



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y
CLIMATIZACIÓN EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO MORÓN**

Autor:

Br. Castillo M., Richard W.

C.I. V- 15.951.466

Tutor Académico

Ing. Juan Carlos Ataya

Valencia, Marzo de 2010.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y
CLIMATIZACIÓN EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO MORÓN**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRISIMA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

Autor:

Br. Castillo M., Richard W.

C.I. V- 15.951.466

Valencia, Marzo de 2010.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CLIMATIZACIÓN EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO MORÓN”**, realizado por el bachiller: Richard Wanzetliuz Castillo Mendoza portador de la cedula de identidad N°: V-15.951.466, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo

Firma

Prof. Juan Carlos Ataya
TUTOR

Firma

Prof. Rubén Terán
JURADO

Firma

Prof. Eva Monagas
JURADO

Valencia, Marzo de 2010.



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar gratitud a todas aquellas personas, seres y fuerzas de la naturaleza que hicieron esto posible y me acompañaron durante esta importante etapa de mi vida y en especial a:

A Dios por darme fuerzas cada día para vivir el siguiente, por guiar mis pasos para alcanzar cada una de mis tantas metas.

A mi madre Ytala sin ella nada de esto pudiera haber sido posible, gracias por hacerme quien soy.

A mi padre Pablo (†), por cada una de sus enseñanzas, fuiste y siempre serás un guía y un constructor de mí ser.

A mi hermano José por su apoyo incondicional.

A mi novia Mayela por su amor, paciencia y comprensión.



DEDICATORIA

Quiero dedicar este fruto de mi esfuerzo a mi madre Ytala, gracias por su constancia y apoyo en cada momento de mi vida.

A mi padre Pablo (†), que desde donde este, se que vela por el bienestar y por el logro de las metas de todos en la familia.



ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE APROBACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
Capítulo I. EL PROBLEMA.....	17
1. Planteamiento del Problema.....	17
2. Formulación del problema	19
3. Objetivo General	20
4. Objetivos Específicos.....	20
5. Justificación De La Investigación	21
6. Delimitaciones.....	22
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	25
1. Antecedentes de la Investigación	25
2. Bases Teóricas.....	30
2.1. Generalidades de las Edificaciones de Oficinas	30
2.2. Sistemas de Iluminación	32
2.3. Sistema de Climatización.....	46
2.4. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO ₂).....	56
2.5. Eficiencia Energética	60
2.6. Evaluación Técnica – Económica	66
3. Glosario de Términos Básicos	71



Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO	76
1. Tipo de Investigación	76
2. Diseño de la Investigación	77
3. Fases de Desarrollo del Proceso Investigativo	77
3.1. Diagnosticar las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización:	77
3.2. Precisar las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización:	78
3.3. Formular alternativas de optimización en los sistemas de iluminación y climatización CPM:	78
3.4. Analizar las alternativas de optimización propuestas:	78
3.5. Evaluar la factibilidad económica de las alternativas de optimización:	79
4. Población	81
5. Muestra	81
6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	82
7. Procedimiento para la Recolección de Información	83
8. Tabulación y Análisis de Datos	84
Capítulo IV. DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	85
1. Descripción del Edificio Administrativo del CPM	85
1.1. Descripción del Sistema de Iluminación Interno del Edificio Administrativo	89
1.2. Descripción del Sistema de Climatización del Edificio Administrativo	91
2. Criterio para el análisis	93
3. Cálculos tipos según los criterios anteriores	94
4. Análisis de las condiciones actuales	94
5. Causas técnicas y operativas del consumo de energía actual	100
5.1. Sistema de iluminación	100
5.2. Sistema de climatización	101
6. Propuestas de alternativas para mejorar los sistemas de iluminación y climatización.	102
7. Criterios de selección de las alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización	104



8. Análisis de la factibilidad técnica de las alternativas propuestas.....	105
8.1. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de iluminación.....	105
8.2. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de climatización	118
9. Análisis de la factibilidad económica de las alternativas evaluadas técnicamente	122
9.1. Evaluación económica para las alternativas factibles técnicamente del sistema de iluminación.....	122
9.2. Evaluación económica para las alternativas factibles técnicamente del sistema de climatización	133
Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
1. CONCLUSIONES	135
2. RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	139
ANEXOS	143

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Factor de mantenimiento de una instalación de iluminación.	44
Ecuación 2. Valor Actual Neto (VAN).	68
Ecuación 3. Tasa Interna de Retorno (TIR).	68
Ecuación 4. Relación Costo Beneficio (C/B).....	69
Ecuación 5. Ahorro (BsF/Año) por consumo eléctrico anual (kWh/año) entre la condición actual y la alternativa evaluada.	122
Ecuación 6. Número de reemplazos de lámparas requeridos durante el periodo de estudio.	123
Ecuación 7. Actualización de una inversión (BsF) que ocurre en el futuro en un período n.	123
Ecuación 8. Serie uniforme de una inversión en (BsF/Año).....	123



Ecuación 9. Equivalencias entre tasas de interés.	124
Ecuación 10. Flujos monetarios (BsF) para el periodo t.	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad.	43
Figura 2. Depreciación del flujo de la lámpara fluorescente en función del tiempo. .	44
Figura 3. Ciclo básico del sistema de refrigeración	52
Figura 4. Partes de un compresor centrífugo	53
Figura 5. Torre de enfriamiento de tiro inducido vertical	55
Figura 6. Vista de planta del Edificio Administrativo, Nivel 3.	86
Figura 7. Ventana tipo del Edificio Administrativo	87
Figura 8. Vista del ala noreste, lado exterior, fachada.	88
Figura 9. Vista del ala noreste, lado interno del edificio.	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Contribución de cada opción tecnológica a la reducción de emisiones del escenario BLUE en el período 2005–2050	64
Gráfico 2. Costo marginal de Reducción de emisiones para el sistema energético global, 2050.....	65
Gráfico 3. Distribución del consumo de energía eléctrica en el edificio administrativo según los sistemas evaluados.	99
Gráfico 4. Consumo de energía eléctrica de las alternativas sin inversión del sistema de iluminación evaluada de forma independiente	110
Gráfico 5. Consumo de energía eléctrica de las alternativas sin inversión del sistema de iluminación, evaluadas de forma conjunta	111
Gráfico 6. Consumo de energía eléctrica para las condiciones de operación actual sin inversión y con inversión del sistema de iluminación	113



Gráfico 7. Consumo de energía eléctrica de las alternativas con inversión del sistema de iluminación, evaluadas en forma independiente	116
Gráfico 8. Consumo de energía eléctrica para alternativas del sistema de iluminación con inversión evaluadas en forma conjunta	117
Gráfico 9. Consumo de energía eléctrica para las alternativas del sistema de climatización evaluadas de forma independiente.....	120
Gráfico 10. Consumo de energía eléctrica de las alternativas del sistema de climatización evaluadas en forma conjunta	121
Gráfico 11. Ubicación temporal de los costos operacionales en la escala de tiempo	125
Gráfico 12. Ahorro anual para las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial.....	128
Gráfico 13. Costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial.....	129
Gráfico 14. Ahorro anual para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial.....	131
Gráfico 15. Costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial.....	132
Gráfico 16. Ahorro anual para las alternativas del sistema de climatización	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo de las actividades según el modelo de oficina.....	32
Tabla 2. Tipos de lámparas según la aplicación.....	34
Tabla 3. Tipo de equipos auxiliares según tipo de lámpara.	35
Tabla 4. Rango de pérdidas según tipo de Balasto	37
Tabla 5. Índices de consumo propio del conjunto de equipo auxiliar.....	40
Tabla 6. Factor de pérdida de luz según el grado de mantenimiento de la instalación.	42
Tabla 7. Especificaciones técnicas de las luminarias.....	89



Tabla 8. Especificaciones de las lámparas de las luminarias	90
Tabla 9. Demanda de energía eléctrica del sistema de iluminación	95
Tabla 10. Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación. Estado actual. .	96
Tabla 11. Eficiencia energética de las lámparas instaladas en el edificio administrativo.....	96
Tabla 12. Demanda de energía eléctrica del sistema de climatización.	97
Tabla 13. Índice de Eficiencia Energética de Refrigeración.....	98
Tabla 14. Consumo de energía eléctrica del Edificio Administrativo por cargas de iluminación y climatización para el caso actual.....	99
Tabla 15. Relación del consumo de energía eléctrica en función del combustible, la emisión de CO ₂ y costo de energía para el caso actual.	100
Tabla 16. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-2 en el consumo general.	106
Tabla 17. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-5 en el consumo general.	108
Tabla 18. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-7 en el consumo general.	109
Tabla 19. Resumen de alternativas factibles de aplicación inmediata o sin inversión inicial para el sistema de iluminación	110
Tabla 20. Consumo propuesto del sistema iluminación al aplicar las alternativas inmediata o sin ninguna inversión inicial en forma conjunta	111
Tabla 21. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto del reemplazo de balastos y lámparas en el consumo general.	113



Tabla 22. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-8.1 en el consumo general.	114
Tabla 23. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-8.2 en el consumo general.	115
Tabla 24. Resumen de alternativas factibles del sistema de iluminación de aplicación a mediano plazo o con inversión.....	116
Tabla 25. Consumo de energía eléctrica propuesto al aplicar las alternativas del sistema iluminación a mediano plazo o con inversión.....	117
Tabla 26. Consumo energético y emisiones de CO ₂ de las torres de enfriamiento del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la alternativa S.C-3 en el consumo general.....	118
Tabla 27. Consumo energético y emisiones de CO ₂ del sistema de climatización del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la alternativa S.C-4 en el consumo general.....	119
Tabla 28. Resumen de alternativas factibles del sistema de climatización.....	120
Tabla 29. Consumo de energía eléctrica propuesto al aplicar las alternativas del sistema climatización en forma conjunta	121
Tabla 30. Costos operacionales del sistema de iluminación para la condición actual	126
Tabla 31. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas sin inversión inicial en el sistema de iluminación..	127
Tabla 32. Costos operacionales debido al reemplazo de lámparas por la aplicación de las alternativas sin inversión inicial en el sistema de iluminación.....	128
Tabla 33. Reemplazo de equipos del sistema de iluminación con inversión inicial .	129
Tabla 34. Adquisición de equipos para el control de la iluminación para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial.....	130



Tabla 35. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas con inversión inicial en el sistema de iluminación.	130
Tabla 36. Costos operacionales debido al reemplazo de lámparas por la aplicación de las alternativas con inversión inicial en el sistema de iluminación.....	131
Tabla 37. Flujo monetario de las alternativas de inversión del sistema de iluminación	132
Tabla 38. Valor actual neto, tasa interna de retorno, beneficio – costo y periodo de retorno de las alternativas con inversión inicial del sistema de iluminación	133
Tabla 39. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de climatización.....	134



CAPITULO I

EL PROBLEMA

1. Planteamiento del Problema

El consumo energético ocasionado por el crecimiento industrial, tecnológico y económico, trajo como consecuencias el desmejoramiento del ambiente, ejemplo de ello tenemos el cambio climático que es ocasionado en gran medida por la incidencia del uso de combustibles fósiles como gas en un 24%, carbón en un 28% y petróleo en un 36%, siendo estos los pilares fundamentales de la matriz energética mundial, la influencia de estos recursos energéticos para el año 2006 es de un 88% del consumo global de recursos energéticos no renovables, lo que representa un consumo de 218 MMBDPE. Causa que exige a la humanidad la meta de la llamada “sustentabilidad energética” y el respeto intergeneracional, de tal manera que se le permita y hasta se le garantice a las generaciones futuras vivir en un ambiente libre de contaminación, pero sin dejar a un lado la evolución tecnológica por alcanzar una mejor calidad de vida. [1].

En el ámbito internacional, más de 65 gobiernos en el mundo han implementado programas de etiquetado de uso racional de la energía (URE), como la medida de costo – beneficio más viable respecto a la eficiencia energética, siendo las entidades gubernamentales encargadas de la construcción de la política de (URE) y las entidades estatales líderes en normalización, certificación, acreditación y etiquetado.

En América Latina, algunos estudios realizados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) han mostrado que parte de la problemática socio-económica, ambiental y energética de la región, obedece a la creciente dependencia de los combustibles fósiles, importantes desperdicios de energía y altos porcentajes de emisiones de gases que contaminan el ambiente. [2].



CAPITULO I



En los últimos años, se puede observar mayor preocupación de las sociedades en cuanto a la utilización racional de la energía eléctrica, incrementándose el desarrollo de fuentes de energías renovables como alternativas a las clásicas de combustibles fósiles, de igual manera se pone de manifiesto la necesidad de aplicar medidas para no malgastar y desperdiciar los recursos energéticos naturales no renovables, identificando todas las posibles oportunidades de hacer más eficientes los sistemas y procesos que requieran de recursos energéticos para realizar un trabajo.

En Venezuela los indicadores del Ministerio del Poder Popular para la Energía y el Petróleo revelan que el país consume más energía, que cualquier otro país de América Latina y utiliza más energía para obtener los mismos bienes que obtienen otros países con menos cantidad. Históricamente el crecimiento anual de la demanda se ha ubicado entre 3% y 4%; sin embargo, en los últimos cinco años se ha experimentado un incremento que disparó el consumo de energía eléctrica por encima del 7%. Sólo en el año 2006 el aumento promedio fue del 9%, incluso en algunas regiones del país llegó al 15%. [3].

El 25% de la energía que se genera en el país se consume en las industrias básicas en lo que respecta al proceso productivo de la generación de bienes y servicios. [3].

No obstante, entre los servicios energéticos más comunes donde es posible identificar y limitar derroche de energía eléctrica es en los sistemas de iluminación y climatización ubicados en las áreas administrativas, las cuales tienen un tiempo de uso menor al del proceso productivo y por ello surge la necesidad de evaluar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación y climatización, con el objeto de hacer uso inteligente y eficiente de la energía. Lograr un uso eficiente de la energía eléctrica consumida por los sistemas referidos anteriormente, ubicados en las áreas



CAPITULO I



administrativas de las industrias significaría un ahorro promedio entre 15 al 20% del consumo.

En el edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM), se observan problemas como el uso excesivo de la energía eléctrica, despreocupación y desconocimiento del personal que allí labora, en cuanto al apagado de las luces y de equipos que no se están utilizando, así como también equipos ineficientes e incompatibles con la tecnología actual, uso ineficaz de potencial humano para labores de mantenimiento y disminución de la vida útil de los sistemas de iluminación y climatización, hecho que representa para la empresa incremento de los costos por reemplazo de equipos y consumo de energía eléctrica.

En la situación actual en el CPM se deben analizar alternativas potenciales de reducción de costos por consumo de energía eléctrica, que ofrezcan un precedente antes de invertir significativamente en proyectos que no garanticen la reducción del consumo de energía eléctrica y la mejora de la eficiencia energética además de la recuperación del dinero invertido.

2. Formulación del problema

Razón por la cual, se formula la siguiente interrogante: ¿Es posible mejorar la eficiencia de los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM) y cuáles serían los impactos técnicos, económicos y ambientales de las alternativas que se propongan?

Para responder a esta interrogante se propone: la evaluación de la factibilidad técnica – económica de alternativas de eficiencia energética en los sistemas de iluminación y climatización con el propósito de identificar las acciones a ejecutar, para la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero.



3. Objetivo General

“Evaluar técnica y económicamente la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización en el Complejo Petroquímico Morón (CPM)”, con la finalidad de identificar alternativas para la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero.

4. Objetivos Específicos

- ☞ Diagnosticar las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización del CPM, a fin de estimar el consumo de energía eléctrica por cada tipo de carga, los costos de operación, mantenimiento y emisiones de CO₂ generados por dicho consumo.
- ☞ Precisar las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización del CPM, con el objeto de conocer las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento.
- ☞ Formular alternativas de optimización en los sistemas de iluminación y climatización CPM, en base a consideraciones de diseño y operación con el objeto de obtener mayor rendimiento energético.
- ☞ Analizar las alternativas de optimización propuestas, a través de consultas bibliográficas, normativas técnicas y especificaciones suministradas por los fabricantes de equipos, para seleccionar las alternativas técnicamente factibles de los sistemas a optimizar.
- ☞ Evaluar la factibilidad económica de las alternativas de optimización seleccionadas de forma independiente o separadas y agrupadas, a fin de identificar la(s) alternativa(s) con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.



