper, Fundamentos de Electricidad (Primera Edición), 1994)

### 2.3.1.4 Corriente eléctrica

También llamada intensidad eléctrica, es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material. Su unidad de medida es el Amperio (A).

Según la ley de Ohm, la intensidad de la corriente es igual a la tensión (o voltaje) dividido por la resistencia que oponen los cuerpos:



**Figura 2.3.1: Ley de Ohm**

**Fuente:**

<http://yazzbonilla.blogspot.com/2012/06/resistencia-electrica-y-ley-de-hm.html>

### 2.3.1.5 Tensión eléctrica

La diferencia de potencial se da entre dos cuerpos con distinta carga y es la capacidad de producir un flujo de electrones entre los mismos. El Volt es la unidad básica para medir la diferencia de potencial y se define como la relación del trabajo a la carga transferida:  $V=W/Q$  volts (V). (Enríquez Harper, Fundamentos de Electricidad (Primera Edición), 1994)

### 2.3.1.6 Resistencia eléctrica

Es la oposición al paso de flujo de electrones, es decir, es toda oposición que encuentra la corriente eléctrica al pasar por un circuito eléctrico cerrado, frenando el flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o equipo conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

### 2.3.2 RAZONES PARA EL EMPLEO MASIVO DE ELECTRICIDAD

La preferencia de la energía eléctrica a otras formas de energía según Brokering, Palma Behnke & Vargas Díaz (2008) corresponde a tres hechos:

- **Facilidad (comodidad) de conversión a otras formas de energía:** La energía eléctrica se transforma directamente en muchas otras formas de energía (mecánica, térmica, luminosa, química) con excelentes rendimientos y cualesquiera que sean las cantidades transformadas. Además estas transformaciones se realizan con equipos sencillos de operar.
- **Facilidad (comodidad) de transporte:** A primera vista, la entrega de energía eléctrica parece difícil, puesto que ella no es almacenable, salvo en pequeñísimas cantidades y por breves espacios de tiempo (por ejemplo en los condensadores<sup>4</sup>). Esto obliga a construir una red eléctrica que conecte permanentemente los consumos con las fuentes de generación. Aun contando con dicha red, tal sistema sería aparentemente complicado de operar, debido a que el proveedor no tendría ningún control sobre el consumo instantáneo. Afortunadamente la práctica ha demostrado que la entrega de energía eléctrica es fácil de controlar, tanto en pequeñas como grandes cantidades, realizándose en forma relativamente simple un equilibrio permanente entre la producción y el consumo (...).
- **Facilidad (comodidad) de distribución:** Esta propiedad deriva del hecho de haber constituido una conexión directa entre el productor y el

---

<sup>4</sup> El condensador es un componente eléctrico cuya función es la de almacenar carga eléctrica

consumidor, y del hecho de que la energía eléctrica se presenta como un flujo continuo, fácil de subdividir y de modular.

### **2.3.3 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Existen distintas formas de generación de energía eléctrica a partir de otras formas de energía como la energía térmica, química y mecánica, todas ellas limitadas por la eficiencia que la física y la termodinámica permiten. Con este propósito existen varios tipos de plantas eléctricas.

Las plantas eléctricas son conjuntos de sistemas diseñados para producir potencia eléctrica y satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad, cumpliendo requisitos técnicos y ambientales. (Enríquez Harper, Tecnologías de generación de energía eléctrica, 2009)

Los principales tipos de plantas eléctricas son las siguientes:

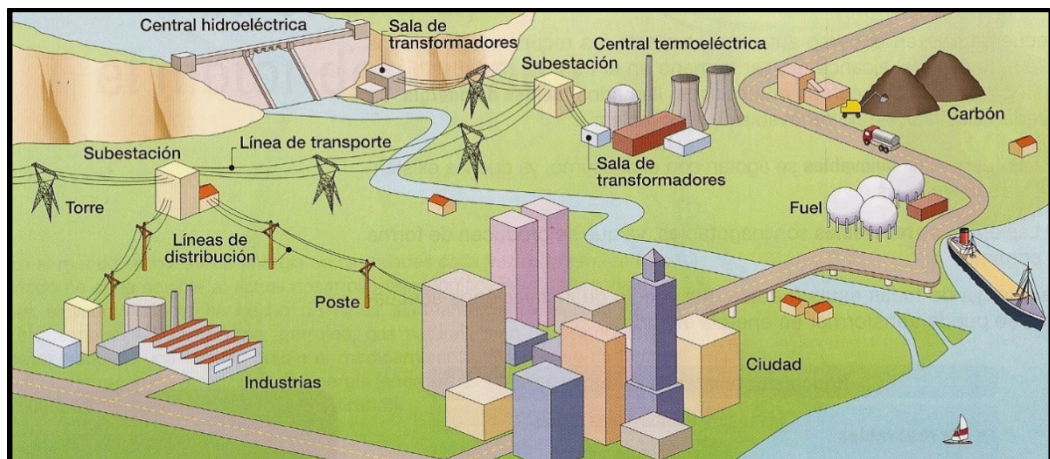
- Plantas eléctricas de vapor (termoeléctricas)
- Plantas eléctricas con turbinas de gas
- Plantas diésel
- Plantas de ciclo combinado
- Plantas hidroeléctricas
- Plantas nucleares
- Plantas eólicas
- Plantas solares
- Plantas de biomasa
- Sistemas eléctricos de potencia

Las centrales generadoras se ubican a menudo en zonas alejadas de los centros de consumo. Ello ocurre por un conjunto de razones técnicas, económicas y ambientales, tales como la localización de caídas o desniveles adecuados en el caso de las centrales hidroeléctricas, una ubicación cercana a las fuentes de carbón y a fuentes adecuadas de agua para refrigeración en el caso de centrales a vapor, cercanía a los gasoductos, etcétera. Esto obliga

a construir líneas de transmisión eléctricas, que paulatinamente dan origen a redes de gran tamaño, denominadas sistemas eléctricos interconectados.

En la operación de estas redes es necesario respetar ciertas restricciones técnicas, que tienen relación con la “calidad” del producto entregado. Estas limitaciones se refieren fundamentalmente a las variaciones aceptables en la tensión y la frecuencia, así como al hecho de que se debe tratar de asegurar la entrega de energía en cualquier momento.

En consecuencia, un Sistema Eléctrico de Potencia corresponde al conjunto de instalaciones que permite generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. (Brokering et al., 2008)



**Figura 2.3.2: Sistemas de Potencia Eléctrica**  
Fuente: (Martínez, 2014)

## 2.3.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### 2.3.4.1 Sistemas de corriente alterna

Históricamente (1880-1890), los primeros sistemas se desarrollaron en corriente continua, debido a su mayor simplicidad, y a las ventajas del motor de corriente continua. Sin embargo, estos esquemas presentaban serias dificultades para interrumpir el paso de la corriente (que no pasa por cero, como en la alterna). Además, la imposibilidad de subir el nivel de tensión pasó

a ser muy pronto una limitación seria, al obligar a tener una misma tensión para generación, transmisión y distribución. Como las limitaciones tecnológicas (aislamiento) impiden subir el nivel de tensión más allá de unos 20 a 25 kV, las posibilidades de transmisión quedaban limitadas a pocos kilómetros.

Por las razones anteriores, una vez perfeccionado el transformador (hacia 1890), comenzó a emplearse la corriente alterna sinusoidal, que permitía el uso de diferentes niveles de tensión en las etapas de generación y transmisión. (Brokering et al., 2008)

#### **2.3.4.2 Frecuencia**

De las muchas frecuencias empleadas inicialmente (16(2/3), 25, 40, 50, 60 Hertz, etcétera), se han mantenido solo unas pocas. La elección ha sido más bien arbitraria y de compromiso, dado que no existen razones definitivas en favor de ninguna de ellas. (Brokering et al., 2008)

En América usamos una frecuencia de 60 Hertz, mientras que en Europa y Asia se utiliza una frecuencia de 50 Hertz.

#### **2.3.5 CONSUMO ELÉCTRICO**

Es la energía total solicitada en un período dado.

La variedad de consumos a los sistemas eléctricos es muy grande: motores, iluminación, calefacción, artefactos domésticos, etcétera. Desde el punto de vista eléctrico es necesario considerar que cada consumo no solo requiere potencia activa  $P$ , sino también una cierta proporción de potencia reactiva  $Q$ , necesaria para crear y mantener los campos electromagnéticos.

Esta proporción, que depende del tipo de consumo, se mide por medio del factor de potencia ( $\cos(\varphi)$ ) o también mediante la  $\text{tg}(\varphi)$ , que es la proporción de potencia reactiva sobre potencia activa ( $Q/P = \text{tg}(\varphi)$ )

Además de variar con la frecuencia y la tensión los consumos cambian con el tiempo. En efecto, permanentemente se están conectando o desconectando cargas, en forma aleatoria, aunque siguiendo los horarios de trabajo, condiciones ambientales, etcétera. Con el fin de simplificar análisis y eliminar de los estudios estas variaciones rápidas (usualmente pequeña magnitud), se acostumbra usar el concepto de demanda en vez del de potencia instantánea. (Brokering et al., 2008)

### **2.3.6 DEMANDA**

Es la potencia presente en los terminales de un sistema, promediada en un intervalo corto y específico de tiempo (por ejemplo 15 minutos, 30 minutos o 1 hora, que es lo más común). (Brokering et al., 2008)

### **2.3.7 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

La energía eléctrica es un bien necesario para realizar las actividades diarias en las industrias, oficinas y hogares, sin embargo su uso es muchas veces no corresponde únicamente a las necesidades de las personas sino que está relacionado al lujo, o simplemente no se usa conscientemente desde un punto de vista ecológico y económico.

Considerando que las mayoría de la energía eléctrica que consumimos proviene de fuentes no renovables es necesario que se realicen esfuerzos por disminuir las ineficiencias en el uso de energía eléctrica, con el fin de preservar este recurso para que pueda seguir disponible para las futuras generaciones, y prolongar el tiempo que se dispone para sustituir la generación de energía eléctrica de fuentes no renovables por la de fuentes renovables.

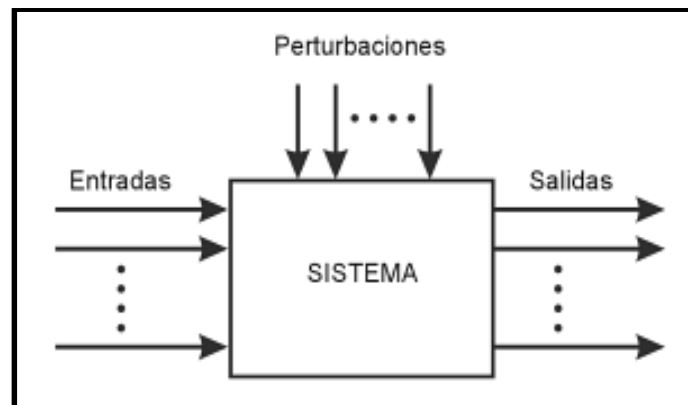
## **2.4 CONCEPTO DE SISTEMA**

Un sistema es “una colección compleja de elementos altamente relacionados y que realiza un determinado objetivo”. (Valdivia Miranda, 2012)

Un sistema se caracteriza por tener señales de entrada, que son señales que se pueden manipular, y señales de salida que son las que se puede

observar y están relacionadas a las entradas a través de su transformación por el sistema. Por lo tanto se puede decir que un sistema es un ente que produce una transformación de señales.

Un sistema también se puede ver afectado por “perturbaciones” que son estímulos externos o internos que no pueden ser controlados, ya sean ruido o interferencias. (Valdivia Miranda, 2012)



**Figura 2.4.1: Flujo de señales de un sistema**  
Fuente: (Valdivia Miranda, 2012)

## 2.5 CONCEPTO DE SISTEMAS DE CONTROL

Son sistemas que tiene por objetivo que las señales de salida sean gobernadas por los datos resultantes de las señales de entrada, con independencia de las perturbaciones. Las señales no necesariamente deben ser naturaleza eléctrica, pueden ser temperaturas, velocidades, presiones, etc. (Valdivia Miranda, 2012)

### 2.5.1 REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Según Valdivia Miranda (2012), los sistemas de control deben reunir los siguientes requisitos:

- **Sensibilidad:** facilidad para responder a excitaciones muy pequeñas, así como la rapidez con que responde un sistema a una excitación dada.

- **Precisión:** es la capacidad de dar el mismo resultado en instantes diferentes realizados bajo las mismas condiciones.
- **Estabilidad:** un sistema es inestable cuando la señal de salida oscila de forma continua y la amplitud crece con el tiempo. Por el contrario en un sistema estable las oscilaciones son atenuadas con el tiempo. Lo principal en un sistema de control es que sea estable bajo cualquier circunstancia.

## 2.6 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Un sistema de iluminación es el conjunto de dispositivos lumínicos instalados para revelar nuestros alrededores de manera de trabajar en forma eficiente y segura. Hoy se entiende la iluminación también como un medio para crear ambientes agradables y como una herramienta para lograr confort. La iluminación acentúa las características funcionales y estéticas de un espacio, así como sus proporciones, de tal manera que mejora nuestra manera de percibirlo visualmente.

### 2.6.1 ILUMINACIÓN GENERAL

Se denomina así a la iluminación que proporciona un nivel uniforme sobre una superficie, normalmente de lugares considerados amplios por el tamaño de la construcción, como por ejemplo armarios, cuartos de almacenamiento y garajes, una luminaria o un grupo de ellas, pueden proporcionar toda la iluminación necesaria. Este tipo de iluminación suele utilizarse en áreas donde el estilo y la apariencia son secundarios a los objetos que están siendo iluminados y el costo es un factor más importante.

El requerimiento para una buena distribución de la iluminación general es tener una iluminación horizontal sin sombras.





**Figura 2.6.1: Iluminación General**  
Fuente: <http://maresa.com/>

## 2.6.2 ILUMINACIÓN DE TAREAS

Proporciona iluminación en áreas reducidas y específicas de trabajo como escritorios y mostradores. La iluminación de tareas no depende de la iluminación general, y proporciona una iluminación de mejor calidad para tareas específicas, enfocada directamente en el área de trabajo. La mayoría de las luminarias para tareas son direccionables o locales.



**Figura 2.6.2: Iluminación General**  
Fuente:  
[http://maresa.com/v2/?page\\_id=9298](http://maresa.com/v2/?page_id=9298)

### 2.6.3 ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA

Se identifica por acentuar los elementos que distinguen de manera específica un espacio en general, como sus paredes, techos, pisos, en vez de los objetos presentes.



**Figura 2.6.3: Iluminación arquitectónica**

**Fuente:**

[http://maresa.com/v2/?page\\_id=9298](http://maresa.com/v2/?page_id=9298)

### 2.6.4 ILUMINACIÓN PARA ACENTUACIÓN

Es empleada para resaltar las características específicas dentro de un espacio cerrado, tales como las obras de arte en museos, no debe crear altos niveles de resplandor y brillo.



**Figura 2.6.4: Iluminación General**

**Fuente:**

[http://maresa.com/v2/?page\\_id=9298](http://maresa.com/v2/?page_id=9298)

## 2.6.5 ILUMINACIÓN PARA AMBIENTES

Es utilizada para darle estilo a los espacios a iluminar. Generalmente se caracteriza por la combinación de los diversos tipos de iluminación: general, arquitectónica, de acentuación y de tareas para así crear ambientes y lugares de trabajo comfortable.



**Figura 2.6.5: Iluminación General**

**Fuente:**

[http://maresa.com/v2/?page\\_id=9298](http://maresa.com/v2/?page_id=9298)

## 2.7 TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

Existen diferentes sistemas de iluminación y tipos de lámparas y luminarias, entre los cuales tenemos las lámparas standard, halógenas, halógenas reflectoras, lámparas de descargas, fluorescentes, fluorescentes compactas, halogenuro metálicas, luces HMI y luces LED.

### 2.7.1 LÁMPARAS STANDARD

Se caracterizan por su temperatura de color baja o también llamada cálida. El espectro continuo de la lámpara incandescente da como resultado una reproducción cromática<sup>5</sup> excelente. Como fuente de luz puntual con una luminancia elevada, produce brillantez. Las lámparas incandescentes admiten ser reguladas sin inconvenientes. No requieren de sistemas electrónicos adicionales para su normal funcionamiento. Las desventajas de la lámpara

---

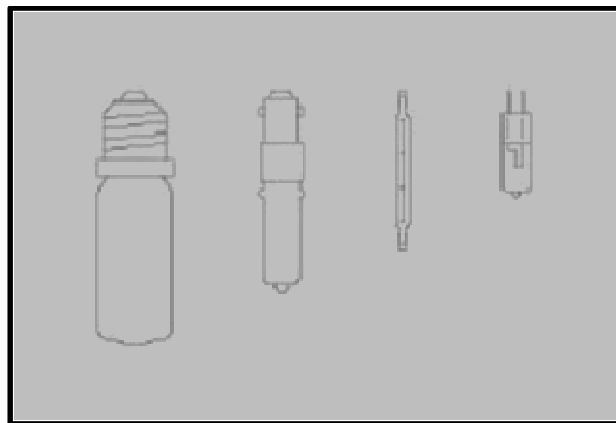
<sup>5</sup> Efecto de una iluminación sobre la percepción del color de los objetos, en comparación con su percepción del color bajo una iluminación natural o ideal.

incandescente son su baja eficacia luminosa y una duración de vida nominal relativamente corta.

### 2.7.2 LÁMPARAS HALÓGENAS

La lámpara halógena incandescente brinda una luz más blanca que la lámpara incandescente común. La reproducción cromática es excelente, debido a su espectro continuo. A causa de su forma compacta, la lámpara halógena incandescente es una destacada fuente de luz puntual.

La eficacia luminosa y duración de vida de lámparas incandescentes halógenas son superiores a las de las lámparas incandescentes comunes. Las lámparas incandescentes halógenas son regulables y no requieren sistemas electrónicos extra; no obstante, las lámparas halógenas de bajo voltaje requieren de transformadores para su funcionamiento. Estas lámparas emiten la luz en toda dirección.



**Figura 2.7.1: Lámparas incandescentes halógenas**  
Fuente:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/blog/docentes/trabajos/3301\\_7767.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/3301_7767.pdf)

### 2.7.3 LÁMPARAS HALÓGENAS REFLECTORAS

La lámpara incandescente reflectora halógena provee una luz más blanca en comparación con la lámpara incandescente común.

La lámpara permite un diseño compacto de la luminaria y una alta concentración de la luz.

#### **2.7.4 LÁMPARAS DE DESCARGAS.**

Las lámparas de descarga constituyen una alternativa para para la producción eficiente y económica de luz frente a las lámparas incandescentes. Por ese motivo su uso es muy extendido en la actualidad. La luz emitida se consigue por la excitación de un gas mediante descargas eléctricas entre dos electrodos.

#### **2.7.5 LÁMPARAS FLUORESCENTES**

Las lámparas fluorescentes tienen una gran superficie que proyecta la luz, produciendo una luz difusa con poca brillantez. Los colores de luz de las lámparas fluorescentes son: el blanco neutro, el blanco cálido, y el blanco de luz diurna. Las lámparas fluorescentes se caracterizan por una alta eficacia luminosa y una larga vida útil.

El gas cargado es un gas raro, cuya función es facilitar el encendido y controlar la descarga. Al excitarse, el vapor de mercurio irradia rayos ultravioletas.

Los materiales fluorescentes, que se encuentran dentro del depósito de descarga, convierten los rayos ultravioletas por fluorescencia en luz visible.

#### **2.7.6 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

Gracias a la forma curva del depósito de descarga, las lámparas fluorescentes compactas son más cortas que las lámparas fluorescentes corrientes.

Tienen básicamente las mismas propiedades que las lámparas fluorescentes convencionales, tales como una elevada eficacia luminosa y larga duración de vida. El volumen comparativamente pequeño del depósito

de descarga permite producir luz concentrada mediante el reflector de una luminaria.

### **2.7.7 LÁMPARAS HALOGENUROS METÁLICAS**

Las lámparas de halogenuros metálicos cuentan con una luminosidad eficaz junto con una buena reproducción cromática; su duración de vida nominal es elevada.

Se consideran una fuente de luz compacta. Ópticamente su luz permite muy bien el ajuste de su dirección y la reproducción cromática no es constante.

Las lámparas de halogenuros metálicos están disponibles en los tres colores de luz: blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna, y no se regulan. Contienen además, una mezcla de halogenuros metálicos.

Las lámparas reflectoras de halogenuros metálicos combinan la tecnología de las lámparas de vapor metálico con la de las lámparas reflectoras parabólicas.