5. Justificación De La Investigación

La necesidad de mejorar la eficiencia de los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM), surge de la aplicación de las políticas gubernamentales enmarcadas en la Misión Revolución Energética creada en el año 2006, la cual, está orientada a la racionalización del consumo de energía en el sector industrial, especialmente en las empresas básicas del Estado venezolano.

El uso inteligente de la energía beneficia a la población, al Estado y al ambiente, por ende, a los trabajadores del (CPM), al convertirse en una necesidad prioritaria para asegurar en el futuro la disponibilidad de un servicio eficiente y eficaz, lo cual, se traduce en costos menos elevados e implica mayor conciencia respecto al consumo de energía.

Este proyecto de investigación se justifica además por los beneficios que aportará desde el punto de vista económico, social, ambiental y político: reducir los niveles excesivos de costos por cargas de iluminación y climatización, emisión de gases al ambiente y limitar los costos de mantenimiento. Impulsar la aplicación de alternativas que permitan mejorar los niveles de eficiencia energética de la iluminación y climatización. Sensibilización humana ante el uso racional de la energía. Profundizar la política de Estado inserta en la Misión Revolución Energética, apoyando el fortalecimiento del uso eficiente de energía eléctrica en la industria nacional.

Para el (CPM), el proyecto de investigación, incentiva la participación en los programas de eficiencia energética propuestos por el gobierno nacional, mediante la disminución del consumo de energía eléctrica, costos de operación, de mantenimiento y de emanaciones de CO₂, contribuyendo así, a mejorar el bienestar humano tanto de los trabajadores, como de la comunidad local y regional, a su vez, maximizar la



CAPITULO I



eficiencia de los sistemas de iluminación y climatización, convirtiéndose en un modelo de eficiencia energética a seguir por otras organizaciones.

Para la Universidad, incentivar a los estudiantes en la participación en los programas de eficiencia energética propuestos por el gobierno nacional, como política de Estado; promoviendo así, la producción de investigaciones en esta área; contribuyendo a la formación de talento humano especializado en el marco de los avances científicos, técnicos, sociales y humanísticos.

Este proyecto de investigación está enmarcado en la línea de investigación: “Eficiencia Energética”, del Departamento de potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

6. Delimitaciones

Este proyecto se llevará a cabo en el Edificio Administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM), donde se evaluará la factibilidad técnica – económica de alternativas de mejora de la eficiencia energética de los sistemas de iluminación interior y climatización, a fin de identificar las alternativas de mayor rendimiento que favorezcan la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero.

Los resultados de esta evaluación, estarán delimitados para un periodo de cinco años (05), debido a los cambios tecnológicos y económicos. Las alternativas de mejora de eficiencia energética para los sistemas mencionados serán propuestas por parte del investigador y estarán enmarcadas en alternativas técnicas de reemplazo de equipos o componentes del sistema y de operatividad. Se aclara que para fines de este proyecto cuando se hable de sistemas de climatización, solo se tomara en cuenta los sistemas de refrigeración de ambientes o aires acondicionados, a su vez, se considerará que un sistema cumple con los propósitos de eficiencia energética, si este,



CAPITULO I



es capaz de consumir menos energía eléctrica y alargar la vida útil de los equipos que componen el sistema, manteniendo la misma calidad de servicio y confort en el área donde estén ubicado.

Para la estimación del consumo de energía eléctrica, los costos de operación, mantenimiento y emisiones de CO₂, se realizarán consultas bibliográficas, normativas técnicas y especificaciones suministradas por los fabricantes y proveedores de equipos.

Para evaluar la factibilidad técnica se consideraran las variables técnicas y operativas del sistema de iluminación y climatización que correspondan a:

- Análisis de funcionalidad, rendimiento, uso de combustible, emisiones de CO₂ y consumo energético de los sistemas actuales.
- Mejoras del sistema actual.
- Reducción del consumo energético de los sistemas.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Viabilidad técnica del aprovechamiento de la iluminación y ventilación artificial.
- Disponibilidad de nuevas tecnologías eficientes que satisfaga las necesidades.
- Viabilidad del uso racional y eficiente de la energía.
- Estimación del consumo de energía eléctrica diaria, mensual y anual.

Para evaluar la factibilidad económica o de rentabilidad, de las alternativas de optimización, se aplicaran los métodos de evaluación económica comúnmente utilizados, los cuales presentan como resultado los siguientes índices económicos:



CAPITULO I



- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Relación Costo-Beneficio (C/B).
- Período de recuperación de capital o inversión (PRI).
- Período de estudio con duración de cinco (05) años.
- Tasa de interés anual, establecida en un 10%.

Este proyecto se fundamenta en el marco regulatorio internacional y el vigente en Venezuela, establecido en la Norma COVENIN 2249-93, (1993). Iluminancias en tareas y áreas de trabajo, así mismo, será realizado por un estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica mención Potencia, de la Universidad de Carabobo, Valencia – Edo. Carabobo, Venezuela; en un periodo de seis meses iniciando el mes de Agosto, proyectando su término en el mes de Enero del año 2010. Durante todo el proceso investigativo, se contará con los aportes de las Gerencias General, Producción, Técnica y de Mantenimiento del Complejo Petroquímico Morón (CPM) y todos los cálculos eléctricos y económicos serán realizados en el software Microsoft Excel 2003.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes de la Investigación

Sáenz de Miera G. (2009). “La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio” (DT- Elcano). Plantea que a pesar de las ventajas medioambientales y económicas de la eficiencia energética, la experiencia muestra que las actuaciones en eficiencia energética se sitúan por debajo de lo requerido para afrontar los retos del modelo energético mundial. El objeto del documento es analizar los principales elementos que intervienen en el concepto de eficiencia energética, elaborando un diagnóstico que muestre las dificultades para acometer las mejoras e identificar instrumentos regulatorios que rigen su accionar. En general, la experiencia muestra que un marco regulatorio de éxito debe contar con tres elementos básicos: precios que internalicen todos los costos, incluidos los ambientales, estándares energéticos y medidas de educación y sensibilización. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la evaluación de la factibilidad económica de las alternativas de optimización, a fin de identificar la(s) alternativa(s) con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso. [4].

Pattini, A. (2004). “Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales. Una comparación internacional”, Trabajo de investigación de (LAHV)-(INCIHUSA). Muestra una comparación entre los niveles de iluminación recomendados por distintos países, incluido Argentina. Los datos fueron recolectados de normas nacionales e internacionales, de manuales de iluminación y de material publicado. Arribando a la conclusión de que no hay consenso entre los países en los niveles recomendados por actividad para iguales tipos de edificios no residenciales.



CAPITULO II



Se muestra la variación histórica de los mismos. Estudios sobre preferencias de niveles de iluminación muestran valores significativamente mayores a los recomendados en las normas considerando necesario mejorar la integración del aporte potencial de la iluminación natural y la artificial particularmente en edificios no residenciales. Este estudio se relaciona con la investigación en lo referente a las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización en el (CPM), con el objeto de conocer las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento. [5].

Martínez, J., Gimón J. (2002). “Estudio de la eficiencia energética en la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo”. Trabajo especial de pregrado. Estudio de campo realizado en tres pasos, con el fin de racionalizar los gastos por el uso del servicio eléctrico, enfocado en el uso eficiente de la energía eléctrica de los equipos de iluminación y de acondicionamiento de ambiente en la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad de Carabobo, utilizando para la recolección de datos la revisión de fuentes bibliográficas y antecedentes nacionales e internacionales, inventario general de instalaciones y auditoria energética, llegando a la conclusión de que para disminuir el consumo de energía es necesario reemplazar las luminarias fluorescentes T12 por T8 y los balastos magnéticos por electrónicos, al término de su vida útil, al igual que los equipos de acondicionamiento de ambientes. En relación a la tasa de retorno, el tiempo se hace muy prolongado. Este estudio se relaciona con la presente investigación en los aspectos relativos a la formulación de alternativas de optimización en los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del (CPM), en base a consideraciones de diseño y operación. En el marco de las normas COVENIN 3538-99, (1999). Acondicionadores de aire. Métodos de ensayo de capacidad de enfriamiento, consumo de energía y eficiencia energética. Y COVENIN 2249-93 Iluminancias en tareas y áreas de trabajo. [6].



CAPITULO II



Molina Leyva, M. J., Rey Martínez, F. J., Varela Díez, F., Velasco Gómez, E., Gobernado I. (2001). “Estudio Análisis del consumo y eficiencia energética de diseño en un edificio de oficinas mediante el nuevo Método 5000” Artículo de Revista Técnica Montajes e instalaciones. Plantean que el consumo de energía y la contaminación ambiental están intrínsecamente ligados, con el fin de buscar un compromiso aceptable entre el consumo de energía primaria y el rendimiento de los procesos térmicos, de forma que se realice un uso racional de la energía. En la EU., a través de la directiva 761931CEE en la cual se enmarca el programa SAVE, se trata de impulsar la investigación y el desarrollo de programas como la certificación energética dentro de los estados miembros para el análisis de la eficiencia y el ahorro, tanto energético como económico, en el ámbito de las edificaciones. Realizando un análisis del consumo y eficiencia energética en un edificio de oficinas de tamaño medio perteneciente al BBV, considerado patrimonio artístico y monumental en Valladolid. La metodología de cálculo ha sido el nuevo método 5000. Este estudio se vincula con la presente investigación en lo referente a la evaluación de la factibilidad económica de las alternativas de optimización. [7].

González, R. (1998). “Programa de Ahorro de Electricidad (PAEC)”, Norma gubernamental de la República de Cuba, caracterizado por el chequeo y control de los derrochadores por parte de los grupos del programa que funciona en cada territorio. Preciso que estas medidas tienen como propósito continuar con la disminución del gasto de corriente, con énfasis en los 1700 grandes consumidores de la nación, los cuales gastan el 40 % de la energía generada en el sector estatal. Así mismo, es primordial el perfeccionamiento del PAEC entre los estudiantes, de manera que se incentive la cultura del ahorro en los escolares desde los grados iniciales. La puesta en vigor del PAEC posibilitó un considerable ahorro de energía en los últimos tres años. Basta señalar que si se hubieran mantenido los niveles de gastos de electricidad de 1997, el país hubiera generado 265.000 MWh más de los previstos y consumido 71.000 toneladas de combustible por encima de lo planificado. Este



CAPITULO II



estudio se relaciona con la presente investigación en los aspectos relativos a la formulación de alternativas de optimización en los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del (CPM), en base a consideraciones de operación. [8].

Ruedas (1997). “Proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en la Universidad de México”, trabajo especial de ascenso, en el que realizó una evaluación que arrojó como resultado que en el campus principal de la Universidad es posible, mediante medidas adecuadas, ahorrar hasta un 30% del consumo de electricidad por concepto de alumbrado. Considerando que en algunas áreas se mantendrá el consumo con una mejor iluminación. El ahorro en electricidad por iluminación se logra a partir del reconocimiento del problema en el ámbito de las direcciones. Este estudio se relaciona con la presente investigación en lo referente al análisis de las condiciones técnicas y operativas del sistema de iluminación en el (CPM). [9].

Veltri, R. (1997), “Proyecto de ahorro de energía eléctrica dentro de las instalaciones del (CPA)”. Informe interno de la Gerencia de Operaciones del Complejo Petroquímico Anzoátegui (CPA), trabajo institucional interno del (CPA), enfocado principalmente en elaborar estrategias para optimizar el consumo de energía eléctrica en las instalaciones administrativas y operacionales del (CPA). En dicho proyecto se consideró la elaboración y estudio del consumo de energía eléctrica en cada una de las instalaciones del (CPA). También se tomó en cuenta la evaluación de alternativas para la sustitución de equipos con menor eficiencia a fin de disminuir las pérdidas de energía en las plantas del (CPA). Como resultado de las medidas que se realizaron se obtuvo un ahorro del orden de los 2.000.000 de bolívares mensuales. Este proyecto se relaciona con la presente investigación en los aspectos vinculantes al



CAPITULO II



análisis de alternativas de optimización para seleccionar las alternativas técnicamente factibles de los sistemas a optimizar. [10].

Santana (1995). “Proyecto de ahorro de energía en la empresa CORPOVEN, filial de Petróleos de Venezuela”, Informe interno de la Gerencia de Mantenimiento, trabajo enfocado a minimizar costos de operación y ahorro de energía, optimizando la iluminación del edificio sede en Caracas, Venezuela, donde se compararon los niveles de iluminación existentes con los estándares o niveles de iluminación requeridos y aprobados por instituciones tales como IESNA, Illumination Engineering Society y las normas COVENIN, etc., a través de este estudio se concluyó que las áreas estaban sobre iluminadas, lo que permitió la eliminación de aproximadamente el 27 % de las luminarias existentes. El estudio permitió proceder con la instalación de 2000 reflectores especulares, los cuales son pantallas parabólicas de aluminio anodizado, altamente reflectivas y geométricamente diseñadas para maximizar la calidad de la iluminación sobre las áreas de trabajo. Con la instalación de los reflectores fue posible disminuir el consumo asociado a luminarias repotenciadas a tan solo 46.080 kWh. La implementación de este proyecto, generó en CORPOVEN en el primer año, ahorros recurrentes en el orden de los doce millones de bolívares (12.000.000 Bs.) y el tiempo de retorno de la inversión estaba proyectado a dieciséis meses. Este proyecto se vincula con la presente investigación en los aspectos relacionados al análisis de alternativas de optimización para seleccionar las alternativas técnicamente factibles de los sistemas a optimizar. [11].

Ortiz, J. R. (1993). “Diseño, operación, mantenimiento y uso tendente a disminuir los costos totales del consumo eléctrico, en la torre PEQUIVEN”. Caracas, Venezuela, trabajo institucional interno, que toma en cuenta los factores ambientales operacionales y ergonómicos. Planteando reducir los índices de iluminación en oficinas y pasillos, los cuales indican una cantidad de 1200 Lux, lo que la norma recomendaba 150 Lux. Apagar los equipos de aire acondicionado durante los fines de



CAPITULO II



semana y días feriados. Colocar tubos de 32 W y balastos electrónicos. Colocar sensores de ocupación, los cuales disponen de un detector infrarrojo para captar el movimiento del calor, para el apagado automático de la luz. Este proyecto se vincula con la presente investigación en lo referente a la evaluación de la factibilidad económica de las alternativas de optimización, a fin de identificar la(s) alternativa(s) con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso. [12].

2. Bases Teóricas

2.1. Generalidades de las Edificaciones de Oficinas

El modelo de concepto de las oficinas constituye la base para definir en términos sencillos, los sistemas y equipos de iluminación y climatización precisos para satisfacer todas las necesidades de la organización en cuestión.

2.1.1. Modelo del concepto de oficina

Las oficinas se pueden organizar, estructurar y amueblar de muy diversas maneras. El concepto que se adopte en una oficina concreta dependerá en gran medida de la organización en cuestión, de la autonomía de los empleados (trabajo en solitario o en equipo), la autonomía del departamento, y la importancia y el impacto requerido de las comunicaciones internas y externas.

BRE (Building Research Establishment) define cinco funciones de oficinas básicamente distintas: colmena, celular, reunión, club y lobby. [13]

2.1.2. Las funciones de la oficina

- **Colmena:** Se caracteriza por el trabajo individual, de procesos sistemáticos, y por el carácter repetitivo de los mismos.



CAPITULO II



- **Celular:** Se caracteriza por el trabajo individual que requiere un grado relativamente alto de concentración.
- **Reunión:** Su principal característica es la comunicación interna de los equipos (en ocasiones constituidos con carácter temporal). El carácter puede considerarse como exclusivo, y la autonomía de la reunión y los participantes como variable. La infraestructura está optimizada para la tarea de comunicación.
- **Club:** Su característica esencial es la integración de las tareas de comunicación y trabajo concentrado. Este concepto está orientado a dinamizar el trabajo y la comunicación en un ambiente optimizado.
- **Lobby:** Sirve de canal de transporte entre varias salas y departamentos. Es un espacio compartido por todos los empleados, y en ocasiones tiene una función representativa. Además de los pasillos ascensores y escaleras, el patio el vestíbulo, la biblioteca y la cafetería también forman parte del lobby de un edificio de oficinas. [13]

2.1.3. Valoración del tiempo de la actividad

A la hora de valorar el tiempo de uso de las instalaciones, tendremos que tener en cuenta el tipo de organización a la que pertenezcan las oficinas que se estudian. Podremos encontrar organizaciones de ocupación continua, donde los puestos de trabajo se comparten o bien de ocupación tradicional, donde encontraremos jornadas de trabajo de 8 horas, cinco días a la semana, durante todo el año. En este caso tendremos unas 2080 horas anuales de trabajo, siempre ampliables, pues los empleados no abandonan las oficinas puntualmente, además puede darse horarios alternos para una mayor atención al cliente, con lo que el tiempo de uso de las instalaciones se elevaría hasta unas 3500 horas anuales. Evidentemente a estas horas laborables se ha de añadir el tiempo de limpieza y mantenimiento del edificio.