### **2.7.8 LUCES HMI**

HMI, significa "Hydrargyrum Medium Arc-length Iodide", es un tipo de lámpara que emite una luz muy intensa que simula la temperatura de color del sol. Las luces HMI son más eficientes que las de tungsteno-halógeno y generan menos calor (una consideración importante cuando se usa en lugares cerrados y pequeños)

La mayor desventaja de las luces HMI es que requieren de una fuente de poder de alto voltaje grande, pesada y costosa. Aun así, por su eficiencia y potencia lumínica, por la temperatura de color de la luz que emiten, las luces HMI son utilizadas frecuentemente en exteriores, muchas veces para rellenar las sombras causadas por el sol.

### **2.7.9 LUCES TIPO LED**

Un led (light-emitting diodo: 'diodo emisor de luz') es un componente opto electrónico pasivo y, más concretamente, un diodo que emite luz.

#### **Ventajas y desventajas**

Los ledes presentan muchas ventajas sobre las fuentes de luz incandescente y fluorescente, principalmente el bajo consumo de energía que a la larga los hacen más económicos, mayor tiempo de vida, menor tamaño, durabilidad, resistencia a las vibraciones, reducen la emisión de calor, no contienen mercurio (el cual es venenoso si se expone al medioambiente), en comparación con la tecnología fluorescente, no crean campos magnéticos altos como la tecnología de inducción magnética, con los cuales se crea mayor radiación residual hacia el ser humano; reducen ruidos en las líneas eléctricas, no les afecta el encendido intermitente ya que esto no reduce su vida promedio, son especiales para sistemas anti explosión ya que cuentan con un material resistente, además cuentan con un alto nivel de fiabilidad y duración.

#### **Tiempo de encendido**

Los ledes tienen la ventaja de poseer un tiempo de encendido muy corto (menor a un milisegundo) en comparación con las luminarias de alta potencia como lo son las luminarias de alta intensidad de vapor de sodio, aditivos metálicos, halogenuro o halogenadas y demás sistemas con tecnología incandescente.

#### **Variedad de colores**

La amplia variedad de colores que producen los ledes ha permitido el desarrollo de nuevas pantallas electrónicas de texto monocromáticas, bicolores, tricolores y RGB (pantallas a todo color) con la habilidad de reproducir de vídeo para fines publicitarios, informativos o tipo indicadores.

## Desventajas

Según un estudio de la Universidad Complutense de Madrid, parece ser que los ledes que emiten una frecuencia de luz muy azul, pueden ser dañinos para la vista y provocar contaminación lumínica. Los ledes con la potencia suficiente para la iluminación de interiores son relativamente caros y requieren una corriente eléctrica más precisa, por su sistema electrónico para funcionar con voltaje alterno, y requieren de disipadores de calor cada vez más eficientes en comparación con las bombillas fluorescentes de potencia equiparable.

## Focos led versus focos convencionales



**Figura 2.7.2: Comparación de luces LED, con fluorescentes e incandescentes.**  
**Fuente:**  
<http://www.ahorroenergiahoy.com.mx/producto.php?categoria=4&subcategoria=&producto=38>

Debido al principio “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma“. Se sabe que un foco transforma la energía recibida en dos cosas: calor e iluminación (luz). Si un foco se calienta mucho, estará desperdiciando parte de la energía recibida en producir calor y con la energía sobrante produce Iluminación.

En cambio, sí un foco se calienta poco, puede utilizar más cantidad de la energía recibida en generar iluminación.

Por ejemplo, si tenemos que un foco incandescente utiliza un 60% de la energía recibida en producir calor y solo un 40% en recibir iluminación; en cambio un foco fluorescente utiliza desde un 15% para producir calor y un



85% para producir Iluminación; ahora tenemos que los focos Led, se calientan mucho menos, porque utilizan menos del 5% de la energía recibida en producir calor y más 95% en iluminación.

Existen tres principales tipos de focos más utilizados:

**a) Los focos Incandescentes.-** son aquellos que comienzan a calentarse a través de un filamento de tungsteno por donde recorre la electricidad, hasta llegar a una resplandescencia que produce la luz. En este foco la electricidad se transforma en Calor y en Luz.

**b) Los focos Fluorescentes o ahorradores.-** están compuestos de entre 4 y 5 miligramos de mercurio que les ayuda a producir la luz ultravioleta cuando pasa la electricidad haciendo posible la luz visible.

Funcionan de forma parecida a los tubos fluorescentes y tienen una serie de ventajas, a parte de su bajo consumo: son frías, no emiten la misma cantidad de calor que las tradicionales. Utilizan entre un 50 y un 80 por ciento menos de energía produciendo la misma cantidad de luz. Son más caros, pero también duran más.

Su mayor inconveniente es que contienen un gas con una pequeña porción de mercurio que la convierte en un residuo peligroso, además de no poderse desechar en la basura sino que tienen que ser entregadas en puntos especiales para su reciclaje.

Para iluminar una habitación se necesita un foco de 100 Watts de los incandescentes mientras que con los focos fluorescentes o Ahorradores se necesita uno de 20 Watts, es decir 80% menos energía para producir la misma iluminación.

Los focos incandescentes duran unas 1,000 horas a diferencia de los focos ahorradores que llegan a durar 8,000 horas.

**c) Los Focos Light Emitting Diode (Focos Led).-** tienen un semiconductor inorgánico recubierto por una resina epoxi transparente, el cual está unido a

dos terminales: cátodo y ánodo (negativo y positivo respectivamente). Al momento de pasar la electricidad se produce un efecto denominado electrolumiscencia dando origen a la luz.

La principal ventaja de los focos Led o lámpara de Led, es que dura mucho y consume poca energía. Se estima que tienen una duración de 70.000 horas o lo que es lo mismo, dura 70 veces más que un foco tradicional, por lo que aunque su precio sea más elevado, queda claro que su duración lo compensa.

Según la página del Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables (CEMAER), los focos led pueden tener una duración de hasta 17 años y son capaces de mantener la misma intensidad de iluminación por hasta 50.000 horas. Esto no significa que después de ese período deban ser desechados, ya que aún seguirán teniendo capacidad lumínica pero la emisión de luz será gradualmente menor y poco perceptible. (CEMAER, 2014)

Algo más a tener en cuenta, es la reducción de emisión de calor que producen las bombillas; mientras un foco normal emite una cantidad considerable de calor, lo que incrementa la temperatura en el lugar instalado, las bombillas LED transforman un gran porcentaje de su energía en luz y sólo un pequeño porcentaje en calor.




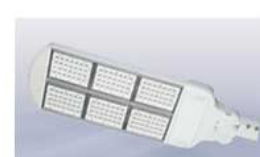
La gran diferencia de las lámparas o focos LED con respecto a la ahorradora (fluorescente), es que no contienen elementos tóxicos y no necesitan tiempo para calentarse, alcanzando un 100 por cien de rendimiento desde el momento que se encienden, además de que son reciclables.

### 2.7.10 TIPOS DE LUCES LED








Modelo	Producto	Voltajes	Cantidad de leds por unidad	Tipo de Led	Consumo en Watts X Hora	Color	Lumenes	Angulo de luz	Peso Neto
Bulb-1		AC/85-265V	7PCS	EDISON	7W	Blanco	520lm	160°	145g
						Calido	420lm		
Bulb-2		AC/85-265V	6PCS	EDISON	6W	Blanco	390lm	160°	115g
						Calido	285lm		
			6PCS	CREE	6W	Blanco	390lm		
						Calido	285lm		
			5PCS	EDISON	5W	Blanco	400lm		
						Calido	300lm		
Bulb-3		AC/85-265V	3PCS	EDISON	3W	Blanco	270lm	180°	115g
						Calido	195lm		
				EDISON	6W	Blanco	390lm		
						Calido	285lm		
			5PCS	CREE	6W	Blanco	390lm		
						Calido	285lm		
				EDISON	5W	Blanco	450lm		
						Calido	325lm		
Bulb-4		AC/85-265V	72PCS	SMD	4W	Blanco	300lm	360°	70g
						Calido	270lm		
Bulb-3		AC/85-265V	42PCS	SMD	2.5W	Blanco	185lm	360°	50g
						Calido	165lm		

Figura 2.7.3: Tipos de luces LED (2.5W – 7W)






Fuente: <http://www.freewatts.com.mx/>

Modelo	Producto	Voltajes	Consumo en Watts X Hora	Lumenes	Peso
<b>FWST28W</b> (Reemplazo de Vapor de Sodio)		AC85-265V o 12V	28W	2400lm	2.25kg
<b>FWST56W</b>		AC85-265V o 12V	56W	4700lm	8.75kg
<b>FWST112W</b>		AC85-265V o 12V	112W	9500lm	13kg
<b>FWST168W</b>		AC85-265V o 12V	168W	13800lm	16.5kg

**Figura 2.7.4: Tipos de luces LED (28W-168W)**  
Fuente: <http://www.freewatts.com.mx/>

Modelo	Producto	Medidas	Voltajes	Consumo en Watts X Hora	Color	Lumenes	Angulo de luz
FWGRID01		155*155	AC 100-260V	3W	Blanco	210lm	15,25,45
					Calido	150lm	
				9W	Blanco	540lm	
					Calido	360lm	
FWGRID02		305*155	AC 100-260V	12W	Blanco	840lm	15,25,45,60
					Calido	600lm	
				36W	Blanco	2160lm	
					Calido	1440lm	
FWGRID03		390*135	AC 100-260V	9W	Blanco	630lm	15,25,45,60
					Calido	450lm	
				27W	Blanco	1620lm	
					Calido	1080lm	
FWGRID04		155*155	AC 100-260V	6W	Blanco	420lm	15,25,45,60
					Calido	300lm	
				18W	Blanco	1080lm	
					Calido	720lm	
FWGRID05		265*135	AC 100-260V	6W	Blanco	420lm	15,25,45,60
					Calido	300lm	
				18W	Blanco	1080lm	
					Calido	720lm	
FWGRID06		450*155	AC 100-260V	9W	Blanco	630lm	15,25,45
					Calido	450lm	
				27W	Blanco	1620lm	
					Calido	1080lm	
FWGRID07		450*155	AC 100-260V	18*1W	Blanco	1100lm	15,25,45
					Calido	900m	
				18*3W	Blanco	3240lm	
					Calido	2340lm	

**Figura 2.7.5: Tipos de luces LED consumo graduable (3W – 18W)**  
Fuente: <http://www.freewatts.com.mx/>

MODELO	IMAGEN	VOLTAGE	WATTS / HORA	ANGULO	PESO
FWPRD01		AC110V/220V	12W	15, 30, 45, 60	2022g
			36W		
FWPRD02		AC110V/220V	24W	15, 30, 45, 60	5030g
			72W		
FWPRD03		AC110V/220V	18W	15, 30, 45, 60	3800g
			54W		
			27W		
			81W		
FWPRD04		AC85-265V	36W	15,30,45,60	3800g
FWPRD05		AC85-265V	18W	15,30,45,60	3800g

**Figura 2.7.6: Tipos de luces LED modelos FWPRD**

Fuente: <http://www.freewatts.com.mx/>

## 2.8 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO (A/A)

El acondicionador de aire es una máquina que extrae el calor de una casa o edificio y lo expulsa al ambiente exterior mediante el uso de cinco partes interrelacionadas:

- Refrigerante
- Compresor
- Condensador
- Válvula de Expansión
- Bobina del Evaporador

### **2.8.1 REFRIGERANTE**

El refrigerante es comparable a la "sangre" que bombea a través del sistema de aire acondicionado. Cambia de estado de vapor de gas a líquido a medida que recoge el calor de la casa y lo saca al exterior. El refrigerante es especial, ya que tiene un punto de ebullición muy bajo, lo que quiere decir que cambia de líquido a vapor a bajas temperaturas.