CAPITULO II



En la Tabla 1., se muestra el tiempo de la actividad según el tipo de oficina:

Tabla 1. Tiempo de las actividades según el modelo de oficina

Modelo de oficina	Tiempo de la actividad (horas/día)
Colmena	8 a 12
Celda	5 a 8
Club	3 a 12
Reunión	1 a 3

Fuente: IDAE (2001)

Las zonas comunes: Los aseos, pasillos, entradas, biblioteca, cafeterías y comedor, normalmente los sistemas de iluminación y climatización quedan encendidos cuando la última persona ha abandonado la sala y hasta que el guardia de seguridad realiza la ronda correspondiente.

2.2. Sistemas de Iluminación

Es la metodología de iluminación artificial y natural que tiene por finalidad realzar la realización de una tarea o la estética de un área determinada. Está conformado por una pluralidad de parámetros de diseño y de elementos emisores de luz, configurados para permitir el control individual o conjunto de la emisión de luz de manera eficaz y eficiente. [14] .

2.2.1. Sistema de alumbrado

En cuanto a la disposición y ubicación de las luminarias, existen tres opciones básicas para el alumbrado de oficinas:

1. Alumbrado general: proporcionado por una distribución regular de luminarias.
2. Alumbrado general localizado: proporcionado por una distribución irregular de las luminarias en relación a las zonas de trabajo.



CAPITULO II



3. Alumbrado general más alumbrado local: en el que se complementa un nivel de alumbrado general con luminarias en los puestos de trabajo. [15]

En todos los sistemas el alumbrado general podrá ser directo, indirecto o una combinación de ambos.

2.2.2. Tipos de lámparas

Los tipos de lámparas para la iluminación de oficinas son:

1. Fluorescentes tubulares lineales (T12) de 38 mm. De diámetro.
2. Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. De diámetro.
3. Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. De diámetro.
4. Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).
5. Fluorescentes compactos (TC).
6. Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
7. Fluorescente circular.
8. Incandescente halógena.
9. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM ó CDM).
10. Lámpara de inducción

Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores como son la eficacia de la lámpara, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros. [16]

En la Tabla 2. Se muestran las características de las lámparas más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán:



CAPITULO II



- 1º- Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local.
- 2º- De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficacia, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio.
- 3º- Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Tabla 2. Tipos de lámparas según la aplicación.

Tipo de lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm/w	Vida media (horas)	Aplicación
Incandescentes halógenas	5-300	Cálido	100	10-25	1000-5000	Localizada. Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm	18-58	Cálido. Neutro. Frío	60-98	65-96	8000-16000	General
Fluorescencia lineal de 16 mm	14-80	Cálido. Neutro. Frío	85	80-105	12000-16000	General
Fluorescencia compacta	5-55	Cálido. Neutro. Frío	85-98	60-85	8000-12000	General. Localizada. Decorativa
Sodio Blanco	50-100	Cálido	85	50	12000	Decorativa
Vapor de Mercurio	50-1000	Cálido. Neutro	50-60	30-60	12000-16000	General
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido. Neutro. Frío	65-85-96	70-93	6000-10000	General. Localizada
Inducción	55/85/160	Cálido. Neutro	82	64-71	60000	General

Fuente: PHILIPS (1992)

2.2.3. Tipos de equipos auxiliares

Son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y por tanto, diferentes para cada tipo y lámpara, no obstante, con carácter general los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores.



CAPITULO II



Las características de los equipos auxiliares son función de las características de la red y del tipo y potencia de la lámpara. [16]

Tabla 3. Tipo de equipos auxiliares según tipo de lámpara.

Tipo de lámpara	Tipo de equipo
Tubular fluorescente T12, (d=38mm)	Electromagnético
Tubular fluorescente T8, (d=26mm)	Electromagnético/Electrónico
Tubular fluorescente T5, (d=16mm)	Electrónico
Fluorescente compacta	Electromagnético/Electrónico
Vapor de sodio	Electromagnético
Halogenuros metálicos	Electromagnético/Electrónico
Incandescencia halógenas	Electromagnético/Electrónico
Inducción electromagnética	Electrónico

Fuente: PHILIPS (1992)

Balasto: Los balastos (o reactancias) son dispositivos empleados para limitar y estabilizar la corriente de arco de las lámparas de descarga. En ocasiones se utilizan también para generar las tensiones necesarias para el encendido de las lámparas, ya sean solos o en combinación con arrancadores o condensadores.

Los balastos son en sí mismos impedancias, por lo que teóricamente podría haber de varios tipos: inductivas, resistencias o combinación entre ellas. No obstante, en la práctica se utilizan casi en exclusividad los balastos de tipo inductivo y en algunos casos los inductivo-capacitivos. Los balastos resistivos no se utilizan debido a las elevadas pérdidas en forma de calor que ocasionarían y los capacitivos por deformar grandemente la forma de onda de la corriente de lámpara y dar por ello baja potencia en la misma.



CAPITULO II



Como complemento a estos tipos enumerados están los balastos electrónicos, que combinan en sí mismos el sistema de encendido, compensación y regulación de corriente en la lámpara consiguiéndose consumos menores de potencia. [16].

- o **Balasto electromagnético:** fue el primer tipo de inductancia que se utilizó en las lámparas fluorescentes. Consta de un transformador de corriente o reactancia inductiva, compuesto por un enrollado único de alambre de cobre.
- o **Balastos electrónicos:** Tienen un principio de funcionamiento, en cuanto a su labor de limitación de corriente, idéntico a los electromagnéticos. Constan de un circuito que convierte la tensión de red en una señal de alta frecuencia (alrededor de 40 kHz) que se aplica a un balasto electromagnético muy pequeño. Además incorporan circuitos para la compensación de potencia y para el encendido de las lámparas. En función del tipo de encendido existen dos tipos de balastos electrónicos:
 - Con precaldeo: Los filamentos que hay en los extremos de los tubos reciben una tensión de bajo voltaje durante un breve espacio de tiempo. Una vez caliente, se aplica un impulso de cebado de unos 500 voltios, los electrodos sufren menos en el arranque tras este calentamiento, ya que el pico del arranque es menor que en el encendido en frío. Este tipo de balasto electrónico es recomendable para locales con un número frecuente de encendidos, ya que se estima que la vida del tubo aumenta en un 50%.
 - Sin precaldeo: Este balasto aplica directamente a los electrodos un pico de tensión de 1000 voltios, consiguiendo un encendido inmediato (0,1 seg.). Este tipo de balasto es recomendable en aquellos



CAPITULO II



locales donde el número de encendidos y apagados diarios no sea superior a tres. [16].

Tabla 4. Rango de pérdidas según tipo de Balasto

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdida	Electrónico
Tipo de lámpara			
Florescencia	20-25%	14-16%	8-11%
Descarga	14-20%	8-12%	6-8%
Halógenas baja tensión	15-20%	10-12%	5-7%

Fuente: PHILIPS (1992)

- **Arrancadores:** Es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.
- **Condensadores:** Es el componente que corrige el factor de potencia ($\cos\Phi$) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. En alumbrado su utilización es fundamental con balastos electromagnéticos, ya que la corriente que circula por ellos se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición y una disminución de la corriente (y potencia) reactiva total de la instalación. [16].

Vale recalcar que tanto el condensador como el arrancador, únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que éstos llevan incorporado unos componentes electrónicos que desempeñan las funciones de ambos equipos.



CAPITULO II



Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el t_w (temperatura máxima de funcionamiento), Δt (incremento de temperatura), t_a (temperatura máxima de ambiente) y λ (factor de potencia). Además pueden llevar impresas las marcas de conformidad de diferentes organismos de homologación. [16].

2.2.4. Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

1. Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristalerías, lucernarios o claraboyas.
2. Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
3. Regulación y control bajo demanda del usuario por pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
4. Regulación y control por un sistema centralizado de gestión. [17].

2.2.5. Luz natural

En las instalaciones de oficinas puede estimarse que la luz natural pueda sustituir al alumbrado artificial siempre y cuando este no afecte a la carga térmica del recinto.

2.2.6. Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios destinados a oficinas, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo o paredes.
- De sobre mesa o pie. [18].



CAPITULO II



2.2.7. Grado de protección (IP XXX)

Las luminarias de alumbrado general en oficinas, no necesitan de un grado de estanquidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas. [17].

2.2.8. Clase eléctrica

De acuerdo a la clasificación C.I.E. (1992), de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos, las siguientes clases de luminarias:

- Directa: Hemisferio superior del 0-10%, hemisferio inferior 90-100%.
- Semi - directa: Hemisferio superior del 10-40%, hemisferio inferior 60-90%.
- Directa - indirecta / general difusa: Hemisferio superior del 40-60%, hemisferio inferior 40-60%.
- Semi - indirecta: Hemisferio superior del 60-90%, hemisferio inferior 10- 40%.
- Indirecta: Hemisferio superior del 90-100%, hemisferio inferior 0-10%. [19].

2.2.9. Índice de eficiencia de los sistemas de iluminación

Para que un edificio de oficinas sea realizado con criterios energéticos razonables, tenemos que atender a los diferentes elementos que componen el sistema, a saber:

- Eficacia de las lámparas.
- Eficacia de los equipos necesarios para el funcionamiento de las lámparas.
- El rendimiento de las luminarias instaladas en el proyecto.
- Las características propias del local: sus dimensiones, estructura, factores de reflexiones. [17].



2.2.10. Índice de eficacia de lámparas recomendado

En las oficinas con carácter general, se deben utilizar lámparas con una eficacia ≥ 60 lúmenes / Watio. Este rendimiento se debe cumplir independientemente a la calidad cromática requerida por la instalación. Se admitirán excepcionalmente lámparas con una eficacia inferior al establecido, en iluminaciones puntuales de zonas singulares que así lo demandan. [17].

2.2.11. Índice de rendimiento de luminarias recomendado

Las luminarias que se utilicen para el alumbrado general en oficinas, tendrán un rendimiento hacia el hemisferio inferior $\geq 60\%$.

2.2.12. Índice de consumo propio de equipos recomendado

El consumo propio del conjunto de equipo auxiliar (balasto, arrancador, condensador), no podrá sobrepasar los siguientes porcentajes:

Tabla 5. Índices de consumo propio del conjunto de equipo auxiliar.

Lámparas fluorescentes	Tabla consumos máximos
Lámparas de descarga < 150 W	10%
Lámparas de descarga > 150 W	15%
Coseno de Φ del conjunto	> 0,9

Fuente: IDAE (2001)

2.2.13. Coeficiente de utilización mínimo

Es el cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por la luminaria. Es por tanto, función de los índices de eficiencia de los sistemas de iluminación mencionados y de la distribución fotométrica de la luminaria utilizada, así como de las dimensiones y acabados del local en que se instala dicho sistema. No obstante, aunque es un parámetro muy importante desde el punto de vista de ahorro energético, debe tenerse en cuenta el medio en el que se está trabajando. Por ello, se



CAPITULO II



estima que para disponer de una instalación racional y energéticamente eficiente, el coeficiente de utilización resultante del sistema de iluminación seleccionado, deberá ser de 0.33-0.50 para oficinas pequeñas y de 0.55-.0.8 para oficinas grandes. [17].

2.2.14. Maniobra y selectividad de la instalación

Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida, la instalación de alumbrado se ha de proyectar de manera que se puedan realizar fácilmente encendidos parciales, ya sea para aprovechar la luz natural, o para ajustar los puntos de luz en funcionamiento a las necesidades del momento. Con este objeto resulta aconsejable el fraccionamiento de la maniobra de los distintos circuitos de un mismo local, mediante interruptores debidamente señalizados, es decir, desde el punto de vista de la eficiencia energética en la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos. [17].

Hay que destacar en el aspecto de la selectividad de la instalación, la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que permita controlar el encendido de éstas de forma independiente del resto de luminarias.

Se recomiendan las siguientes reglas genéricas de conmutación, que son aplicables a cualquier tipo de sistema de control. Cada oficina o zona, por separado debe tener sus propios interruptores de control. En grandes espacios, las zonas de trabajo deben agruparse y el alumbrado de cada grupo conmutarse independientemente. Cada grupo debe ser conmutable en al menos dos etapas del 50% cada una y distribuido uniformemente sobre toda el área. Las zonas de tareas que precisen niveles mayores de iluminación. Las luminarias adyacentes al plano de ventanas deben conectarse en grupos conmutados separadamente.



CAPITULO II



2.2.15. Mantenimiento

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies que forman las salas, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las lámparas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente.

La relación entre la iluminancia mínima exigida y la iluminancia inicial se denomina factor de pérdida de luz, y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre la instalación [17].

Tabla 6. Factor de pérdida de luz según el grado de mantenimiento de la instalación.

Iluminancia recomendado basada sobre	Flujo luminoso de la lámpara empleada	Factor de depreciación del flujo de la lámpara	Categoría del local	Factor deprec, Luminaria y superficies del local	Factor total de pérdida de luz
Valor mínimo de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	0,8	Limpio	0,85	0,7
			Normal	0,75	0,6
			Sucio	0,6	0,5
	Valor final de la vida (70% vida prevista)	0,1	Limpio	0,85	0,85
			Normal	0,75	0,75
			Sucio	0,6	0,6
Valor en servicio de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	0,9	Limpio	0,9	0,8
			Normal	0,8	0,7
			Sucio	0,7	0,6
	Flujo nominal para el proyecto (2000h)	1	Limpio	0,9	0,9
			Normal	0,8	0,8
			Sucio	0,7	0,7

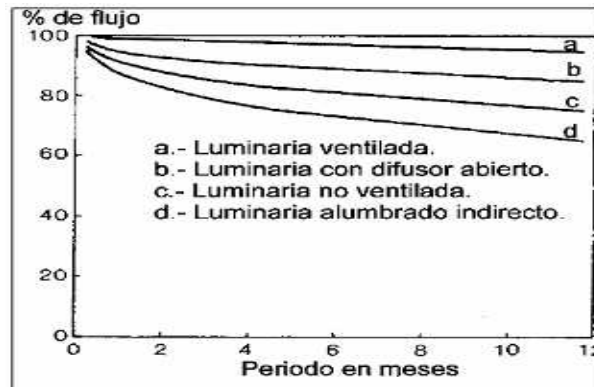
Fuente: IDAE (2001)

2.2.16. Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria.

La deposición de polvo sobre las luminarias y lámparas, está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea. Las

curvas mostradas en la figura 1. Muestran la depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad en distintos tipos de luminarias. [17].

Figura 1. Depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad.



Fuente: IDAE (1992)

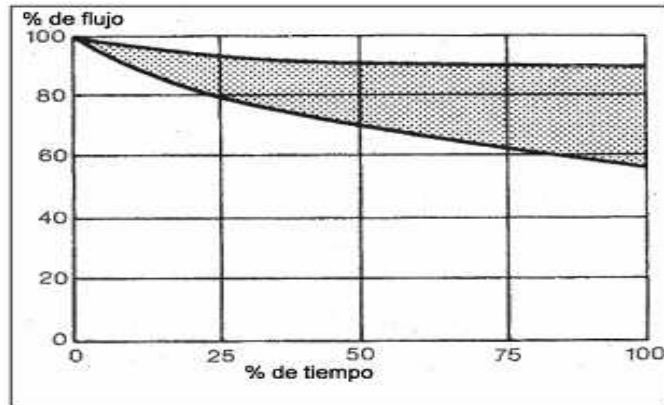
Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las lámparas.

2.2.17. Depreciación del flujo de las lámparas.

El flujo luminoso de las lámparas disminuye con el tiempo, siendo diferente de unas lámparas a otras. Existen lámparas que siguen luciendo por un largo periodo de tiempo, pero a partir de un determinado momento, su emisión luminosa en relación con su consumo hace aconsejable su sustitución. [17].

En la figura 2. Se muestra el porcentaje de la depreciación del flujo de las lámparas fluorescentes y de descarga en función del tiempo.

Figura 2. Depreciación del flujo de la lámpara fluorescente en función del tiempo.