### **2.8.2 COMPRESOR**

Es el "corazón" del sistema que bombea refrigerante por todos los componentes de refrigeración en un gran bucle. El refrigerante entra al compresor como un vapor caliente de baja presión y sale de allí como un vapor caliente de alta presión.

### **2.8.3 CONDENSADOR**

Desde el compresor, el vapor de refrigerante caliente pasa al condensador. Aquí, el vapor de refrigerante caliente a alta presión es enfriado por el aire que es soplado sobre las bobinas de condensación con aletas por el ventilador del condensador, a medida que se desplaza por las bobinas con aletas. A medida que el refrigerante se enfría, cambia de estado de vapor caliente a líquido caliente a alta presión y pasa a la válvula de expansión. El compresor, la bobina del condensador y el ventilador del condensador están situados en la caja ruidosa que se encuentra en el exterior, a menudo llamada unidad de condensación.

### **2.8.4 VÁLVULA DE EXPANSIÓN**

A medida que el líquido refrigerante caliente pasa a través de una pequeña abertura a alta presión en la válvula por un lado, sale como una niebla fría a baja presión por el otro lado porque a medida que un gas se expande, se enfría. Como resultado de ese proceso se obtiene un vapor frío líquido a baja presión que pasa a la bobina del evaporador.

### 2.8.5 BOBINA DEL EVAPORADOR

El líquido frío a baja presión que sale de la válvula de expansión para pasar por la bobina del evaporador situada en la cámara de mezcla del horno. Aquí el aire caliente del interior sale a través de la bobina del evaporador y lo calienta, mientras que la bobina fría enfría el aire que sopla a través de ella y lo devuelve al interior. A medida que el refrigerante se calienta, hierve y cambia de líquido frío y se evapora en un vapor caliente. A partir de ahí pasa nuevamente al compresor y la unidad de condensación exterior y el ciclo de enfriamiento continúa.



**Figura 2.8.1: Componentes de sistemas de aire acondicionado**

**Fuente:**

<http://reparaciones.about.com/od/heatingcoolingrepair/ss/How-Your-Home-ir-Conditioning-System-Works.htm>

### 2.8.6 ACONDICIONARES DE AIRE INVERTER

La tecnología inverter consiste en un circuito de conversión de energía que integra un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura modulando las revoluciones del compresor para adaptarse a las necesidades de temperatura de la estancia a climatizar. Una vez alcanzada la temperatura deseada, los equipos inverter funcionan a una potencia mínima reduciendo muy significativamente el consumo eléctrico y



evitando así los picos de arranque del compresor. Esto se traduce en un ahorro anual de electricidad de hasta un 40% respecto a sistemas no Inverter.

El sistema Inverter permite por un lado que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir muy rápidamente la temperatura deseada. Por otro lado, una vez alcanzada esta temperatura de confort, el sistema Inverter permite el funcionamiento del equipo hasta un 15% por debajo de su potencia, manteniendo constante la temperatura de confort en un margen de +/- 0,5°C evitando fluctuaciones de temperatura. Esto se traduce en una significativa reducción de ruido y consumo y un incremento en la sensación de confort.

El sistema Inverter también alarga la vida del equipo porque evita las continuas fluctuaciones, paros y arranques del compresor. Así mismo, mejora la eficiencia de la bomba de calor permitiendo el correcto funcionamiento del equipo incluso a temperaturas bajo cero muy extremas.

Los equipos Inverter consumen únicamente la energía que necesitan para alcanzar la temperatura seleccionada y consiguen mantenerla constante. De esta manera logran la eliminación del ruido, menos gasto y prolongación de la vida útil del compresor.



**Figura 2.8.2: Tipos de acondicionadores de aire inverter**

Fuente: <http://blog.disfrutaelfujitsu.com/aire-acondicionado-inverter/>

## 2.9 SISTEMAS DE DOMÓTICA

El autor Martín Castillo (2009) en su libro “PCPI - Instalaciones domóticas”, define a la domótica de la siguiente manera: “La domótica es una técnica que permite la automatización de las instalaciones eléctricas de viviendas y edificios.”

Existen diferentes niveles de automatización y su costo depende de la sofisticación de la instalación en base al presupuesto del usuario. En el mercado existen paquetes de automatización encendido y programado de dispositivos, automatización del encendido de luminarias ante la presencia de personas, regulación de luminosidad, detección de humo, detección de gas, entre otros los cuales la domótica se encarga de integrar, si esa es la necesidad del usuario.



**Figura 2.9.1: Esquema de una vivienda domótica**  
Fuente: (Martín Castillo, 2009)

### 2.9.1 APLICACIONES DE LA DOMÓTICA

En el siguiente cuadro se detallan las aplicaciones que actualmente tiene la domótica en distintas áreas de utilidades y servicios.

**Cuadro 2.9.1: Aplicaciones de la domótica**

<b>Seguridad y alarmas:</b>	<p>Alarmas de anti intrusión y robo.</p> <p>Simulación de presencia</p> <p>Alarmas técnicas: detección de gases, humos, inundación, etc.</p>
<b>Control y gestión de energía:</b>	Ahorro energético mediante la gestión optimizada de cargas eléctricas
<b>Áreas de comunicación:</b>	<p>Intercomunicadores.</p> <p>Integración de Internet en el control eléctrico de la vivienda.</p> <p>Distribución multimedia</p>
<b>Sistemas de confortabilidad:</b>	<p>Regulación de luminosidad</p> <p>Control remoto de luminarias y dispositivos.</p> <p>Gestión de persianas y toldos.</p> <p>Sistema de riego automatizado</p>

Fuente: (Martín Castillo, 2009)

## 2.9.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DOMÓTICO

Una instalación domótica está formada generalmente de los siguientes elementos según Martín Castillo (2009): sensores, actuadores y nodos.

### 2.9.2.1 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de enviar señales al sistema domótico. Entre los tipos de sensores se puede encontrar:

- Interruptor
- Detector de presencia
- Termostato
- Sensor de viento
- Sensor de lluvia
- Actuadores

Un actuador es un dispositivo que recibe señales del sistema domótico. Cualquier elemento que se active eléctricamente puede ser un actuador. Algunos de los más característicos utilizados en domótica son:

- Lámpara (bombillos)
- Sirena
- Electroválvula
- Motor de toldo
- Motor de persiana
- Nodo

Es el dispositivo que recibe, procesa y envía las señales domóticas procedentes de los sensores hacia los actuadores. Un sistema domótico puede disponer de uno o más nodos interconectados entre sí, de los cuales “cuelgan” sus respectivos sensores y actuadores.

Cuando el nodo es único y todos los sensores y actuadores están conectados a él, se dice que es un sistema centralizado.

Sin embargo, cuando existen varios nodos interconectados entre sí a través de un bus de datos común, se dice que es un sistema distribuido o descentralizado.

### **2.9.3 DOMÓTICA Y EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

La domótica permite mejorar la eficiencia energética en hogares y edificios además de proveer confort mediante la automatización. Al permitir gestionar la iluminación, climatización, el agua caliente sanitaria, los sistemas de riego, los electrodomésticos, entre otros, empleando los recursos naturales de una manera más eficiente y que contribuye con el medio ambiente.

En la iluminación, la domótica permite adaptar el nivel de luz artificial necesaria en función de la luz exterior, la presencia de personas, los espacios de la casa. Además, el control automático de persianas o toldos permita aprovechar la luz solar para minimizar las necesidades de iluminación artificial. (Moro Vallina, 2011)

En cuanto a la climatización, en el Ecuador, la región costa que presenta dos estaciones marcadas, siendo la de invierno que requiere una mayor disponibilidad de energía eléctrica, por el uso en climatizadores de aire, debido a la alta temperatura reinante en ese período, es el principal escenario en donde se utilizan los acondicionadores de aire o splits.

La ciudad de Salinas, perteneciente a la región costa del Ecuador, donde se encuentra ubicada la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde” posee un clima de tipo árido desértico debido a la influencia de la corriente de Humboldt, que pasa por la península. Su promedio anual de precipitación es entre 125 a 150mm, lo que la hace una de las ciudades ecuatorianas más secas. Tiene dos temporadas, la lluviosa y la seca. La lluviosa se manifiesta entre los meses de enero hasta abril y la seca en los meses restantes. Las temperaturas oscilan entre los 21 y 33°C.a lo largo del año. Por este motivo el uso de acondicionadores de aire en edificios es constante, sin embargo en los meses de agosto, septiembre y octubre la

temperatura media desciende un poco y en las tardes es posible permanecer a una temperatura agradable con tan solo la ventilación del aire exterior.

Debido a estas consideraciones un sistema de control automático bien podría emplearse para lograr un uso eficiente del acondicionador de aire, manteniéndolo apagado cuando la temperatura exterior sea confortable y cuando no haya personas presentes en el aula o cuarto, lo que a su vez reportaría un ahorro de recursos a la Escuela Naval.

## 2.10 IDENTIFICACIÓN Y/O CARGAS EXISTENTES

Se realizó un levantamiento de los equipos y circuitos eléctricos que existen en el área de cursos y se pudo determinar que la carga predominante existente es de acondicionadores de aire y de iluminación, también se realizó el levantamiento del alumbrado general de toda la escuela, teniendo un consumo aproximado como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.10.1: Potencia instalada en área de cursos**

Tipo de circuito	Potencia Instalada en kilovatios
Acondicionadores de aire del área de cursos	233 KW
Iluminación del área de cursos	31 KW
Alumbrado general y pasillos	26 KW

**Fuente:** Levantamiento de información de área de cursos y alumbrado general ESSUNA.

**Elaborado por:** Remigio Haro

Siendo estos los mayores consumidores se determinó realizar el estudio para la instalación de un sistema de control automático para el apagado de acondicionadores de aire e iluminación que no están siendo utilizados, que permitirá ahorrar un consumo de energía eléctrica considerable. En el capítulo III se detalla el cálculo realizado para obtener este cuadro.

## **2.11 FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ILUMINACIÓN Y ACONDICIONADORES DE AIRE**

Consiste en controlar la iluminación de las aulas de clases y acondicionadores de aire, como del alumbrado general de la Escuela Superior Naval, el sistema trabajará de tal forma que la iluminación general de toda la Escuela, se encienda y se apaguen automáticamente a una hora determinada, calibrando el controlador en los horarios de encendido y apagados deseados, la iluminación y los acondicionadores de aire de la aulas de clases se enciendan manualmente pero se apaguen automáticamente cuando no detecten presencia de personas en su interior.

El sistema de control automático a implementarse tiene como finalidad la reducción de costos en el consumo de energía eléctrica en la Escuela Superior Naval, para lo cual este proyecto contempla el estudio para la implementación del sistema en el área de cursos y la iluminación general de la Escuela, de ser factible, este estudio servirá como referencia para poder implementar a futuro el sistema automático de control no solo en el área de cursos, sino también en toda la Escuela.

Para la reducción del consumo de energía eléctrica, no solo consiste en implementar un sistema automático para el control de apagado de luces y acondicionadores de aire, sino que también implica el cambio de equipos convencionales a unos de mayor eficiencia, es decir que también tendrán un menor consumo que los equipos convencionales, y así complementamos el sistema el cual garantizará un ahorro considerable, además de un sistema eficaz y eficiente.

### **2.11.1 SISTEMA AUTOMÁTICO DE LUCES**

Se desea implementar un sistema que permita reducir el uso innecesario de energía en las diversas aulas del área de curso, durante el tiempo en que ninguna persona se encuentra en las instalaciones, obteniéndose con esto

una significativa reducción en los costos por energía eléctrica destinada a iluminación.

El primer paso para obtener un importante porcentaje de ahorro en el consumo de energía es el cambio de las luces existentes (bombillos incandescentes y fluorescentes) por equipos de iluminación de alta eficiencia (tecnología LED), en el área de curso como del alumbrado general de la escuela.

Para el control automático de apagado de luces en el área de cursos se emplearan detectores de presencia y relés ya que activan o desactivan circuitos impidiendo que se haga un consumo indiscriminado de energía eléctrica. Por ejemplo, sólo se mantendrán encendidas las luces en los espacios donde haya personas.

Las luces se encenderán manualmente pero se apagaran automáticamente luego de 10 minutos que el detector de presencia cense la ausencia de personas.

Para el control de encendido y apagado del alumbrado general de toda la escuela se emplearan temporizadores el cual permitirá calibrar la hora de encendido y apagado, por ejemplo que se enciendan todos los días a las 18:00 y se apaguen a las 00:00.

### **2.11.2 SISTEMA AUTOMÁTICO DE AIRE ACONDICIONADO**

Para el control automático de apagado de acondicionadores de aire en el área de cursos se emplearan detectores de presencia ya que activan o desactivan servicios impidiendo que se haga un consumo indiscriminado de energía eléctrica. Por ejemplo, sólo se mantendrán encendidos los acondicionadores de aire en los espacios donde haya personas.

Los acondicionadores de aire se encenderán manualmente pero se apagaran automáticamente luego de 10 minutos que el detector de presencia cense la ausencia de personas.



### **2.11.3 DETECTORES DE PRESENCIA**

Los detectores de presencia son dispositivos que se activan o desactivan en forma automática algún tipo de mecanismo eléctrico o mecánico, al cual están conectados, en función de la detección o no de presencia humana.

Su funcionamiento se basa en la emisión de radiación infrarroja, que capta la presencia de las personas dentro de una zona determinada, llamada rango de trabajo. El detector mide la temperatura ambiente del lugar y ante cambios bruscos producidos por la presencia de un cuerpo que irradia calor, normalmente una persona; activa o desactiva un determinado dispositivo.

El campo de detección puede alcanzar superficies de hasta 200 m<sup>2</sup>, pero pueden variar de 0 a 20 metros y ángulos de 100° a 360°, según sea el modelo.

Tanto la distancia de detección, como el retardo de conexión/desconexión pueden ser ajustados por el usuario.

#### **Tipos y características de funcionamiento**

Estos sensores detectores pueden estar conectados a dispositivos de iluminación, sirenas o cualquier otro aparato que se active al rastrear una presencia.

Son muy recomendables para lugares de paso como pueden ser escaleras, pasillos, entradas a viviendas, ya que estas zonas son de ocupación intermitente y muy común de dejar las luces encendidas. Mediante la instalación de estos sensores de presencia, el usuario se asegura de que permanezcan encendidas solo el tiempo suficiente, produciendo un ahorro de energía y aportando comodidad a las personas de tránsito por el lugar.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

## Techo

Para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencia. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clases. Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.



**Figura 2.11.1: Sensores de techo**  
Fuente: <http://www.electroserviluz.com/>

## Pared

Este tipo de sensores reemplazan a los interruptores de pared y en los mejores casos tienen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando ingresa luz natural suficiente; sin embargo, no detectan el nivel de iluminación en el plano de trabajo.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas programadas y temporales, que no requieren de una iluminación permanente.



**Figura 2.11.2: Detectores de presencia**

**Fuente:** <http://www.espormadrid.es/2012/11/plan-de-instalacion-de-detectores-de.html>

#### **2.11.4 TEMPORIZADORES**

Un temporizador es un aparato mediante el cual, podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico pasado un tiempo desde que se le dio dicha orden.

Estos dispositivos pueden ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarias.

#### **2.11.5 RELOJES (TIMERS)**

La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores.

Existen unidades más complejas que permiten una programación para los 365 días del año y con ajustes para cada estación.

Temporizadores que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente:

Este tipo de dispositivos mecánicos se encuentran en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar

las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.

### 2.11.6 TEMPORIZADORES ELECTRÓNICOS:

Dispositivos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión, que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios, por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.



**Figura 2.11.3: Tipos de temporizadores**

**Fuente:**

<http://servicelectric09.blogspot.com/2009/08/clases-de-temporizadores.html>

### 2.11.7 RELÉ

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

#### **2.11.7.1 Estructura y funcionamiento**

El electroimán hace bascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.A o N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado). Si se le aplica un voltaje a la bobina se genera un campo magnético, que provoca que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permite que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito.

#### **2.11.7.2 Tipos de relés**

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y desactivación, entre otros. Cuando controlan grandes potencias se llaman contactores en lugar de relés.

#### **Relés electromecánicos**

- **Relés de tipo armadura:** pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).
- **Relés de núcleo móvil:** a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.
- **Relé tipo reed o de lengüeta:** están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.

- **Relés polarizados o biestables:** se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito.
- **Relé de estado sólido:** se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.
- **Relé de corriente alterna:** cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en algunos lugares, como varios países de Europa y Latinoamérica oscilarán a  $2 \times 50$  Hz y en otros, como en Estados Unidos lo harán a  $2 \times 60$  Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.
- **Relé de láminas:** este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto, las

demás no. Los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol.

### Ventajas del uso de relés

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.



**Figura 2.11.4: Tipos de relés**

**Fuente:** <http://www.directindustry.es/prod/omron/relés-bloqueo-potencia-15954-543783.html>

## 2.12 DISEÑO E IMPLEMENTACION

Para el diseño e implementación del sistema de control automático, es muy importante el área a controlar para el sistema de iluminación, ya que del área depende la cantidad de iluminación y equipos de control a utilizar, para ello se detallara el cálculo correspondiente y se observará en mayor detalle en el capítulo III y capítulo IV.

\*

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 INVESTIGACIÓN TÉCNICA**

La modalidad de este proyecto corresponde al ámbito de la investigación del problema existente, información bibliográfica relacionada al ahorro de energía eléctrica, características y funciones de equipos para realizar control automático a un sistema, equipos de iluminación y de sistemas de enfriamiento de alta eficiencia, etc. Permitiendo obtener un análisis correcto para la selección de los equipos a utilizar para el control automático del sistema de iluminación y del sistema de enfriamiento, por medio de acondicionadores de aire eficientes, que brinden un trabajo óptimo y aporten significativamente al ahorro de energía.

#### **3.1.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

Se trabajó con la modalidad de investigación de campo ya que el investigador acudió al lugar donde se produce el problema y pudo recabar información necesaria, específica y técnica que permita tener todas las variables requeridas para el planteamiento de una solución posible que sirva para garantizar el ahorro máximo de energía.

#### **3.1.3 INVESTIGACIÓN DE PROYECTO FACTIBLE**

Además de las modalidades anteriores, el trabajo de investigación asumió la modalidad de proyecto factible porque se planteó una propuesta de solución al problema.



## **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1 DESCRIPTIVO**

Este tipo de estudio sirve para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes.

### **3.2.2 EXPLICATIVO**

Este tipo de estudio busca encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos, estableciendo relaciones de causa- efecto.

## **3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Se utilizaron dos técnicas para la recolección de la información:

### **3.3.1 POR INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Se instaló un instrumento registrador de datos llamado Analizador de Calidad de Energía FLUKE 430-II, el cual fue conectado al tablero de distribución eléctrico del área de cursos por siete días, y sirvió para monitorear los consumos de energía, valores de: voltaje, corriente, potencia consumida en diferentes horarios del día, además de registrar eventos como, picos de voltaje, caídas de voltaje, consumo máximo y mínimo de corriente, etc.

En el anexo 1 y 2 se muestra respectivamente las páginas 1 y 2 del informe obtenido luego de conectar el analizador a una computadora para extraer lo resultados de la medición.