Fuente: IDAE (2001)

Las lámparas han de ser sustituidas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Aunque la lámpara siga luciendo, el rendimiento lumen/Watio de la misma hará aconsejable su sustitución. El ciclo de sustitución más aconsejable para un tipo determinado de lámpara estará definido por el fabricante.

2.2.18. Factor de mantenimiento (Fm)

Con el objeto de controlar la pérdida de flujo una instalación de iluminación se debe definir este factor, que es la relación entre la iluminancia media horizontal mantenida y la iluminancia inicial.

$$Fm = Em / Em_{inicial} \quad (1)$$

Por lo tanto, el valor máximo que puede alcanzar es 1. Como valores orientativos se pueden adoptar los situados entre los siguientes:

- Ambientes normales: 0,8 (zonas comunes de viviendas, oficinas, aulas...)
- Ambientes especialmente polvorientos: 0,4 [17].



CAPITULO II



2.2.19. Gestor energético

Para realizar una gestión eficiente, la figura del gestor energético en cualquier instalación debería ser obligatoria.

- Listados y especificaciones de los equipos de iluminación empleados.
- El programa de limpieza para lámparas y luminarias.
- El programa de recambio de lámparas.
- El programa de mantenimiento de las superficies que forman las salas, incluido el repintado de las mismas. [17].

Basándose en estas instrucciones, el gestor deberá realizar una eficaz gestión continuo sobre:

- Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.)
- Control de horarios de funcionamiento
- Control de consumos y costos.
- Seguimiento de la tarificación.

La energía consumida en kWh por luminaria es igual a la potencia de las luminarias multiplicada por el número de horas de utilización de las mismas. La comparación del consumo teórico con el real, puede facilitar al gestor los datos necesarios para conseguir una disminución en el costo energético del alumbrado. [17].

Para un determinado nivel de iluminación adecuado a la tarea a realizar y suponiendo que el número de horas de utilización es el correcto, solamente un deficiente estado de las luminarias puede incrementar el consumo. De igual forma, para un adecuado estado de las luminarias, el incremento es motivado por una excesiva utilización del alumbrado.



CAPITULO II



Si el gestor desconociese la potencia instalada, debe estimar el consumo de la siguiente forma: la potencia instalada es igual al número de luminarias instaladas por la potencia de las lámparas que incorpora, incrementada en la potencia por el equipo auxiliar, si lo tuviere. Esto es debido a que las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, necesitan un balasto para su funcionamiento, y este tiene un consumo propio. Los Watios consumidos por la luminaria, pueden estar especificados por el fabricante; la alternativa a la ausencia de este dato sería:

Para luminarias con lámparas fluorescentes, multiplicar por 1,25 la potencia total de las lámparas existentes en las luminarias.

Para las luminarias que incorporen equipos electrónicos de alta frecuencia, consultar los datos al fabricante. En el caso de existencia de reguladores o transformadores, será necesario añadir el consumo de éstos al propio de la lámpara.

2.3. Sistema de Climatización

Consiste en el método a través del cual, se establecen las condiciones de temperatura, humedad y calidad del aire interior, dando origen a la sensación de confort térmico dentro de los espacios habitados y el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. [20].

Estos sistemas controlan las moléculas del aire para subir o bajar la temperatura del mismo y así generar ambientes cálidos o frescos, dependiendo de las necesidades.

Como mínimo, las instalaciones de climatización deben efectuar los siguientes procesos básicos:

- Control de temperatura y humedad
- Ventilación y calidad del aire interior



CAPITULO II



- Filtrado
- Circulación

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente
- Sin ruidos molestos
- Con el menor consumo energético
- Sin producir contaminación al medio ambiente

2.3.1. Generalidades

El propósito de los sistemas de confort térmico es crear condiciones atmosféricas que conduzcan al bienestar, como el caso de viviendas, oficinas, comercios, restaurantes, salas de fiestas, hospitales, teatros, etc., mientras que en los industriales es el de controlar las condiciones atmosféricas para satisfacer los requisitos particulares de los procesos. Para lograr esos objetivos se detallan las funciones básicas a realizar:

a) Enfriamiento y deshumectación

Para lograr el confort en los locales, es necesario enfriar y además, deshumidificar el aire, porque el porcentaje de humedad relativa aumentaría en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. Esta función se efectúa en un proceso único y simultáneo por medio de un serpentín o batería de enfriamiento en las cuales se absorbe el calor sensible y también el calor latente del aire, por efecto de la condensación sobre su superficie del vapor de agua que contiene, debido a que se lo enfría por debajo de su punto de rocío.



CAPITULO II



b) Ventilación

Consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores.

c) Filtrado

Es la limpieza del aire y se cumple en la batería de filtros, quitándole al aire circulante el polvo, impurezas y partículas en suspensión y el grado de limpieza a lograr depende del tipo de instalación de acondicionamiento a efectuar. El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento.

d) Circulación del aire

Siempre debe haber un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzcan corrientes enérgicas que son perjudiciales, el proceso de su circulación y distribución, se efectúa mediante ventiladores del tipo centrífugo, capaces de hacer circular los caudales de aire necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas por los conductos de distribución, rejillas, y los propios elementos de la unidad de tratamiento de aire como persianas, serpentines, filtros, etc., con bajo nivel de ruidos.

En los ambientes, la inyección del aire se realiza generalmente por medio de rejillas sobre paredes o difusores sobre los cielorrasos y el retorno se efectúa por rejillas colocadas adecuadamente en los locales, con el objetivo de conseguir un mínimo movimiento de aire en la zona de vida del local en cuestión, que se encuentra en un plano ubicado a 1,50 m sobre el nivel del piso. [20].



2.3.2. Clasificación de los sistemas de aire acondicionado

Se pueden clasificar de acuerdo a los fluidos de distribución del aire acondicionado en:

- Sistemas unitarios o autónomos
- Sistemas todo refrigerante
- Sistemas todo aire
- Sistemas todo agua
- Sistemas aire agua

a) Unitarios o autónomos

Equipos compactos auto contenidos de expansión directa colocados en ventana, pared o los mismos locales a servir, sin utilización de conductos o solo pequeños tramos de distribución, empleando rejillas o plenos de distribución de aire.

b) Todo refrigerante (split-systems)

Sistemas separados o split-systems consistiendo en unidades terminales en el espacio acondicionado, que constan de un serpentín de expansión directa con ventilador que recircula el aire del local, que es alimentado con refrigerante transportado por cañerías desde una unidad condensadora separada ubicada en el exterior.

c) Todo aire

El aire se prepara en un equipo unitario o unidad de tratamiento del aire con un serpentín de expansión directa o agua fría que se ubica alejado de los espacios que se acondicionan y se utiliza solo el aire como fluido termodinámico que llega a los locales, distribuido mediante un sistema de conductos y que sirve tanto para refrigerar como para calefaccionar



d) Todo agua

En el espacio acondicionado hay unidades terminales, denominadas fan-coil individuales (unidades de tratamiento de aire), que constan de un ventilador para circular el aire y un serpentín que se alimentan de agua fría por cañerías y bombas desde una unidad enfriadora de agua y por agua caliente desde una caldera

e) Aire-agua

Son sistemas mixtos donde los locales acondicionados están servidos por unidades terminales ubicados dentro de los locales y suministran el aire denominado secundario y el designado como primario proviene de unidades o equipos de tratamiento de aire remotos. [20].

2.3.3. Sistemas de refrigeración

En los ciclos que utilizan un fluido refrigerante se emplea la propiedad de hacerlos absorber calor en estado líquido para evaporarse a temperaturas y bajas presiones. Luego para restituirlos nuevamente a las condiciones iniciales se los hace condensar a mayor presión y temperatura, para ceder el calor al medio circundante normalmente aire o agua y los métodos o sistemas normalmente empleados son:

- Compresión
- Absorción

En el sistema de compresión la presión es incrementada desde el evaporador al condensador mediante el empleo de un compresor, que produce la succión del evaporador y la compresión al condensador y por ello, a estos sistemas se los denomina de refrigeración mecánica que son los más utilizados. En el sistema de absorción, la succión del evaporador se origina por un fluido absorbente y el aumento de presión se produce por el calor que suministra una fuente de calor. [21].



CAPITULO II



Los sistemas de refrigeración mecánica están compuestos de los siguientes elementos:

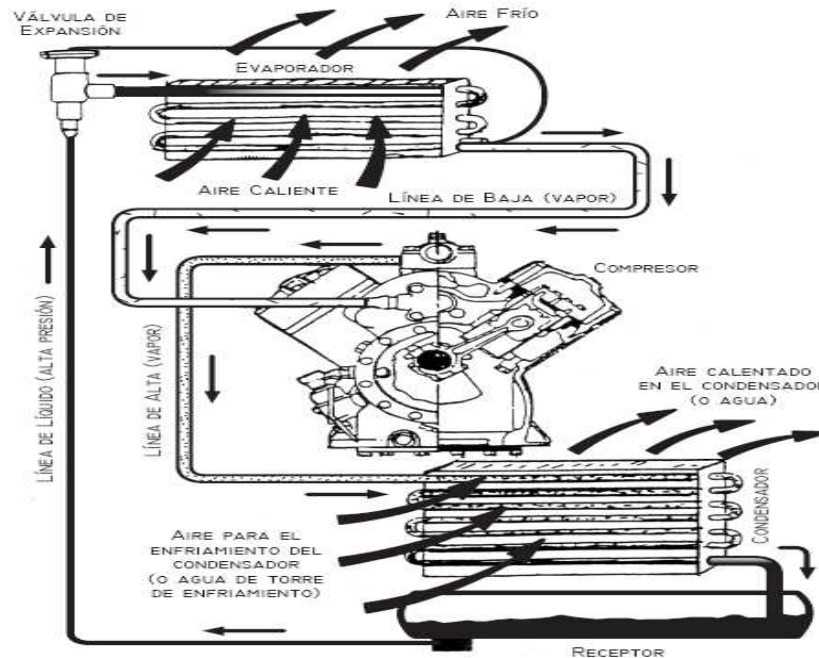
- Compresor
- Condensador
- Dispositivo de expansión
- Evaporador

Estos elementos, están incorporados en un circuito cerrado vinculados por medio de tuberías de interconexión, que permiten hacer circular el fluido refrigerante durante el ciclo, de forma continua, empleando ventiladores en el evaporador y condensador, para favorecer la transferencia del calor mediante la circulación forzada del aire.

El funcionamiento se basa en un fluido refrigerante, al cual mediante una serie de dispositivos se le hace absorber calor en un lugar de baja temperatura como es el aire del local, transportarlo y cederlo a otro lugar de mayor temperatura, como puede ser el aire exterior y como el calor debe fluir de una fuente de baja a una de alta temperatura en contra de la tendencia natural, para lograr ese objetivo es necesario aportar energía o trabajo mecánico mediante un compresor.

El ciclo de refrigeración se basa en aprovechar las propiedades de cambios de estados físicas de las sustancias, como ser la vaporización o la condensación. [21].

Figura 3. Ciclo básico del sistema de refrigeración



Fuente: Quadri N. (2001).

• Compresores

Es uno de los puntos de división entre el lado de baja presión y el lado de alta presión del circuito de refrigeración, dado que recibe vapor refrigerante a baja presión y baja temperatura proveniente del evaporador y la descarga a alta presión y temperatura en el condensador.

Según la forma de funcionamiento los compresores pueden clasificarse en:

1. Alternativo
2. Rotativo
3. Centrífugo
4. Axihelicoidal o tornillo
5. Espiral o scroll

1. Compresor alternativo

Son similares en muchos aspectos a un motor de automóvil en la que el pistón al moverse alternativamente, produce la succión en la carrera descendente y la compresión en la ascendente.

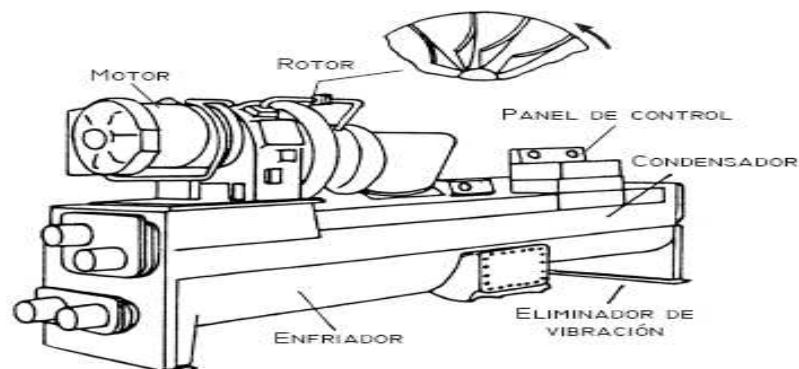
2. Compresor rotativo

Consta de una cámara cilíndrica cerrada, dentro de la cual gira un cilindro metálico cuyo eje de rotación no coincide con el eje de la cámara mediante unas aletas, que pueden introducirse más o menos profundamente en el cilindro giratorio, el espacio comprendido entre éste y las paredes interiores de la cámara, está dividido en recintos separados, cuyos volúmenes varían a causa de la excentricidad del eje de rotación con respecto al cilindro hueco.

3. Compresor centrífugo

Se impulsa el gas refrigerante, gracias a la fuerza centrífuga de un rotor que gira a alta velocidad, dotado de paletas de diseño especial el que toma el refrigerante de baja presión cedido por el evaporador y lo arroja hacia la periferia con una velocidad que da lugar a una elevada presión de descarga.

Figura 4. Partes de un compresor centrífugo



Fuente: Quadri N. (2001).



4. Compresor axihelicoidal (tornillo)

Este tipo de máquina origina la compresión del gas refrigerante mediante la utilización de dos engranajes helicoidales de desplazamiento positivo y por tal motivo suele denominárselos generalmente como compresores a tornillo.

5. Compresor a espiral

Se los suele denominar scroll y su principio de funcionamiento se basa en dos piezas en forma de espiral que forman al interactuar entre si bolsillos de gas, en la que un espiral permanece fijo mientras el otro orbita con un movimiento continuo que impulsa el gas refrigerante a espacios que van haciéndose mas pequeños, aumentando su presión hasta alcanzar la descarga en el centro y de esa manera, se logra una compresión continua y uniforme. [21].

- **Condensadores**

Es un elemento del circuito frigorífico donde el gas refrigerante sobrecalentado y proveniente del compresor transfiere la carga térmica a un medio exterior que puede ser agua, aire o la combinación de ambos.

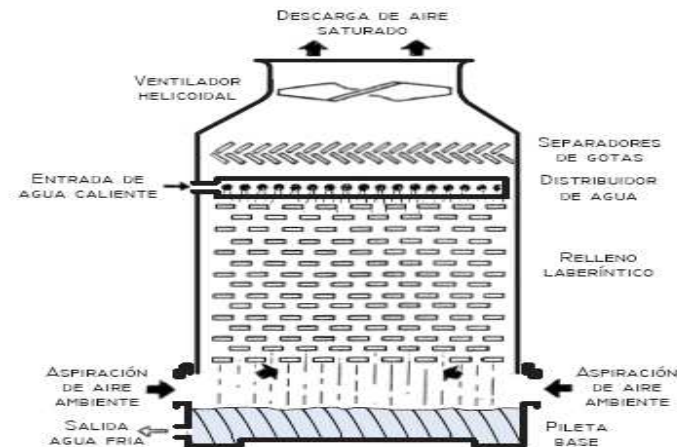
Las cantidades de calor sensible que el condensador debe eliminar para enfriar el sobrecalentamiento y producir el subenfriamiento es reducida comparada con la que tiene que eliminar para condensar el vapor saturado. Para lograr esos objetivos debe utilizarse un medio mas frío que puede ser el mismo aire exterior o agua reciclada y enfriada mediante una torre de enfriamiento. [21].

- **Torre de enfriamiento**

Es un dispositivo que recibe el agua impulsada por una bomba circuladora desde el condensador del equipo frigorífico y la vierte finamente distribuida sobre una superficie laberíntica y mediante un extractor se hace circular aire para facilitar la

evaporación del agua y su consecuente enfriamiento, para luego ser recogida en una batea recolectora.

Figura 5. Torre de enfriamiento de tiro inducido vertical



Fuente: Quadri N. (2001).

- **Dispositivos de expansión**

El líquido refrigerante que se encuentra a elevada presión y temperatura debe ser devuelto al evaporador para continuar el proceso cíclico, pero en ese estado no está listo para ser evaporado, pues su presión y su temperatura son muy altas. Por ello, se utiliza el artificio de disminuir la presión del líquido en forma brusca, de modo que se produzca la repentina formación de vapor denominado flash-gas, que para generarse absorbe calor latente de la misma masa del líquido en forma de calor sensible y por lo tanto disminuye la temperatura.

- **Válvula de expansión**

Su misión es reducir la presión y además, regular el sobrecalentamiento del gas en la línea de succión, para evitar que llegue líquido no evaporado al compresor.



CAPITULO II



- **Tubo capilar**

Es el dispositivo de expansión más sencillo consistiendo en un tubo de longitud más o menos grande cuyo diámetro interior es considerablemente más pequeño que aquel que se usa para la línea del líquido del mismo sistema.

- **Evaporador**

Una vez que el líquido ha pasado por el dispositivo de expansión, el evaporador constituye el serpentín que en la zona a baja presión, produce la reducción de temperatura y quita la humedad del aire que mediante un ventilador circula exteriormente a través de él.

- **Accesorios**

- o **Filtro secador**

El objetivo es absorber la humedad que pueda haber en el refrigerante en el aceite, dado que siempre hay presente algo de humedad, aún en equipos correctamente deshidratados, debiéndose instalar en la línea de líquido.

- o **Indicador de líquido**

El propósito es de determinar si suficiente cantidad de líquido llega al dispositivo de expansión y debe instalarse entre el filtro secador y el dispositivo de expansión, lo más cerca posible de este último.

2.4. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂)

Desde una perspectiva globalizada, en la que la energía se veía solo como un instrumento al servicio del desarrollo, ligado al confort, el aumento de consumo energético significaba un incremento de bienestar y por tanto, cuanto mayor era la producción y consumo energético mayor sería la calidad de vida de la sociedad.



CAPITULO II



En el devenir del tiempo y ante los cambios de escenarios, las sociedades han aprendido que se debe disponer de un entorno saludable y por ello se debe tratar de minimizar al máximo las consecuencias medioambientales que acarrea una gran producción energética con fuentes convencionales. Por ello es que se vienen desarrollando caminos convergentes, uno, el del uso racional de la energía, que sin menoscabo del confort minimice el consumo en cada etapa, mediante sistemas que favorezcan su ahorro a través de una mayor eficiencia en su gerenciamiento, en los materiales de construcción, habitabilidad, procesos, y otros, al mismo tiempo que se aplican sistemas de limitación del consumo mediante automatización, e incluso se buscan fórmulas de aprovechamiento energético mediante sistemas de cogeneración, de modo que la energía desprendida en los procesos de transformación sea reutilizada, evitando así un nuevo gasto de producción.

Paralelamente se estudian, desarrollan y comienzan a utilizar métodos no convencionales de producción, que limitan a un mínimo tanto las emisiones de CO₂ que producen el efecto invernadero como el deterioro general del medio ambiente, abogando por una diversificación de las fuentes de energía, de modo que sea posible lograr un autoabastecimiento mediante sistemas productivos de desarrollo endógeno. El fin, minimizar los costos ambientales, manteniendo los niveles de bienestar, reduciendo en parte la contaminación y dando cumplimiento a los acuerdos internacionales de conservación del entorno. [22].

No obstante algunos países en vías de desarrollo, manifiestan altos niveles de malestar e incertidumbre ante la corresponsabilidad sobre los cambios climáticos y el efecto invernadero, señalando que no es razonable pedir un ajuste similar en la cuota de esfuerzo individual y colectivo, cuando los norteamericanos por ejemplo, según el escenario futuro previsto por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) (2008), emitieron cada uno a la atmósfera 5,7 giga toneladas de CO₂, pero en términos per



CAPITULO II



capita cada ciudadano norteamericano emitió 18,6 toneladas al año, frente a 4,3 de cada ciudadano chino. Equivale, en términos de CO₂, a 5 ciudadanos chinos. En otras palabras, piden que el mayor esfuerzo sea asumido por los países desarrollados. Demostrando sin duda, que el reto político de involucrar más activamente a las economías emergentes en la lucha contra el cambio climático es clave si se quiere combatir con éxito este problema mundial. (p.6). [22].

La percepción que tienen los expertos económicos en temas energéticos es que las emisiones de CO₂ van a seguir creciendo rápidamente, a menos que tenga lugar un cambio inesperado de escenario económico o un avance tecnológico importante. La mayoría de los estudios coinciden en la relación positiva entre crecimiento económico, consumo de energía y tecnología actual, emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

De igual forma la (AIE) (2008), señala para el periodo 2006-2030 un crecimiento del (1,7% anual), y expresa que solamente es posible reducir el consumo de energía si el crecimiento cae por debajo del 1,6%. En este sentido, desde 1965 sólo en tres ocasiones (1975, 1982 y 1991) el crecimiento mundial ha caído por debajo de esta cifra, estando asociado a recesiones globales. [22].

De acuerdo con estadísticas de la Agencia Internacional de Energía (AIE), según sus siglas en inglés) (2008), Venezuela se encuentra entre los primeros cuatro países de Latinoamérica y el Caribe que expulsan más volúmenes de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera, con una tasa que supera las 140 millones de toneladas anuales del principal gas causante del efecto invernadero. Una cantidad que sólo es superada, en la región, por México y Brasil. Sin embargo, un vecino de mayor extensión, como lo es Colombia, apenas despide un promedio de 60 millones de toneladas de CO₂, año tras año. [22].



CAPITULO II



Por ser productores de petróleo combustible fósil que al ser quemado despiden CO_2 , Venezuela, es una de las naciones latinoamericanas más contaminantes y el historial no es de data reciente, desde principios de los 90 no ha emitido menos de 100 millones de toneladas de gas. Sin embargo, en la actualidad, las emisiones locales no representan el 1% del total mundial. Apenas rondan, según la ONU, 0,4% de las expulsiones globales.

La basura también es uno de los problemas ambientales más poderosos de Venezuela. En promedio, cada habitante del país es capaz de generar desde 300 gramos hasta un kilo de basura al día. Cada diez segundos se producen poco más de dos toneladas de desperdicios en todo el territorio, lo cual da un total nacional de más de 18 mil toneladas diarias de desechos sólidos, muchos de los cuales, aproximadamente 20%, no son debidamente procesados, ni siquiera recogidos y se van acumulando. Caracas es una de las ciudades que más genera desperdicios, casi 25%, cinco mil toneladas diarias del total nacional.

En consecuencia y según los datos disponibles, la opción de “bajo crecimiento mundial” no es compatible con el desarrollo de las economías menos avanzadas y por lo tanto, no es una opción razonable para combatir el cambio climático. Sin embargo afrontar el reto de mejorar el entorno y la naturaleza conlleva al análisis y aplicación de alternativas factibles como las denominadas energías limpias o las nuevas tecnologías como la captura del carbono, la gasolina ecológica y/o el uso de gas natural doméstico y vehicular. Hay que considerar que los mayores esfuerzos van a provenir de los países desarrollados, ya que éstas son energías más onerosas. Por el contrario, los países en vías de desarrollo, particularmente India y China, perciben al carbón como la alternativa más barata y con menos problemas de suministro, lo que tiene todavía efectos más perniciosos sobre el medio ambiente al ser el carbón más contaminante que el petróleo. Es necesario mantener la propuesta por las energías



CAPITULO II



renovables, pero a la vez, estimular una política más activa a favor del ahorro energético para luchar con éxito contra el cambio climático. [22].

2.5. Eficiencia Energética

En líneas generales, la eficiencia energética puede definirse como la reducción del consumo de energía de los sistemas, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir los estándares de calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento, fomentando la sensibilización y comportamientos de uso racional. [23].

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, sin afectar el volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador general que señala la relación entre consumo de energía y Producto Interior Bruto (PIB). [24]

La energía se obtiene a partir de las fuentes de energía y las cantidades disponibles de dichas fuentes es lo que se denominan recursos energéticos. El carácter limitado o ilimitado de dichas fuentes nos permite diferenciarlas y valorarlas en términos de sostenibilidad, partiendo de la evidencia de que la atmósfera está alcanzando su límite medioambiental y de que el consumo energético sigue creciendo, con zonas del planeta en pleno desarrollo demandando su equiparación energética con el mundo desarrollado.

Entre las causas del alto consumo de energía se puede apreciar aumento del nivel de vida y de confort, gran dependencia energética, incremento de la población mundial. La emisión constante a la atmósfera de los denominados gases de efecto invernadero contribuyendo al tan anunciado cambio climático donde el incremento de las temperaturas y su influencia en otros factores del clima traen como consecuencia



CAPITULO II



efectos graves para los habitantes del planeta y la conservación de los actuales ecosistemas.

En Venezuela, las normas regulatorias que rigen expresadas en la Constitución de la Republica Bolivariana, inicia el compromiso de actuación en materia de eficiencia energética en el artículo 106, que establece que “El Estado atenderá a la defensa y conservación de los recursos naturales de su territorio, y la explotación de los mismos estará dirigida primordialmente al beneficio colectivo de los venezolanos”. La disposición constitucional precedente, obliga a la preservación de los recursos naturales que son patrimonio de la colectividad y la colectividad en su conjunto está interesada en sus derechos innominados, en que la producción y el uso de la energía sea sustentable en beneficio de la conservación del ambiente. [25].

En el campo específico del servicio público nacional de electricidad, se encuentra vigente la “Ley Organica del Servicio Electrico”, contenida en la Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario de fecha 31 de Diciembre de 2001, varias de cuyas disposiciones aluden en alguna forma al concepto de uso eficiente de la energía, como se muestra en el artículo 2. El Estado velará porque todas las actividades que constituyen el servicio eléctrico se realicen bajo los principios de equilibrio económico, confiabilidad, eficiencia, calidad, equidad, solidaridad, no-discriminación y transparencia, a los fines de garantizar un suministro de electricidad al menor costo posible y con la calidad requerida por los usuarios. Y en el artículo 16. Numeral 2) Promover la eficiencia, confiabilidad y seguridad en la prestación del servicio, y el uso eficiente y seguro de la electricidad. [26].

Entre otras normas se encuentran las COVENIN, que como normativa técnica y de control de calidad regulan como instrumento legal el establecimiento de estándares de eficiencia energética, la verificación de su cumplimiento, el suministro de



CAPITULO II



información mediante etiquetas u otro medio a los usuarios, la elaboración de pruebas de verificación y la expedición de certificaciones de calidad.

De igual forma, en Venezuela por tratarse de un país petrolero, dotado de extraordinarias reservas de gas natural y con una importantísima capacidad para la producción de energía hidroeléctrica y termoeléctrica, el cual, por otra parte, se ha caracterizado tradicionalmente por el bajo costo asignado a sus recursos energéticos. En su condición de consumidor y exportador de recursos energéticos, no puede el país sustraerse a las tendencias globales, especialmente las relacionadas con la eficiencia energética, la conservación de la energía y la energía renovable. Lo cual requiere actuar consistentemente en la fase de formulación de la política, pues es en ese escenario de planificación, establecimiento de estrategias y diseño de acciones donde deben conjugarse y tomar parte todos los aspectos relevantes de la materia a ser regulada.

Las bases de la política plantean claramente todas las líneas de relación posibles y necesarias para dar cabal cobertura al uso eficiente de los recursos energéticos, pero se observa un nivel de desarticulación intersectorial indispensable para evitar que cualquier iniciativa sea simplemente la preocupación de una unidad administrativa aislada, justificando la necesidad de profundizar el abordaje y la acción de aplicación de alternativas de eficiencia energética en las industrias básicas del Estado venezolano.

Razón por la que en noviembre de 2009, es publicada en Gaceta Oficial N.-39.298, las medidas técnicas y administrativas de reducción del consumo de electricidad en los organismos públicos, referidas en el Decreto 6.992 de fecha 21 de octubre de 2009. Ratificando igualmente la concepción de la eficiencia energética como un derecho y un deber social y del Estado, a quien compete la garantía del uso



CAPITULO II



sostenible de los recursos energéticos, conforme a lo dispuesto en la Carta Magna de la República Bolivariana de Venezuela.

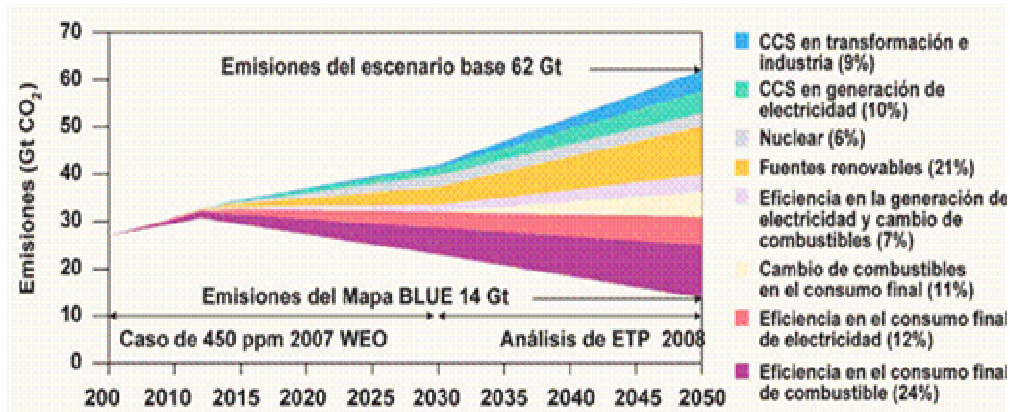
Con base a los contenidos precedentes y desde el enfoque operacional puede considerarse la eficiencia energética como un conjunto de acciones colectivas que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y servicios obtenidos mediante su uso. Enmarcadas en una serie de instrumentos regulatorios en cada país. Requiriendo para su aplicabilidad inversión tecnológica para mejorar los procesos productivos, de manufactura, de servicios, uso domestico y humanitario.

Gestión o administración de recursos, planes, programas y estrategias o alternativas técnico-económicas y la adopción de conductas humanas tendientes disminuir el consumo energético, haciendo eficiente el uso de la energía en los hogares, escuelas, oficinas y otros escenarios de interacción.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) (2008), basándose en el análisis del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC, siglas en inglés). Plantea como escenario energético alternativo (BLUE) aquel que contempla una reducción de las emisiones de GEI del 50% para limitar el calentamiento global hasta 2° - 4° C, a finales de siglo.

Según el último informe sobre Prospectiva de Tecnologías Energéticas 2008–2050, dentro de este escenario la eficiencia energética contribuirá a la reducción global de emisiones en casi un 50%, [22]. Tal como se observa en el gráfico 1:

Gráfico 1. Contribución de cada opción tecnológica a la reducción de emisiones del escenario BLUE en el período 2005–2050



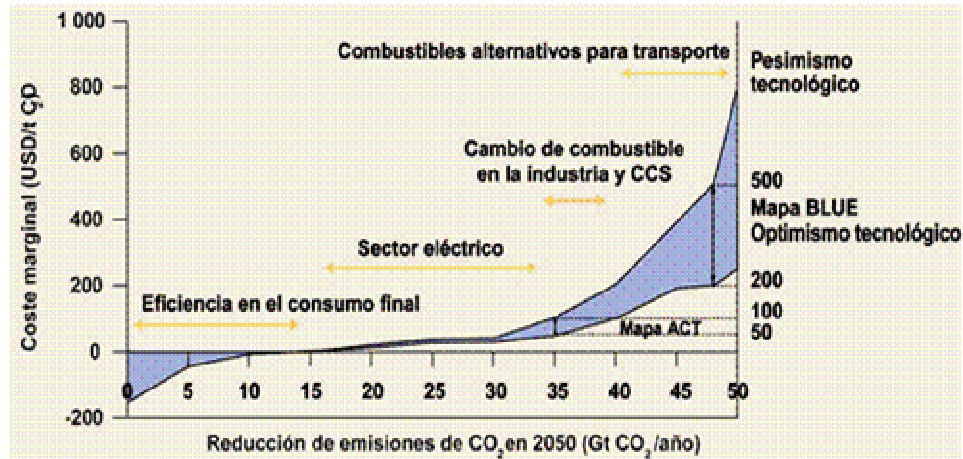
Fuente: AIE, Energy Technology Perspectives (2008).

El alcance de esta reducción de emisiones, mostrada en el escenario BLUE contempla exigentes objetivos de reducción de consumo energético que suponen una reducción de la intensidad energética final del 2,5% anual, lo que implicaría que en 2050 el uso de energía por unidad producida de PIB sería de un 30% en comparación a las del 2005. [22].