**Figura 3.3.1: Equipo de medición FLUKE 430-II conectado en tablero de distribución del Bloque de Abastecimientos.**  
Fuente: Remigio Haro

### **3.3.2 ANÁLISIS DE CAMPO**

También se utilizó la técnica de análisis de campo, el cual sirvió para tomar los datos de las características técnicas de las luminarias y acondicionadores de aire del área de cursos, así también del alumbrado general de toda la escuela, además de contabilizar la cantidad de estos equipos instalados, que sirvieron para realizar los cálculos de consumo de estos elementos.

## **3.4 MÉTODOS UTILIZADOS**

### **3.4.1 MÉTODO DEDUCTIVO**

Porque se utilizan los datos obtenidos del aparato de medición y el levantamiento de datos en el área de cursos, como en el alumbrado general para establecer la situación del consumo de energía eléctrica en la Escuela Naval y deducir la posible solución al problema de las ineficiencias de consumo.

### **3.4.2 MÉTODO DE MEDICIÓN**

Porque se miden los objeto que se estudian.

### **3.4.3 MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA**

Capta los comportamientos de fenómenos en condiciones naturales en el momento que se producen.

### **3.4.4 MÉTODO DE ANÁLISIS**

Parte del todo, para separar sus diversas partes y elementos.

## **3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Por medio del levantamiento de información del sistema de iluminación y sistema de acondicionadores de aire del área de cursos (aulas de clases, laboratorios, biblioteca, pasillos, jardines), se pudo constatar que se encuentran colocados focos ahorradores, lámparas fluorescentes y acondicionadores de aire tipo SPLIT, de diferentes potencias, además el sistema de alumbrado general de la Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Moran Valverde", tiene focos incandescentes de 175 watts, se realizó el cálculo de consumo de potencia eléctrica, así como también el cálculo de la demanda mensual como se muestra en los anexos del 3 hasta el 11.

En el anexo 3 se muestra el levantamiento de datos realizado en el bloque de arma del área de cursos de la Escuela Superior Naval, que incluye la cantidad de focos clasificados por su potencia (columnas) y la cantidad de acondicionadores de aire clasificados por su capacidad de enfriamiento en BTUs<sup>6</sup>. Luego se encuentra el total de equipos para cada columna y su respectiva sumatoria de potencia por columna, seguidamente el total de potencia instalada de iluminación y la potencia instalada de los acondicionadores de aire. Finalmente, de la sumatoria de estos dos valores

---

<sup>6</sup> British thermal unit, unidad de energía usada principalmente en los Estados Unidos, representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales

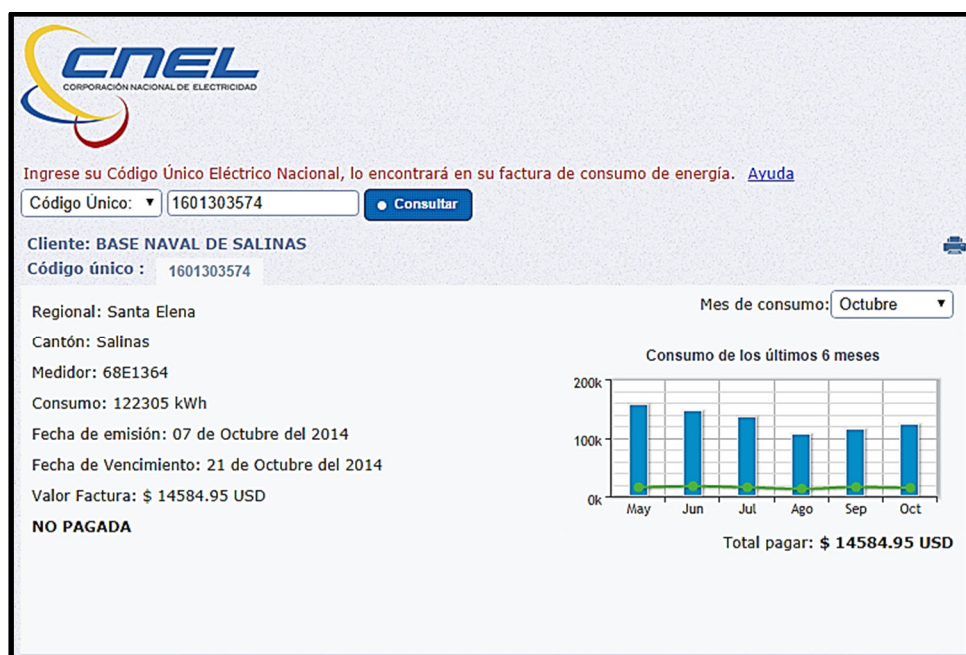
se obtiene la potencia instalada total en iluminación más acondicionadores de aire del bloque de arma.

En el anexo 4 de manera análoga al anexo 3, se halla la potencia instalada total en iluminación más acondicionadores de aire del bloque de abastecimientos de la Escuela Superior Naval.

En el anexo 5 y 6 se halla la potencia instalada total en iluminación y acondicionadores de aire en el bloque de laboratorios y la biblioteca de la Escuela Superior Naval respectivamente.

En el anexo 7 se detalla el levantamiento de la cantidad de faroles sencillos, dobles y cuádruples en la Escuela Superior Naval y la sumatoria por columna de la cantidad de focos y potencia de cada tipo de farol. Finalmente se muestra el valor de la potencia total de alumbrado general instalado en la Escuela Superior Naval (ESSUNA).

En el anexo 8 se muestra el cálculo de la demanda eléctrica mensual del área de cursos (iluminación y acondicionadores de aire). La demanda eléctrica mensual es el valor en kilo vatios hora (KWH) que se consumen en el mes, en base a este valor, las empresas eléctricas cobran el valor mensual en la planilla, el valor de cada kilo vatio hora, varía dependiendo si es un consumidor residencial, comercial o industrial, para el caso de la Base Naval de Salinas, el precio del KWH es de 0,119 según se obtuvo de la planilla en la figura siguiente:



**Figura 3.5.1: Planilla de la Base Naval de Salinas del mes de septiembre del año 2014**

Fuente: <http://www.cnel.gob.ec/planilla/>

En el anexo 9, se detalla el cálculo de consumo de energía total en dólares del área de cursos de la Escuela Superior Naval (ESSUNA). Según los cálculos, el área de cursos de la Escuela Superior Naval, actualmente consume aproximadamente 81018,2 KWH mensuales, equivalente a \$ 9641,167.

En el anexo 10, se muestra el cálculo de la demanda eléctrica mensual del alumbrado general de la Escuela Superior Naval. Seguidamente, en el anexo 11, se detalla el cálculo efectuado para hallar el consumo de energía total en dólares del alumbrado general de la Escuela Superior Naval (ESSUNA). Según los cálculos, el alumbrado general de la Escuela Superior Naval, actualmente consume aproximadamente 4599 KWH mensuales, equivalente a \$ 547,28.

El cálculo de potencia eléctrica de los circuitos de iluminación, se los realizó haciendo la suma total de focos y lámparas fluorescentes, luego se multiplicó por el valor de la potencia de cada foco o lámpara fluorescente. Por

ejemplo en el anexo 3 correspondiente al Bloque de Armas se muestra que existen 44 focos de 65 watts, 9 focos de 36 watts, 18 focos de 27 watts, 1 foco de 20 watts, y 37 lámparas fluorescentes de 40 watts.

Entonces tenemos que:  $44 \times 65 = 2860$  watts

$$09 \times 36 = 324 \text{ watts}$$

$$18 \times 27 = 486 \text{ watts}$$

$$01 \times 20 = 20 \text{ watts}$$

$$37 \times 40 = 1480 \text{ watts}$$

Donde la potencia eléctrica del circuito de iluminación, es la sumatoria total de las potencias individuales, es decir:

$2860+324+486+20+1480= 5170$  watts; donde 1kw (kilo watt)= 1000 watts, es decir que 5170 watts = 5.17 KW.

El cálculo de potencia eléctrica de los circuitos del sistema de enfriamiento, se los realizó haciendo la suma total de acondicionadores de aire, luego este valor se multiplicó por el valor de la potencia en BTU de cada A/A, y para transformar de BTU a watts se dividió el valor en BTU para 7.5. Por ejemplo en el anexo 3, correspondiente al Bloque de Armas se muestra que existen 4 A/A de 60000 BTU y 4 A/A de 24000 BTU.

Entonces tenemos que:  $04 \times 60000 = 240000$  BTU

$$04 \times 24000 = 96000 \text{ BTU}$$

Donde la potencia eléctrica del circuito de enfriamiento, es la sumatoria total de las potencias individuales, es decir:

$$240000 \text{ BTU} + 96000 \text{ BTU} = 336000 \text{ BTU}$$

Tenemos que:  $1 \text{ BTU} = 0.13333$  watts,

Donde  $336000 \text{ BTU} \times 0.13333 = 44800 \text{ watts} = 44.8 \text{ KW}$ .

Entonces tenemos que la potencia total instalada en el Bloque de Armas es igual a la suma de la potencia eléctrica total del sistema de iluminación, más la potencia total del sistema de enfriamiento, esto es:

$$5.17 \text{ KW} + 44.8 \text{ KW} = 49.97 \text{ KW} \approx 50 \text{ KW}.$$

El mismo procedimiento se utilizó para el cálculo de potencia eléctrica instalada en los demás bloques.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA PARA AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO EQUIPOS DE CONTROL AUTOMÁTICO, PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, CONDICIONADORES DE AIRE DEL ÁREA DE CURSOS Y ALUMBRADO GENERAL DE LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”.**

#### **4.1 JUSTIFICACIÓN**

Como indica en el marco legal del capítulo 1, a través de los artículos de la constitución 15 y 413 y el acuerdo ministerial N°131, publicado en Registro Oficial N°284 de septiembre 22 del 2010, es de interés estatal, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, que sean de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho del agua. Estos artículos de la Constitución de la República, rigen para todo el territorio ecuatoriano, especialmente para las entidades estatales, las cuales deben alinearse al decreto, realizando métodos tecnológicos o prácticos que permitan contribuir al desarrollo de la eficiencia energética.

Para dar cumplimiento a lo señalado, contribuir con la eficiencia energética y disminuir el impacto ambiental, surge la importancia de investigar métodos o sistemas que permitan ahorrar energía eléctrica en la Escuela Superior Naval, si bien es cierto que se ha cumplido con utilizar focos ahorradores en vez de los tradicionales focos incandescentes, esto no es suficiente, ya que ahora existen otras tecnologías como por ejemplo los focos tipo LED, que consumen mucho menos energía, además debemos aprovechar que tenemos al alcance nuevos equipos tecnológicos que antes no existían, y que pueden ayudar para maximizar el ahorro de energía.

El alcance de esta propuesta y su estudio, ha sido para el área de cursos de la Escuela Superior Naval, sin embargo de comprobarse su factibilidad, servirá como referencia para ser analizado e implementado en toda la escuela y también podría implementarse en toda la Base Naval de Salinas.



Esta propuesta tiene como fin, demostrar que se puede disminuir el consumo de energía eléctrica, con el reemplazo de luces por unas de mayor eficiencia, y la implementación de un sistema de control automático. Ya que existe el uso innecesario de equipos que se utilizan en el área de cursos de la Escuela Superior Naval, por existir desperdicio de energía, al quedar luces y acondicionadores de aire encendidos aun cuando nadie los está utilizando, ya que muchas veces no se tiene el hábito o la buena práctica de apagar los equipos que no se están utilizando, o simplemente los usuarios se olvidan de apagarlos.

#### **4.2 OBJETIVO:**

Disminuir el consumo de energía eléctrica, mediante equipos de control automático y reemplazo de luminarias, aplicado a la iluminación, acondicionadores de aire del área de cursos y el alumbrado general de la escuela.

#### **4.3 DESARROLLO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON LA PROPUESTA:**

Para dar solución y garantizar el ahorro de energía, primeramente se plantea reemplazar los focos ahorradores instalados en el área de cursos, por focos con tecnología LED, que den la misma cantidad de luminosidad pero que consuman menos energía. Así también se plantea reemplazar los focos incandescentes instalados en el alumbrado general de toda la escuela por lámparas con tecnología LED, que den la misma cantidad de luminosidad pero que consuman menos energía.

Para esto no se va a realizar ningún cambio en la cantidad de focos, ya que existe un sistema eléctrico instalado y no se pretende re-diseñar los puntos de luz, sino más bien reemplazar los focos e implementar un sistema de control automático al circuito existente.

A continuación se muestra una imagen que contiene una tabla comparativa de potencias entre diferentes tipos de focos y su equivalencia en luminosidad:





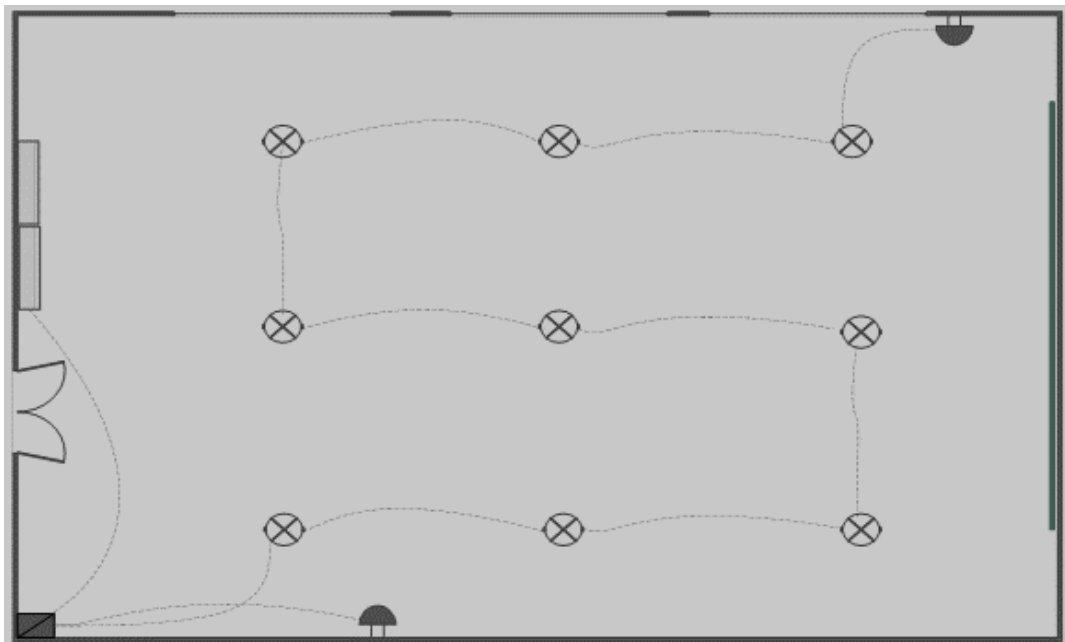
	<i>Incandescente</i>	<i>Halógena</i>	<i>Fluorescente</i>	<i>Led</i>
				
<i>Equivalencias lumínicas entre bombillas</i>	<b>40w</b>	<b>22w</b>	<b>9w</b>	<b>450lm (5W)</b>
	<b>60w</b>	<b>35w</b>	<b>11w</b>	<b>700lm (8W)</b>
<i>lm=lúmenes</i>	<b>75w</b>	<b>47w</b>	<b>15w</b>	<b>950lm (10W)</b>
	<b>100w</b>	<b>60w</b>	<b>20w</b>	<b>1.200lm (13W)</b>

Figura 4.3.1: Comparación de consumo entre diferentes tipos de focos.  
Fuente: [http://mercologico.com/descripcion\\_iluminacion\\_led\\_colombia](http://mercologico.com/descripcion_iluminacion_led_colombia)

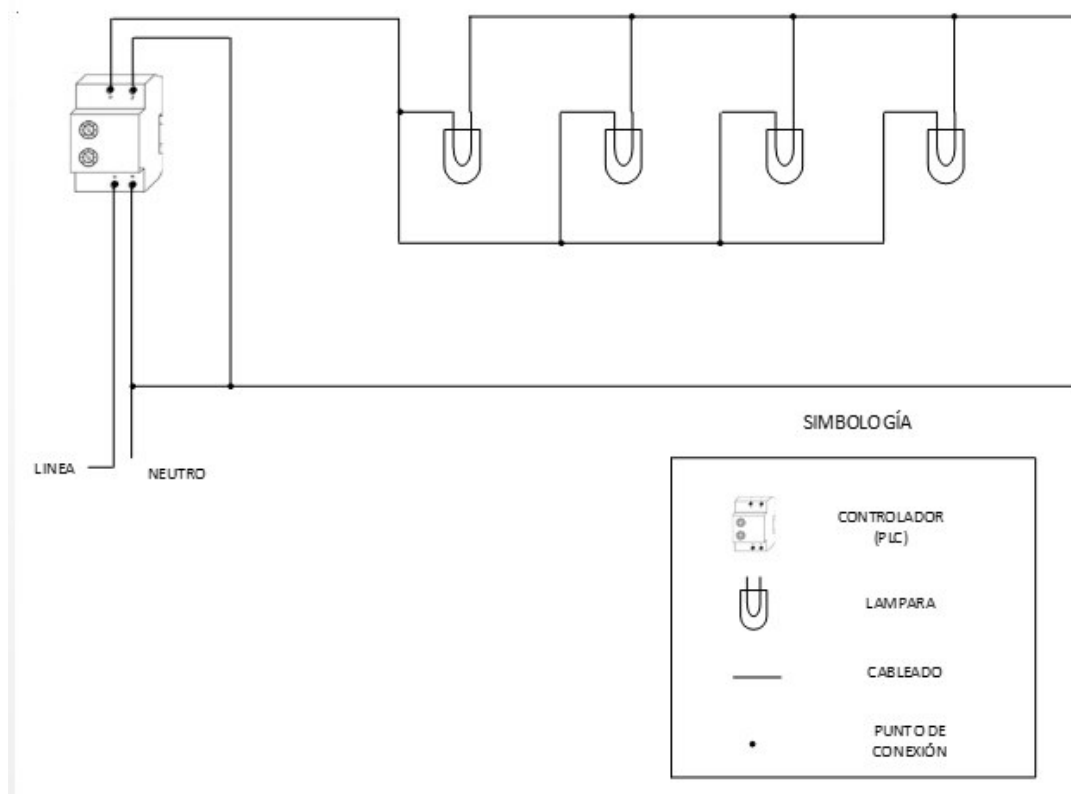
En la figura se puede observar claramente que las luces LED son las más eficientes al consumir menor potencia para proveer la misma luminosidad.

#### 4.3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

En los siguientes diagramas se muestra el esquema de la conexión de los dispositivos automáticos y luminarias led. La figura 4.3.3 corresponde al diseño del esquema del sistema para las aulas del área de cursos y la figura 4.3.4 muestra el esquema de conexión del sistema para el alumbrado general.



**Figura 4.3.2: Diagrama unifilar eléctrico de aula de clases.  
Elaborado por: Remigio Haro**



**Figura 4.3.3: Diagrama unifilar del circuito automático del alumbrado general**  
Elaborado por: Remigio Haro

#### 4.3.2 ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE ARMA:

En el anexo 12 se muestra el consumo de potencia de la situación actual y la situación propuesta de la iluminación del Bloque de Arma, al reemplazar los focos ahorradores por focos LED.

#### 4.3.3 ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE ABASTECIMIENTO:

En el anexo 13 se muestra el consumo de potencia de la situación actual y la situación propuesta de la iluminación del Bloque de Abastecimientos, al reemplazar los focos ahorradores por focos LED.

#### 4.3.4 ILUMINACIÓN DEL BLOQUE DE LABORATORIO:

En el anexo 14 se muestra el consumo de potencia de la situación actual y la situación propuesta de la iluminación del Bloque de Laboratorio, al reemplazar los focos ahorradores por focos LED.

#### 4.3.5 ILUMINACIÓN DE LA BIBLIOTECA:

En el anexo 15 se muestra el consumo de potencia de la situación actual y la situación propuesta de la iluminación de la Biblioteca, al reemplazar los focos ahorradores por focos LED.

#### 4.3.6 ALUMBRADO GENERAL DE ESSUNA:

En el anexo 16 se muestra el consumo de potencia de la situación actual y la situación propuesta del alumbrado general de ESSUNA, al reemplazar los focos incandescentes por lámparas LED.