En relación al costo económico, la eficiencia energética, desde hace más de 20 años, se ha convertido en una prioridad de política energética a nivel mundial, entre otras cosas y tal vez, motivado por su potencial como generadora de oportunidades de negocio y empleo.

De igual forma la (AIE) (2008), en el último informe de Prospectiva de Tecnologías Energéticas 2008–2050 [22], muestra las inversiones en eficiencia energética como muy atractivas en términos de rentabilidad, siendo las que mayor potencial de desarrollo tienen para alcanzar el objetivo de reducción de emisiones de sus diversos escenarios. Tal como se observa en el gráfico 2:

Gráfico 2. Costo marginal de Reducción de emisiones para el sistema energético global, 2050



Fuente: AIE, Energy Technology Perspectives (2008).

Las grandes ventajas económicas y ambientales de la eficiencia energética han sido generalmente reconocidas a nivel internacional. No obstante, la experiencia muestra que a pesar de estas ventajas, la inversión en ahorro y eficiencia no alcanza los niveles correspondientes, desaprovechándose todo el potencial disponible, fenómeno denominado en la literatura económica como *energy efficiency gap*. Ante esta paradoja se encuentra la existencia de barreras como fallos de mercado, que desincentivan la realización de inversiones para mejorar en este ámbito y que han de ser corregidos para alcanzar los objetivos de eficiencia requeridos. (Pág. 75–93). [22].

Entre otras barreras se encuentran los niveles de precios energéticos reducidos, si los precios de la energía son bajos, las inversiones en eficiencia energética obtendrán un menor rendimiento. La incertidumbre e irreversibilidad de las inversiones. Las dificultades para recuperar el costo de inversión en el tiempo estimado. Déficit de información. Lo cual incide generalmente al momento de evaluar inversiones en lo referente a los precios futuros de la energía y al implementar alternativas de ahorro y eficiencia. Por ultimo, la sensibilización y la conducta humana. No se dispone de la



CAPITULO II



cultura energética necesaria para identificar potenciales comportamientos propicios para el ahorro.

2.6. Evaluación Técnica – Económica

La evaluación se considera como el medio a través del cual, se provee información relevante para discernir sobre la toma de decisiones. Describe la factibilidad, conveniencia y confiabilidad de realizar un proyecto, estimando el beneficio de acuerdo a algunos criterios, planteando las correspondientes recomendaciones. En palabras de Sapag y Sapag (2003), “Se entiende como el instrumento o herramienta que provee información a quien debe tomar decisiones (...)” (p. 4). En base a los criterios establecidos, se distinguen los siguientes tipos de evaluaciones: Técnica, institucional, financiera, económica y social. En el caso de estudio, se describe la factibilidad planteada a través de los tipos de evaluación técnica y económica.

2.6.1. Factibilidad Técnica

Comprende los aspectos relacionados con las características técnicas, funcionamiento y operatividad de los sistemas, en el marco de los objetivos propuestos, cumplimiento de normas y regulaciones. Analizando las distintas alternativas, condiciones tecnológicas actuales y propuestas de mejoras, compatibles con la disponibilidad de recursos e insumos del área de incidencia, al menor costo posible. Según Sapag y Sapag (2003) “... determina la función óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado” (p. 6).

2.6.2. Factibilidad Económica

Comprende los aspectos relacionados con la medida de la eficacia de los costos asociados a un proyecto, idea, solución o alternativa, comparando los beneficios proyectados asociados a una decisión de inversión. Analizando objetiva y



CAPITULO II



cuantitativamente la posibilidad de que los costos puedan ser cubiertos oportunamente, dilucidando la conveniencia de inversión y midiendo la rentabilidad, a través de los métodos del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). En palabras de Luna, R. (1999). "... los recursos siempre son limitados, es necesario tomar una decisión; (...) sobre la base de evidencias y cálculos correctos, de manera que se tenga mucha seguridad de que el negocio se desempeñará correctamente y que producirá ganancias". (p. s/n). [28]. En la presente investigación la factibilidad económica se determinará a través del cálculo del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo – beneficio de las alternativas de optimización técnicamente factibles, de los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del CPM.

a) Método del Valor Actual Neto (VAN)

Se define como la determinación del valor actual de los flujos de caja que se esperan en el transcurso de la inversión, tanto de los flujos positivos como de las salidas de capital, incluyendo la inversión inicial, representadas con signo negativo, mediante su descuento a una tasa o costo de capital adecuado al valor temporal del dinero y al riesgo de la inversión. Según este criterio, es recomendable realizar aquellas inversiones cuyo valor actual neto sea positivo. El (VAN) es calculado a través del flujo de caja actual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Baca, U. G. (2001) lo define como "el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados de la inversión inicial". (p. s/n). [29]. A fin de descontar los flujos de caja proyectados para determinar si la inversión en las alternativas proyectadas rinde mayores beneficios, a una tasa de interés predeterminada, durante el tiempo estimado. El flujo de caja, presupuesto de caja o flujo de fondos, consiste en un esquema que presenta sistemáticamente los ingresos y egresos de efectivo registrados durante un período determinado; permitiendo el análisis financiero correspondiente, que sirve para conocer la capacidad de pago de la empresa. Matemáticamente el (VAN) se expresa de la forma siguiente:



CAPITULO II



$$VAN = \sum_{1}^n \frac{B_n}{(1+i)^n} - C \quad (2)$$

Donde:

- Bn: es el beneficio neto total actualizado.
- C: es el costo del proyecto, es decir, la inversión.
- i: es la tasa de interés predeterminada (costo de capital).
- n: es el número de años de vida del proyecto.

b) Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés, con la cual, el valor actual neto (VAN) es igual a cero. En otras palabras, es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión. Para que un proyecto se considere rentable, la (TIR) debe ser superior al costo del capital empleado. Para Bodie y Merton (2003) “La (TIR) o rendimiento al vencimiento, es la tasa de descuento que hace que el valor presente de las entradas futuras de efectivo sea igual al desembolso requerido”. (p. s/n). [30]. Matemáticamente la (TIR) se expresa de la forma siguiente:

$$\sum_{1}^n \frac{B_n}{(1+i)^n} - C = 0 \quad (3)$$

Donde:

- Bn: es el beneficio neto total actualizado.
- C: es el costo del proyecto, es decir, la inversión.
- i: es la tasa de interés predeterminada.
- n: es el número de años de vida del proyecto.

c) Relación Costo-Beneficio (C/B)

Este coeficiente puede definirse como el cociente entre el valor actualizado del flujo de beneficios y el valor actualizado del flujo de costos. Al aplicar la relación



CAPITULO II



Beneficio/Costo, es importante determinar las cantidades que constituyen los ingresos llamados o beneficios y las cantidades que constituyen los egresos o costos. La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada bolívar invertido. Los ingresos y los egresos deben ser calculados utilizando el (VAP). El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- $B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
- $B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.
- $B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

Igualmente Bodie y Merton (2003) refieren que “El costo-beneficio es un razonamiento basado en el principio de obtener los mayores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana”. (p. s/n). [30]. Matemáticamente (C/B) se expresa de la forma siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{In}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{En}{(1+i)^n}} \quad (4)$$

Donde:

- In: es el ingreso neto anual.
- En: es el egreso neto anual.
- i: es la tasa de actualización.
- n: es el número de años de vida del proyecto.



CAPITULO II



En este sentido el análisis de costo-beneficio es una técnica importante para la toma de decisiones, al permitir determinar la conveniencia de alternativas, mediante la valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados de una propuesta o proyecto de inversión.

d) Periodo De Recuperación De La Inversión (PRI)

Es un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo. Este instrumento permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

Las principales desventajas que presenta este indicador son las siguientes: Ignora los flujos netos de efectivo más allá del periodo de recuperación; sesga los proyectos a largo plazo que pueden ser más rentables que los proyectos a corto plazo; ignora el valor del dinero en el tiempo cuando no se aplica una tasa de descuento o costo de capital.



3. Glosario de Términos Básicos

- **Ahorro de Energía**

El ahorro de energía en el hogar se puede conseguir, tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente, como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.

- **Aislamiento térmico**

Los aislantes térmicos que se colocan en techos, tabiques y muros tienen la propiedad de impedir el paso del calor en ambos sentidos; por eso evitan que en invierno se escape el calor al exterior y que en verano entre el calor en la vivienda. Los materiales aislantes pueden ser de origen vegetal (corcho, fibra de madera, etc.) sintético (espuma de poliuretano, poliestireno, espumas fenólicas, etc.). Se pueden colocar sobre la cara interna o externa de los paramentos, o incluso en el interior de los mismos, si existiera cámara de aire y se pudieran inyectar en ésta.

- **Aprovechamiento hidroeléctrico**

Conjunto de instalaciones necesarias para transformar la energía potencial de un curso de agua en energía eléctrica. Los aprovechamientos pueden ser de agua fluyente, de embalse, en canal de irrigación o en abastecimiento de agua potable. Si la potencia instalada no supera los diez megavatios, se considera minihidráulico el aprovechamiento.

- **Balance energético**

Aplicación del principio de conservación de la energía a un sistema determinado mediante lo que se determinan todos los aportes y pérdidas de energía, experimentalmente o mediante cálculo. Este tipo de sistema es útil para la determinación de un sistema y para identificar las etapas en las que mejorar el proceso.

- **Calentamiento de la tierra**

Cambios en la temperatura de la superficie y el aire que se producen a causa del efecto invernadero inducido por la emisión al aire d gases como el dióxido de carbono o el metano.

- **Capa de ozono**

El ozono es uno de los gases que integran la atmósfera y cumple un papel de especial importancia en la absorción de los rayos ultravioletas, nocivos para la vida. El agujero de la capa de ozono se produce por la reducción de la proporción de ozono que provocan las emisiones de gases perjudiciales, como



CAPITULO II



los CFCs (clorofluoruro-carbonados). A través de dichos agujeros pueden penetrar las radiaciones ultravioletas, altamente peligrosas.

- **Chiller**

Es una máquina que extrae el calor de un líquido a través de una compresión de vapor o ciclo de refrigeración por absorción.

- **Desarrollo Sostenible**

Aprovechamiento de los recursos que satisface las necesidades actuales protegiendo el medio ambiente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas.

- **Efecto invernadero**

Es el efecto de atrapar el calor del sol, debido al cambio de longitud de onda que se produce en la radiación solar al atravesar determinados medios y luego no poder volver a escaparse a la atmósfera. Cuando hay exceso de algunos gases, como el CO₂, este efecto aumenta artificialmente, con peligro de que eleve la temperatura y se provoquen desertizaciones, disminución de las masas de hielo polares e inundaciones.

- **Eficacia luminosa**

Relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente y su potencia eléctrica absorbida. Se expresa en Lúmenes/vatio (lm/W).

- **Eficiencia Energética**

Conjunto de programas y estrategias para reducir la energía que emplean determinados dispositivos y sistemas sin que se vea afectada la calidad de los servicios suministrados.

- **Energía Verde**

Energía que se produce con recursos renovables.

- **Factibilidad**

Es el grado en que lograr algo es posible o las posibilidades que tiene de lograrse.

- **Flujo luminoso**

Magnitud que mide la potencia de la radiación luminosa. Se expresa en Lúmenes (lm).

- **Fluorescentes (Tubos)**

El fenómeno de la fluorescencia se emplea para generar luz. El principio es la activación de partículas de flúor dentro de un tubo mediante la radiación



CAPITULO II



ultravioleta que se produce al hacer pasar una corriente eléctrica sobre átomos de mercurio a baja presión.

- **Impacto ambiental**

Cambio, temporal o espacial, provocado en el medio ambiente por la actividad humana.

- **Incandescentes (Lámparas)**

La incandescencia es un proceso que genera luz basado en el principio de termoresistencia de un filamento conductor al paso de la intensidad eléctrica. El inconveniente es que la gran temperatura que se alcanza en la bombilla no tiene aprovechamiento térmico. Su ventaja es que tiene una muy buena reproducción del color.

- **kWh**

Símbolo para el Kilo Vatio-hora, unidad de energía eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades, equivalente a 3,6 millones de Julios y que expresa la energía que desarrolla un equipo generador, de 1000 vatio de potencia durante una hora, o consume un equipo consumidor de la misma potencia durante el mismo tiempo.

- **Lámparas Electrónicas**

Son un tipo de lámparas de bajo consumo que cuentan, para su encendido, con una reactancia electrónica en lugar de electromagnética, característica que las hace más eficientes energéticamente.

- **Microclima**

Condiciones climáticas existentes en un espacio determinado y diferenciadas de la climatología del espacio circundante.

- **MW**

Símbolo para el megavatio. Unidad de potencia eléctrica que equivale a un millón de vatios.

- **Potencia**

Cantidad de energía eléctrica o trabajo, que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo. Si la tensión se mantiene constante, la potencia es directamente proporcional a la corriente (intensidad) y a la capacidad de un aparato para dar servicio en la unidad de tiempo.



CAPITULO II



- **Protocolo de Kioto**

Acuerdo internacional de 1997 para reducir, en el periodo 2008 a 2012, un 5,2 por ciento de media la emisión combinada de gases con efecto de invernadero respecto a los niveles de 1990.

- **Reactancia**

También denominada BALASTO. Es un dispositivo insertado entre la fuente de alimentación y las lámparas de descarga con el fin de estabilizar la corriente.

- **Reóstato**

Dispositivo utilizado para graduar la intensidad luminosa de la fuente de luz. Los tradicionales de tipo mecánico no suponen ahorro de energía, ya que consisten en una resistencia por la que se hace pasar la corriente disipando calor por el efecto Joule. Los del tipo electrónico al limitar la onda de intensidad, si que implican un ahorro energético efectivo.

- **Termostato**

Es el más elemental de los equipos de regulación y control. Es un aparato que se conecta a una fuente de calor o frío para impedir que la temperatura suba o baje de la prefijada, conectando o desconectando automáticamente dicha fuente. Los que tienen además la posibilidad de programación horaria se llaman termostatos programadores.

- **Toneladas de Refrigeración (T.R)**

Es la unidad de medida nominal empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica de las máquinas frigoríficas y equipos de Aire Acondicionado, equivale a una potencia capaz de extraer 12.000 BTUs de calor por hora, es decir que, en el SI, equivale a 3,517 kW (3.517 W). Este valor proviene de la cantidad de calor constante necesario para derretir una Tonelada de hielo en 24 horas; al pasar una Tonelada de hielo de estado sólido a líquido, ésta absorberá 288.000 BTUs del ambiente que le rodea. Suponiendo que este proceso lleve 24 horas, dividimos 288.000/24 y el resultado es 12.000 BTU/h. Es una unidad llamada a desaparecer con la implantación del Sistema Internacional de Unidades.

- **Unidades Básicas de Iluminación**

Son los parámetros incluidos en la etiqueta: eficacia luminosa, flujo luminoso y vida útil, que se definen en sus correspondientes apartados.

- **Unidades Manejadoras de aire (UMA)**

Es un aparato de acondicionamiento de aire que se ocupa de mantener caudales de aire sometidos a un régimen temperatura preestablecida. También



CAPITULO II



se encarga de mantener la humedad dentro de límites correctos, así como de filtrar el aire.

- **Vida Útil (de una lámpara)**

Horas de funcionamiento de la fuente de luz durante las cuales mantiene sus características cromáticas de la luz emitida.

- **Viabilidad Económica**

Condición que evalúa la conveniencia o posibilidad de un sistema, proyecto o idea, al que califica, atendiendo la relación que existe entre los recursos empleados para obtenerlo y los disponibles, a través de la rentabilidad, costo/beneficio y otros aspectos en términos económicos.

- **Viabilidad Técnica**

Condición que evalúa la conveniencia o posibilidad de un sistema, proyecto o idea, al que califica, atendiendo las condiciones de seguridad, tecnología disponible, resistencia estructural, durabilidad, operatividad, implicaciones energéticas, mecanismos de control, eficiencia, calidad y otros aspectos en términos técnico, según sea el campo del que se trate.

- **W**

Símbolo del Vatio. Es la unidad que expresa la potencia en el Sistema Internacional de Unidades y equivale –en el caso de la energía eléctrica- a 1 Ohmio multiplicado por Amperio al cuadrado.



CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo Proyectiva, tomando como referencia los señalamientos de Hurtado, J. (2000):

...consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, institución, o región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo. (p. 49). [31].

La Investigación es de tipo Proyectiva ya que se evaluará la factibilidad técnica – económica de eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM), con la finalidad de identificar alternativas para la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero por parte de la empresa. En esta investigación, los eventos de estudio están planteados como:

- **Evento a modificar:** Eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM), mediante la evaluación de la factibilidad técnica – económica.
- **Proceso causal o proceso generador:** Las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento, precisando las causas que dan origen a las condiciones



técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización en el (CPM).

2. Diseño de la Investigación

La presente investigación se enmarca en un diseño de campo. Para Balestrini (1998), "...la investigación de campo sucede cuando los datos se recogen de manera directa de la realidad en su ambiente natural, con la aplicación de determinados instrumentos de recolección de información, considerándose de esta forma que los datos son primarios". (p. 8). [32]. En esta investigación, los datos están representados por los elementos, características de operatividad y consumo energético, de los sistemas de iluminación y climatización ubicados en el edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM).

3. Fases de Desarrollo del Proceso Investigativo

3.1. Diagnosticar las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización:

En esta fase, se describe la situación caso de estudio, a fin de detectar los eventos a modificar, estimar la demanda y el consumo de energía eléctrica por cada tipo de carga según las condiciones operativas, los costos de operación, mantenimiento y emisiones de CO₂ generados por dicho consumo. Se realiza un recorrido de inspección para observar los elementos de los sistemas caso de estudio; se recogen los datos e información documental proveniente del marco regulatorio, normativas técnicas, en entidades gubernamentales y no gubernamentales a nivel mundial.

El aspecto básico para el desarrollo de esta fase y en estrecha relación con el método elegido, son las técnicas para la recogida de la información, representada por las siguientes:



CAPITULO III



- Técnicas observacionales (observación directa, recorrido de inspección).
- Técnicas documentales (antecedentes, fuentes documentales, marco regulatorio, normativa técnica y datos del fabricante)

A medida que se van recogiendo los datos, se procede a realizar análisis preliminares, previos al análisis intensivo que se llevará a cabo una vez finalizado el trabajo de campo.

3.2. Precisar las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización:

Se identifican las causas y las necesidades de cambios de la situación en estudio, con el objeto de conocer las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento por cada tipo de carga. Se recopilan los datos en el escenario que conforman las unidades muestrales en estudio, a través de la observación directa durante el recorrido de inspección.

3.3. Formular alternativas de optimización en los sistemas de iluminación y climatización CPM:

En base a las consideraciones de diseño y operación, con el objeto de obtener mayor rendimiento energético en los sistemas de iluminación y climatización en el edificio administrativo del (CPM), se enuncia el conjunto de alternativas de optimización para cada sistema.

3.4. Analizar las alternativas de optimización propuestas:

La generación de los análisis informativos, conlleva un proceso de valoración de alternativas técnicamente viables, a través de consultas bibliográficas, normativas técnicas y especificaciones suministradas por los fabricantes de equipos, para seleccionar las alternativas de los sistemas a optimizar. El análisis comprende la



CAPITULO III



estimación del consumo de energía y las emisiones de CO₂ de cada alternativa, comparándola con el estado actual, para ambos sistemas.

3.5. Evaluar la factibilidad económica de las alternativas de optimización:

Valorar las alternativas económicamente tangibles, a través de la representación del ahorro por consumo de energía en términos monetarios, comparándolas con el estado actual, determinando para las alternativas de inversión, los índices económicos conocidos como: VAN, TIR, B/C y PRI. Identificando la(s) alternativa(s) con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.

Esta fase se inicia con la concepción de una idea o pregunta habitualmente amplia que habrá de irse concretando con la revisión bibliográfica hasta ser un problema de investigación. No habrá formulación de hipótesis como tal, más bien se formula un supuesto con relación al objeto de estudio. Otro aspecto a considerar en esta etapa y en estrecha relación con el método elegido, es la técnica para la recogida de la información, representada por las siguientes:

- Técnicas observacionales (observación directa, recorrido de inspección).
- Técnicas documentales (antecedentes, fuentes documentales, marco regulatorio, normativa técnica y datos del fabricante)

A medida que se van recogiendo los datos, se procede a realizar análisis preliminares, previos al análisis intensivo que se llevará a cabo una vez finalizado el trabajo de campo.



CAPITULO III



También llamada fase exploratoria, se lleva a cabo en el escenario donde realmente se ubican los elementos que componen los sistemas de iluminación y climatización, en el conjunto de oficinas que integran el edificio administrativo del (CPM). Se recogen inicialmente los datos e información documental proveniente del marco regulatorio, normativas técnicas, en entidades gubernamentales y no gubernamentales a nivel mundial, en España, Latinoamérica y Venezuela a través de la WEB, vinculadas al objeto de estudio. Posteriormente se recopilan los datos en el escenario que conforman las unidades muestrales en estudio, a través de la observación directa durante el recorrido de inspección. Esta fase comprende tres etapas:

1. El acceso al escenario es el proceso por el cual el investigador realiza un recorrido de inspección y se presenta en cada una de las oficinas del complejo para observar los componentes de los sistemas de iluminación y climatización.
2. La recogida de la información abarca la observación y el registro del estatus de cada uno de los componentes de los sistemas de iluminación y climatización del conjunto de oficinas que integran el edificio administrativo del (CPM). Los registros se realizan sobre una copia del plano de la planta física de la edificación, útil como instrumento durante la recogida de los datos.
3. La retirada del escenario concluye esta fase de trabajo de campo, conlleva tomar decisiones sobre el momento y la manera de abandonar el campo, no ha de ser una salida traumática, debe ser negociada y anticipada por el investigador.



4. Población

La población es un conjunto de elementos que posee características comunes. Puede ser finita o infinita, al referirnos al término infinito, no hablamos de la acepción matemática, sino de la variación que puede sufrir el tamaño de la población, al ser estudiada en un período de tiempo. En palabras de Hurtado, J. (2000), "La población de una investigación está constituida por el conjunto de seres en los cuales se va a estudiar la variable o evento, y que además comparten, como características comunes, los criterios de inclusión." (p. 56). [31].

Para Hernández S., R., Fernández, C. C, Baptista L. P., (1998), "Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones". (p. 108). [27]. En esta investigación la población esta integrada por el conjunto de oficinas del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM).

5. Muestra

La muestra, según Balestrini (2001), "...es una parte de la población, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo". (p. 141). [31]. Es decir la muestra se conforma por una parte representativa de la población. En la presente investigación, las unidades muestrales están conformadas por todos los componentes del sistema de iluminación y



CAPITULO III



climatización de las oficinas que integran la población del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM). De la misma forma la autora precitada refiere que “...cuando la población es pequeña y finita no se aplican criterios de cálculos muestrales” (p. 145). [32]. El estudio esta centrado en el objetivo de evaluar la factibilidad técnica – económica de eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización que forman parte del conjunto de oficinas del edificio administrativo del Complejo Petroquímico Morón (CPM).

6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizará la técnica de observación directa durante el recorrido de inspección, observando los elementos de las unidades muestrales en estudio. Para Hernández S., R., Fernández, C. C, Baptista L. P., (1998), “La observación directa consiste en un sistema para clasificar, registrar y codificar con precisión las observaciones y obtener una muestra del fenómeno en estudio”. (p. 314). [33]. La observación directa facilita el registro objetivo de las apreciaciones o acciones del hecho observado.

El instrumento de recolección de datos lo integran una *guía de observación* de diseño propio del autor, la cual, contiene Inventario de elementos/equipos del sistema de iluminación refiriendo la ubicación, descripción, N.- de luminarias, N.- de lámparas, potencia unitaria por lámparas (W), N.- de balastos, potencia unitaria por balastos (W), potencia total (kW) y porcentaje. Y del sistema de climatización refiriendo la ubicación, descripción, N.- de motores/compresores, potencia unitaria (HP), capacidad de refrigeración unitaria (TR), potencia unitaria (kW), potencia total (kW) (ver anexo 1). Y el *plano* del conjunto de oficinas del edificio administrativo del CPM. Permitiendo la visualización de la ubicación y cantidad de elementos que integran los sistemas de iluminación y climatización observados durante el recorrido de inspección.



CAPITULO III



El otro componente del instrumento, son tablas de una hoja de Excel, diseñada por el autor, denominada *hoja de estimación del consumo*, integrada por tablas interactivas de registro del inventario de elementos/equipos del sistema de iluminación y climatización de las oficinas del Edificio Administrativo CPM. Describiendo los parámetros de medición: estimación del consumo de energía eléctrica en kWh, de las lámparas, balastos y componentes del sistema de climatización y la estimación de emisiones de CO₂ ambiental, mediante el consumo de combustible gas natural (ver anexo 2). Desarrollando cálculos mediante la aplicación específica de fórmulas matemáticas para la obtención de valores numéricos como resultados orientadores de la evaluación técnica y económica.

Para la verificación de los niveles de iluminación enmarcada de la normativa vigente, se aplico el software de diseño y simulación DIALUX 4.7 cuyos resultados se presentan en el anexo 3.

7. Procedimiento para la Recolección de Información

Se elabora participación escrita a la Gerencia General, Gerencia de Producción, Gerencia Técnica y Gerencia de Mantenimiento del Complejo Petroquímico Morón (CPM), notificándoles sobre el proceso de investigación y agradeciéndoles su participación y colaboración. Se realizará un cronograma de actividades y se estimará la inversión de recursos materiales y financieros.

Para recoger los datos necesarios para ésta investigación y así estructurar una idea de la realidad se iniciara un diagnostico de las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de iluminación y climatización en el (CPM), a fin de estimar el consumo de energía eléctrica por cada tipo de carga, los costos de operación, mantenimiento y emisiones de CO₂ generados por dicho consumo. Posteriormente precisar las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas, con el



CAPITULO III



objeto de conocer las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento.

Luego se registra en el *Plano*, la ubicación y el inventario de los elementos de los sistemas de iluminación y climatización. Por último se registran los datos en la *Hoja de Estimación del Consumo Eléctrico*, para obtener los valores numéricos que orientarán las acciones para la formulación de alternativas de optimización, en base a las consideraciones técnicas y económicas.

8. Tabulación y Análisis de Datos

Para el proceso de tabulación y análisis de los datos registrados en el instrumento de recolección, se someterán al análisis e interpretación sistemática, evidenciando los resultados en tablas resúmenes y gráficos de barra comparativos de categorías. Según Tamayo y Tamayo, M., (1997), "...una tabla es el resumen de la información, las tablas (...) son un procedimiento que permite agrupar datos y aplicar todos los cálculos de la estadística descriptiva". (p. 175). [34].

El análisis de los datos proporcionará información para valorar las alternativas de optimización, a través de los resultados del análisis de las alternativas de forma independiente separadas y agrupadas de la evaluación técnica, para seleccionar las alternativas técnicamente factibles de los sistemas a optimizar.

Por último, evaluar la factibilidad económica de las alternativas a fin de identificar la(s) alternativa(s) con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.



CAPITULO IV

DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Descripción del Edificio Administrativo del CPM

El Complejo Petroquímico Morón (CPM), ubicado en la carretera nacional Morón – Coro, en las cercanías del Centro de Control Vial de del Destacamento N° 25 de la Guardia Nacional Bolivariana, dicho complejo tiene como razón social producir y comercializar fertilizantes y esta integrado por las plantas de Amoniaco, Urea, Acido Sulfúrico, Sulfato de Amonio, Acido Fosfórico, N.P.K, Roca Parcialmente Acidulada (R.P.A.).

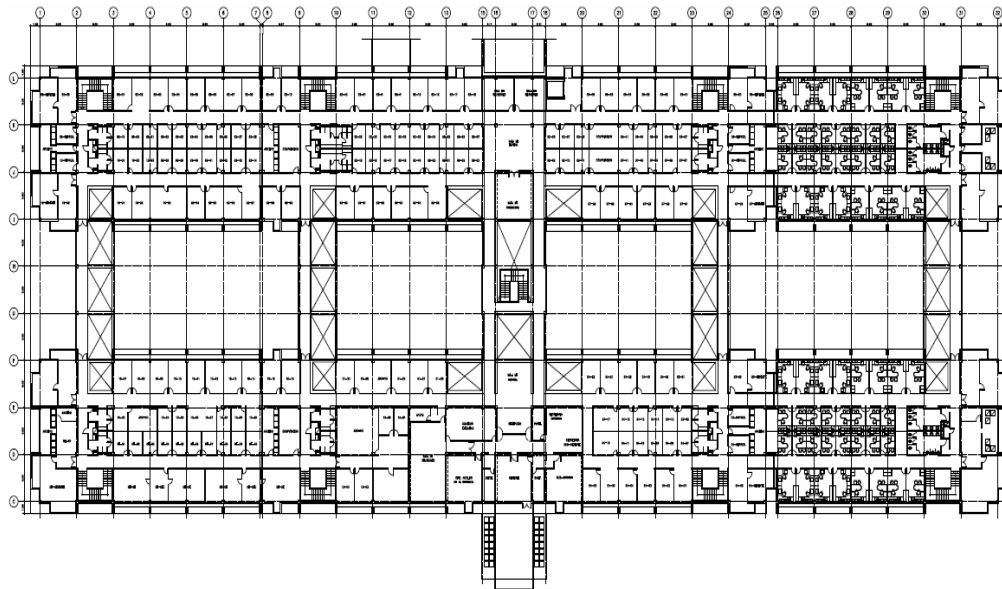
El CPM tiene un sistema eléctrico de producción propia de energía, con dos turbogeneradores a gas marca HITACHI de 20 MW (c/u) de tipo cerrado para exteriores con rotor cilíndrico y sistema de ventilación abierto, llamados HITACHI I e HITACHI subestaciones con distribución en media y baja tensión, capacidad de importación de energía a través de interconexión al sistema eléctrico de CADAFE.

El Edificio administrativo objeto de la presente investigación, su construcción data de comienzos de la década de los años 90's, esta constituido de tres (3) niveles, identificados como 1, 2 y 3. Estos a su vez se encuentran divididos en cuatro (4) alas, identificadas como Noreste (NE), Noroeste (NO), Sureste (SE) y Suroeste (SO), subdivididas en dos (2) secciones cada una. Los accesos entre los niveles se realiza a través de escaleras, ubicadas en los extremos y en el centro de cada ala, así como entre los niveles 2 y 3 existe una escalera en el centro del edificio.

Las alas Noroeste y Suroeste no se encuentran totalmente operativas, ya que la mitad de ellas aun se encuentra en construcción. Los baños se encuentran ubicados adjuntos a las escaleras, es decir, en los extremos y en el medio de cada una de las alas para los niveles 2 y 3.

Visto de tal forma, el edificio tiene forma de una H, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 6. Vista de planta del Edificio Administrativo, Nivel 3.



Fuente: Salas O. (2009).

En el nivel 1 (Semi sótano) más del 80% es utilizado como estacionamiento, el espacio restante es utilizado con pequeños depósitos para los materiales de limpieza, las oficinas para el personal de limpieza, el laboratorio clínico, centro de control del sistema de climatización y el área de equipos de la red de data y comunicación.



CAPITULO IV



En el nivel 2 se encuentra el área de servicios médicos (Consulta, emergencia y laboratorio de pruebas funcionales: Audiometría, espirometría y examen visual), dos (2) oficinas bancarias, cafetín y un 70% aproximadamente del área total es oficinas.

En el nivel 3 más del 95% esta integrado por áreas destinadas a oficinas y un 5% a dos (2) salas de reuniones. En este edificio se realizan actividades vinculadas a la gerencia general, gerencia de servicios generales, gerencia técnica, de recursos humanos, administración y finanzas entre otras.

El edificio por su parte externa (perimetral) tiene instaladas ventanas panorámicas, de 1.20 m x 1.20 m, de doble capa de vidrio, entre cuyas capas se encuentra una persiana

Este tipo de ventana es basculante verticalmente en su parte central. En la siguiente figura se puede apreciar la ventana tipo:

Figura 7. Ventana tipo del Edificio Administrativo



Fuente: Salas O. (2009).

En la figura 7. Se puede apreciar el tipo ventana que están instaladas en el Edificio administrativo así como también las persianas integradas como control de la luz solar.

Figura 8. Vista del ala noreste, lado exterior, fachada.



Fuente: Salas O. (2009).

En la figura 8, se puede apreciar que el edificio esta diseñado de forma tal que las ventanas están protegidas con una estructura tipo toldo para evitar la incidencia directa de los rayos solares.

Figura 9. Vista del ala noreste, lado interno del edificio.



Fuente: Salas O. (2009).