#### 4.3.7 ESTIMACIÓN DE AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN GENERADO POR PROPUESTA

En la información mostrada en los anexos 12 al 16 se puede notar claramente que solo con el hecho de cambiar el tipo de focos, se obtiene un ahorro significativo de energía, en el cuadro 4.3.1 se muestra el ahorro de energía en cada área:

**Cuadro 4.3.1: Consumo de energía del sistema de iluminación de la situación actual versus la situación propuesta.**

AREA	CONSUMO ENERGÍA SISTEMA ILUMINACIÓN SITUACIÓN (KW)	DE DEL DE SITUACIÓN ACTUAL	CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN SITUACION PROPUESTA (KW)	AHORRO DE ENERGIA EN KILO VATIOS
BLOQUE DE ARMA	5,17		2,72	2,45
BLOQUE ABASTECIMIENTO	DE 5,23		2,75	2,48
BLOQUE LABORATORIO	DE 7,13		3,85	3,28
BIBLIOTECA	13,36		6,68	6,68
ALUMBRADO GENERAL	25,5		8,17	17,33
TOTAL	56,39		24,17	32,22

Fuente: Levantamiento de información del área de cursos y alumbrado general ESSUNA

Elaborado por: Remigio Haro

#### 4.4 IMPLEMENTACION DEL NUEVO SISTEMA.

Antes de empezar la implementación del nuevo sistema, es necesario realizar un mantenimiento preventivo a los tableros de distribución eléctrica del área de cursos y del alumbrado general, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema propuesto.

##### 4.4.1 COSTO DEL NUEVO SISTEMA

Se realizaron las respectivas cotizaciones en diferentes lugares y se detalla a continuación la cantidad de equipos con su respectivo costo.

**Cuadro 4.4.1: Cantidad de focos LED y costo de inversión para su implementación.**

POTENCIA DE FOCOS	CANTIDAD DE FOCOS Y LAMPARAS LED POR BLOQUES					TOTAL FOCOS	PRECIO TOTAL
	B. ARMA	B. ABAST.	LAB	BIBLIO.	A. GENERAL		
10 W	0	19	0	0	0	19	\$ 342
12 W	1	0	75	0	0	76	\$ 1900
14 W	18	1	63	9	0	91	\$ 2821
20 W	9	7	45	0	0	61	\$ 2257
25 W	0	13	0	0	0	13	\$ 520
35 W	44	35	6	0	0	85	\$ 4250
TUBOS 20 W	37	43	48	328	0	456	\$ 20520
LAMP. 56 W	0	0	0	0	146	146	\$ 36500
<b>INVERSIÓN TOTAL EN ILUMINACIÓN</b>							<b>\$ 69110</b>

**Fuente: Levantamiento de información del área de cursos y alumbrado general ESSUNA**

**Elaborado por: Remigio Haro**

**Cuadro 4.4.2: Cantidad de equipos y sistemas automáticos y costo de inversión para su implementación.**

EQUIPOS Y SISTEMAS AUTOMÁTICOS.	CANTIDAD DE SENSORES DE MOVIMIENTO Y EQUIPOS POR BLOQUES					TOTAL	PRECIO TOTAL
	B. ARMA	B. ABAST.	LAB.	BIBLIO.	A. GENERAL		
SENSORES DE MOVIMIENTO	18	24	19	7	0	68	\$ 1700
SISTEMA AUTOMÁTICO CON PLC	0	0	0	0	5	5	\$ 3000
TABLEROS Y/O CIRCUITOS ELÉCTRICOS	6	8	6	1	0	21	\$ 2100
MANTENIMIENTO O A TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	1	1	0	0	1	3	\$ 600
MANO DE OBRA	1	1	1	1	1	5	\$ 8000
<b>INVERSIÓN TOTAL EN SENSORES Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS</b>							<b>\$ 15400</b>

**Fuente:** Levantamiento de información del área de cursos y alumbrado general ESSUNA

**Elaborado por:** Remigio Haro

Si sumamos los valores de Inversión total de los cuadros 4.4.1 y 4.4.2 tenemos lo siguiente:  $\$ 69110 + \$ 15400 = \$ 84510$ , que corresponde al monto total de inversión inicial total en USD.

#### 4.4.2 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Para evaluar la factibilidad de la propuesta se ha realizado el cálculo de la tasa interna de retorno en hojas de cálculo de Microsoft Excel usando la función TIR, utilizando los datos consultados de los costos de las luces y los equipos y sistemas de automatización. Así mismo se ha dividido la propuesta en dos inversiones iniciales, una para los equipos del área de cursos y otra para los equipos a ser instalados en el alumbrado general. Las dos inversiones iniciales sumadas corresponden al valor de la inversión inicial total de \$84510.

La tasa interna de retorno (TIR) se obtiene para medir el porcentaje que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, siendo el resultado

ideal que en el periodo final de evaluación, el saldo no recuperado sea 0, y exista una ganancia o en el caso de este proyecto un ahorro.

En el cuadro 4.4.3 se puede apreciar la tasa interna de retorno, que se ha calculado en el periodo de evaluación de 10 años que se estima es la mínima vida útil de los focos led (ver marco teórico 2.7.9 LUCES TIPO LED). El beneficio corresponde al valor en dólares que representa el ahorro de energía por el cambio de focos en el área de cursos. El valor de la inversión inicial corresponde a la suma de los costos equipos de iluminación, sensores y circuitos eléctricos a ser implementados en el área de cursos.

**Cuadro 4.4.3: Tasa de retorno de inversión de Iluminación con focos Led del Área de cursos**

Iluminación del área de cursos	Flujo Anual USD
<b>Inversión inicial</b>	-43210,00
<b>Ahorro año 0</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 1</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 2</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 3</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 4</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 5</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 6</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 7</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 8</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 9</b>	6.387,19
<b>Ahorro año 10</b>	6.387,19
<b>TIR</b>	<b>9%</b>

**Fuente: Análisis de inversión  
Elaborado por: Remigio Haro**

En la cuadro 4.4.4 se puede apreciar la tasa interna de retorno, que se ha calculado en el mismo periodo de evaluación de 10 años que se estima es la mínima vida útil de los focos led. El beneficio corresponde al valor en dólares que representa el ahorro de energía por el cambio de focos en el alumbrado general. El valor de la inversión inicial corresponde a la suma de los costos en equipos de iluminación, sensores y circuitos eléctricos a ser implementados en el alumbrado general de la Escuela Superior Naval.



**Cuadro 4.4.4: Tasa de retorno de inversión de Iluminación con focos Led del alumbrado general**

<b>Iluminación del alumbrado general</b>	<b>Flujo Anual USD</b>
<b>Inversión inicial</b>	-41300,00
<b>Ahorro año 0</b>	4454,50
<b>Ahorro año 1</b>	4454,50
<b>Ahorro año 2</b>	4454,50
<b>Ahorro año 3</b>	4454,50
<b>Ahorro año 4</b>	4454,50
<b>Ahorro año 5</b>	4454,50
<b>Ahorro año 6</b>	4454,50
<b>Ahorro año 7</b>	4454,50
<b>Ahorro año 8</b>	4454,50
<b>Ahorro año 9</b>	4454,50
<b>Ahorro año 10</b>	4454,50
<b>TIR</b>	<b>3%</b>

**Fuente: Análisis de inversión.  
Elaborado por: Remigio Haro**

## CONCLUSIONES

1. El estudio muestra que mediante el control automático y el cambio de equipos de iluminación se permitirá obtener eficiencia energética, consiguiéndose el mismo nivel de servicio eléctrico por un menor costo.
  
2. Mediante la evaluación del proyecto se facilitará alcanzar el objetivo de ahorrar recursos económicos en vista que la inversión es rentable, gracias a que se generaría un menor consumo de energía eléctrica y se obtendría un mejor rendimiento de los equipos, debido a la prolongada durabilidad de las luces led, que resulta en un menor costo de mantenimiento.
  
3. De los dos análisis de inversión realizados se tiene que:
  - La TIR de la inversión en el alumbrado general es de 3% lo que indica que es viable financieramente.
  
  - La TIR de la inversión en el área de cursos es de 9% lo que indica que también para este caso es viable el proyecto y es superior a la TIR del alumbrado general porque en esta parte la inversión inicial es menor debido a que los focos empleados consumen menos potencia.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar el sistema de iluminación y control automático en el área de cursos, en vista de que es viable y económicamente beneficioso a la Escuela Superior Naval.
2. Reemplazar las luces incandescentes o fluorescentes por luces led, debido a su mayor duración que contribuye en la eficiencia del sistema.
3. Ejecutar la implementación primero en el área de cursos por ser la inversión con mayor retorno y posteriormente, una vez corroborado el ahorro, extender la implementación al alumbrado general y otras áreas de la Escuela.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brokering, W., Palma Behnke, R., & Vargas Díaz, L. (2008). *Ñom Lűfke (El Rayo Domado) o Los Sistemas Eléctricos de Potencia -- 1a ed.* Santiago de Chile: Pearson Education.
- CEMAER. (noviembre de 2014). *¿Cuánto duran los focos led?* Obtenido de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2013/06/03/cuanto-duran-los-focos-led/>
- Conelec. (Agosto de 2011). Obtenido de [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10047\\_Boletin%20Estadistica%202010.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10047_Boletin%20Estadistica%202010.pdf)
- Enríquez Harper, G. (1994). *Fundamentos de Electricidad (Primera Edición)*. México D.F.: LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Enríquez Harper, G. (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica*.
- Fowler, R. J. (1994). *Electricidad: principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté S.A.
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución Nacional de la República del Ecuador*. Montecristi: Publicación Oficial de la Asamblea Constituyente.
- Martín Castillo, J. C. (Agosto de 2009). *PCPI - Instalaciones domóticas*. Obtenido de google books: [http://books.google.com.ec/books?id=EOzIKA-FfUcC&pg=PA4&dq=dom%C3%B3tica&hl=es-419&sa=X&ei=BO\\_5U82tKufjsAS4n4BY&ved=0CDkQuwUwBA#v=onepage&q=dom%C3%B3tica&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=EOzIKA-FfUcC&pg=PA4&dq=dom%C3%B3tica&hl=es-419&sa=X&ei=BO_5U82tKufjsAS4n4BY&ved=0CDkQuwUwBA#v=onepage&q=dom%C3%B3tica&f=false)
- Moro Vallina, M. (2011). *Instalaciones domóticas*. Madrid: Paraninfo.
- Roldán Vilorio, J. (2008). *Fuentes de Energía*. Madrid: Paraninfo.

Serway, R. A., & Faughn, J. S. (2001). *Física, 5a. ed.* México: Pearson Educación.

Siancha, J. O. (2013). *Ahorro de energía: uso eficiente de la energía.- 1a ed.* Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina.

Valdivia Miranda, C. (2012). *Sistemas de Control continuos y discretos.* Paraninfo.