CAPITULO IV



En la figura 9 se muestran los 3 niveles, el pasillo de comunicación de las alas, así como el diseño que permite evitar la incidencia de los rayos del sol sobre las ventanas.

En este edificio laboran 700 personas aproximadamente y la jornada laboral está comprendida desde las 07:00 a.m hasta la 04:00 p.m., con una hora de receso para el almuerzo comprendida entre las 12:00 m y la 01:00 p.m.

1.1. Descripción del Sistema de Iluminación Interno del Edificio Administrativo

El Edificio administrativo tiene un sistema de iluminación general en las oficinas, sala de reuniones, pasillos y baños.

1.1.1. Condiciones técnicas del sistema de iluminación

En la siguiente tabla se muestran tipos de luminaria según el área donde están instaladas:

Tabla 7. Especificaciones técnicas de las luminarias

ÁREA	ESPECIFICACIONES DE LAS LUMINARIAS
Oficinas Y Sala de reuniones	Luminarias fluorescentes embutida, las cuales poseen marco basculante con difusor lumínico de plástico poliprismático y ductos colectores de aire acondicionado (termo tanque) con boca de entrada para manguera flexible de 5 pulgadas. Utilizan tubos fluorescentes T12 de 40W con arreglo de 4 tubos de 40W y 2 balastos electromagnéticos que consumen 16W cada uno, lo que hace un total de 192W.
Pasillos internos	Luminarias fluorescentes embutidas, las cuales poseen marco basculante con difusor lumínico de plástico poliprismático y ductos colectores de aire acondicionado (termo tanque) con boca de entrada para manguera flexible de 5 pulgadas. Utiliza tubos fluorescentes T12 de 40W, con arreglo de 2 tubos de 40W y 1 balasto electromagnético que consumen 16W lo que hace un total de 96W.



CAPITULO IV



Continuación Tabla 7. Especificaciones técnicas de las luminarias

Pasillos de comunicación entre las alas	Luminaria fluorescente circular superficial. Utiliza tubo fluorescente circular de 32W con sócate G10q.
Escaleras	Luminaria fluorescente circular superficial, con difusor lumínico de plástico poliprismático. Utiliza tubo fluorescente circular de 32W con sócate G10q.
Baños	Luminaria fluorescente circular superficial, con difusor lumínico de plástico poliprismático. Utiliza tubo fluorescente circular de 22W con sócate G10q.

Fuente: Castillo R. (2009) Recorrido de Inspección

En la siguiente tabla se especifican las lámparas de las luminarias de acuerdo al área donde se encuentran ubicadas:

Tabla 8. Especificaciones de las lámparas de las luminarias

LUMINARIAS UBICADAS EN EL ÁREA	ESPECIFICACIONES DE LAS LÁMPARAS
Oficinas y pasillos internos	Lámpara fluorescente lineal, tipo T12, 48", 40W, diámetro 1,5", largo 1,20Mts, 120V, con casquillo G13, luz de día (6250°K), la cual tiene 12.000 horas de vida útil, 2250 lúmenes y IRC = 78. General Electric
Pasillos de comunicación entre las alas y escaleras	Lámpara fluorescente circular, de 32W, 120V con sócate G10q, luz de día (6500°K), la cual tiene 12.000 horas de vida útil y de 1550 lúmenes iniciales. General Electric
Baños	Lámpara fluorescente circular, de 22W, 120V, con sócate G10q, luz de día (6500°K), la cual tiene 12.000 horas de vida útil y de 875 lúmenes iniciales. General Electric

Fuente: Castillo R. (2009) Recorrido de Inspección

Cada área cuenta con su respectivo dispositivo de maniobra para el control de encendido y apagado de las lámparas de las luminarias.



CAPITULO IV



1.1.2. Condiciones operativas del sistema de iluminación

Se aprecia en el recorrido de inspección del edificio administrativo a diferentes horas dentro y fuera del horario de trabajo, que en todas las áreas que conforman la edificación las luminarias siempre permanecen encendidas. Así mismo se pudo observar que existen algunas luminarias que sus lámparas y/o difusores requieren ser reemplazados debido al mal estado o falta de funcionamiento de los mismos.

1.2. Descripción del Sistema de Climatización del Edificio Administrativo

El edificio administrativo tiene un sistema de climatización central, compuesto por un sistema de agua helada (chiller), con regulación de la temperatura del caudal de agua de entrada y salida a la unidad evaporadora, además de disponer de unidades manejadoras de aire de caudal y temperatura constante para la distribución del aire, unidades deshumificadoras, y una unidad tipo split.

1.2.1. Condiciones Técnicas del Sistema de Climatización

Compuesto por 3 unidades Chiller, de los cuales dos de ellos tienen mas de 10 años de uso y uno es de nueva adquisición, cada chiller tiene un compresor centrífugo de 320T.R, marca York, modelo YS Rotary Screw Liquid Chillers Design Level E con motores de 283Hp, ubicados en el nivel 1 del edificio administrativo, 3 torres de enfriamiento de 15Hp c/u, 3 bombas de agua de 30Hp c/u para llevar el agua hacia las torres de enfriamiento y 3 bombas de agua de 74Hp c/u para la circulación del agua.

Para el manejo del aire se cuenta con 12 unidades manejadoras de aire (UMA) las cuales se tienen 8 de 36T.R (nominales) con motores de 15Hp y 4 de 28T.R (nominales) con motores de 10Hp, cubriendo así todas las áreas del edificio de los niveles 2 y 3 con la excepción de algunas áreas refrigeradas por equipos independientes como lo son:



CAPITULO IV



Nivel 1:

- AIT: Unidad tipo deshumidificador
 - o 2 x 20T.R.
 - o 4 x 5T.R.
 - o 1 x 15T.R
- Audiovisuales:
 - o 1 UMA de 5T.R con motor de 1/3Hp.
- Laboratorio y reproducción:
 - o 2 x UMA de 10T.R con motor de 3Hp.

Nivel 2:

- AIT: Unidad tipo split
 - o 1 x 1.5 T.R.

La sala de emergencia del área de Servicios Médicos posee un acondicionador de aire portátil como sistema de respaldo, a fin de minimizar la exposición a riesgo biológico.

La distribución del aire climatizado se realiza por medio de ducteria tipo rectangular dimensionada según el espacio a acondicionar, colocada sobre el techo raso con salidas en las oficinas a través de conductos ubicados en las luminarias de igual manera que en los pasillos que a su vez cuenta con salidas tipo rejillas rectangulares sin graduación del flujo de aire.

1.2.2. Condiciones operativas del sistema de climatización

Actualmente solo una unidad chiller de vieja data (mas de diez años de uso) se encuentra funcionando y se tiene proyectado en el corto plazo que trabajen dos de ellas dejando una de reserva una vez se termine la construcción del ala faltante del edificio (estimado para el 2011), dicha unidad se encuentra ajustada a 46°C, y se



CAPITULO IV



realizo una medición a las 10:20 a.m. aprox y las lecturas fueron de 46,8°C en la salida de agua de la unidad evaporadora y de 53,6°C a la entrada de la misma unidad, teniendo una diferencia de 6°C aproximadamente, dicha unidad trabaja en conjunto con las unidades manejadoras de aire (UMA), con las unidades deshumidificadores de aire y con la unidad tipo splits colocadas en las oficinas de AIT; el régimen de trabajo del sistema de climatización es de 24 horas todos los días, incluyendo fines de semana y días feriados.

2. Criterio para el análisis

Se consideran los siguientes criterios dados las condiciones actuales del horario de funcionamiento de los sistemas de iluminación y climatización.

- Cantidad de horas/año: 8640 (360 día/año x 24 hora/día).
- Cantidad de horas/mes: 720 (promedio).
- Cantidad de horas/día laborables: 9 (Jornada de 8 horas más hora de descanso).
- Cantidad de días/año laborables: 264 (22 días/mes x 12 meses/año)
- Cantidad de horas/año laborables: 2376 (264 día/años x 9 horas/día)
- Cantidad de horas/mes laborables: 198 (promedio).
- Relación Caballos de fuerza hora a kilowatio hora es: 1 Hph = 0,7457 kWh.
- Costo de generación BsF por MWh: 70,5.
- Cantidad de combustible para generación de un (1) MWh: 589 normal m³ gas.
- Emisión de kg de CO₂ por kWh, para combustible gas natural: 0,44.



CAPITULO IV



3. Cálculos tipos según los criterios anteriores

Consumo eléctrico de los equipos y componentes del sistema de iluminación:

Capacidad instalada (kW) x tiempo de uso (horas)

Consumo eléctrico de los equipos refrigerantes del sistema de climatización:

Capacidad instalada (T.R) x EER (kW/T.R) x tiempo de uso (horas)

Estimación de Kg de CO₂ por kWh/año:

Consumo (kWh/año) x 0,44 (Kg/kWh)

Estimación de combustible de gas en m³ por kWh/año:

Consumo (kWh/año) x 589/1000 (m³ de gas/ kWh)

Estimación del costo de generación combustible de gas en m³ por kWh/año:

Consumo (kWh/año) x 70,5/1000 (BsF/kWh)

4. Análisis de las condiciones actuales

El edificio administrativo es alimentado de la S/E 27 para las cargas de iluminación, tomas de uso general, y tomas de uso especial; y de la S/E 26 para las cargas rotóricas y climatización. Las celdas que alimentan a la edificación no cuentan con medidores de energía kilovoltiamperímetros horas (kVAh), por lo cual se determino el consumo de energía eléctrica a través de mediciones realizadas a cada equipo y componentes de los sistemas de iluminación y climatización. [9].

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de luminarias colocadas en cada área estudiada del edificio administrativo, así como la cantidad de lámparas por luminarias, la cantidad de balastos por luminarias y la potencia total por área en kW.



CAPITULO IV



Tabla 9. Demanda de energía eléctrica del sistema de iluminación

Ubicación	Descripción	N° luminarias	N° lámparas	Potencia unitaria por lámparas (W)	N° balastos	Potencia unitaria por balasto (W)	Potencia total (kW)	%
Nivel 1	Estacionamiento	125	2	40	1	16	12,00	6,73
Nivel 1	Escaleras	12	1	32	1	6,4	0,46	0,26
Nivel 2	Oficinas	273	4	40	2	16	52,42	29,41
Nivel 2	Comedor - Cafetín	40	4	40	2	16	7,68	4,31
Nivel 2	Servicios Médicos	22	4	40	2	16	4,22	2,37
Nivel 2	Pasillos	138	2	40	1	16	13,25	7,43
Nivel 2	Escaleras	12	1	32	1	6,4	0,46	0,26
Nivel 2	Baños	42	1	22	1	4,4	1,11	0,62
Nivel 3	Oficinas	360	4	40	2	16	69,12	38,78
Nivel 3	Pasillos	166	2	40	1	16	15,94	8,94
Nivel 3	Baños	42	1	22	1	4,4	1,11	0,62
Nivel 3	Escaleras	12	1	32	1	6,4	0,46	0,26
Total							178,23	100,00

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla anterior se puede observar que el mayor porcentaje de carga en iluminación se encuentra en las áreas de oficina, teniendo en total el 68,19% de toda la carga de iluminación.

En la siguiente tabla se muestran el consumo de energía eléctrica de las cargas de iluminación en horas/días/mes/año de acuerdo a la ubicación y el área donde se encuentran ubicadas, funcionando al 100% por 24 horas al día.



CAPITULO IV



Tabla 10. Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación. Estado actual.

Ubicación - Descripción	Consumo de energía eléctrica			
	kWh	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Nivel 1-Estacionamiento	12,00	288,00	8.640,00	103.680,00
Nivel 1-Escaleras	0,46	11,04	331,20	3.974,40
Nivel 2-Oficinas	52,42	1.258,08	37.742,40	452.908,80
Nivel 2-Comedor - Cafetín	7,68	184,32	5.529,60	66.355,20
Nivel 2-Servicios Médicos	4,22	101,28	3.038,40	36.460,80
Nivel 2-Pasillos	13,25	318,00	9.540,00	114.480,00
Nivel 2-Escaleras	0,46	11,04	331,20	3.974,40
Nivel 2-Baños	1,11	26,64	799,20	9.590,40
Nivel 3-Oficinas	69,12	1.658,88	49.766,40	597.196,80
Nivel 3-Pasillos	15,94	382,56	11.476,80	137.721,60
Nivel 3-Baños	1,11	26,64	799,20	9.590,40
Nivel 3-Escaleras	0,46	11,04	331,20	3.974,40
Total	178,23	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20

Fuente: Castillo R. (2009).

Se procedió a determinar la eficiencia energética de cada tipo de lámpara instalada de dentro del edificio administrativo, esto se determinó al dividir el flujo luminoso de la lámpara instalada entre su potencia nominal, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 11. Eficiencia energética de las lámparas instaladas en el edificio administrativo

Tipo de lámpara	Potencia (W)	Lúmenes (Lum)	Eficiencia (Lum/W)	Tiempo de vida útil (horas)
T12	40	2250	56,25	12.000
Tubo fluorescente circular	32	1550	48,44	12.000
Tubo fluorescente circular	22	875	39,77	12.000

Fuente: Castillo R. (2009).

A medida que este índice sea mayor, más eficiente es la lámpara ya que se requiere de menos energía para obtener la misma cantidad de lúmenes de la lámpara,



CAPITULO IV



se puede observar en la tabla anterior que las lámparas instaladas no cumplen con el valor recomendado de eficiencia, mencionado anteriormente en el Capítulo II.

Se determinó la demanda de energía eléctrica del sistema de climatización, detallando los equipos que lo componen de acuerdo a la ubicación donde se encuentran colocados:

Tabla 12. Demanda de energía eléctrica del sistema de climatización.

Ubicación	Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia unitaria (HP)	Potencia unitaria (T.R)	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)	%
Nivel 1	Sistema de climatización general	Chiller	1	-	320	243,20	243,20	43,17
Nivel 1	Bomba de salida de agua	Bomba de agua	1	-	-	55,00	55,00	9,76
Nivel 1	Bomba de agua de las torres de enfriamiento	Bomba de agua	2	-	-	22,00	44,00	7,81
Nivel 1	Laboratorio y reproducción	UMA	2	3,00	-	2,24	4,48	0,80
Nivel 1	AIT	Deshum	2	-	20	16,40	32,80	5,82
Nivel 1	AIT	Deshum	4	-	5	4,20	16,80	2,98
Nivel 1	AIT	Deshum	1	-	15	11,85	11,85	2,10
Nivel 1	Audio visuales	UMA	1	0,33	-	0,25	0,25	0,04
Nivel 1	UMA nivel 2 y 3	UMA	8	15,00	-	11,19	89,52	15,89
Nivel 1	UMA nivel 2 y 3	UMA	4	10,00	-	7,46	29,84	5,30
Nivel 2	AIT - Split	SPLIT	1	-	1,5	2,03	2,03	0,36
Área externa	Torre de enfriamiento	TORRE	3	15,00	-	11,19	33,57	5,96
Total							563,34	100,00

Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



En la tabla 12 se puede observar que el mayor porcentaje de la demanda de electricidad se encuentra en el chiller el cual tiene 43,17% del consumo total del sistema de climatización.

Se calculó el índice de Eficiencia Energética de Refrigeración (EER), al dividir la potencia consumida por hora (kWh) entre las toneladas de refrigeración nominales, el resultado se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Índice de Eficiencia Energética de Refrigeración

Ubicación	Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia unitaria (T.R)	Potencia unitaria (kW)	EER (kW/T.R)	EER STD (kWh/T.R)
Nivel 1	Sistema de climatización general	Chiller	1	320	243,20	0,76	0.55
Nivel 1	AIT	Deshum	2	20	16,40	0,82	0.75
Nivel 1	AIT	Deshum	4	5	4,20	0,84	0.75
Nivel 1	AIT	Deshum	1	15	11,85	0,79	0.75
Nivel 2	AIT - Split	SPLIT	1	1,5	2,03	1,35	1.00

Fuente: Castillo R. (2009).

El índice de eficiencia energética de refrigeración establece la cantidad de energía utilizada por toneladas de refrigeración y mientras menor sea este valor, mas eficiente es el equipo utilizado para acondicionar el aire, en la tabla 13 se puede observar que el equipo con mayor índice es el split colocado en el nivel 2 pero dicho equipo es el de menor capacidad y de menor consumo.

A continuación se muestra en la siguiente tabla el consumo de energía eléctrica mes/año de los sistemas de iluminación y climatización:



CAPITULO IV



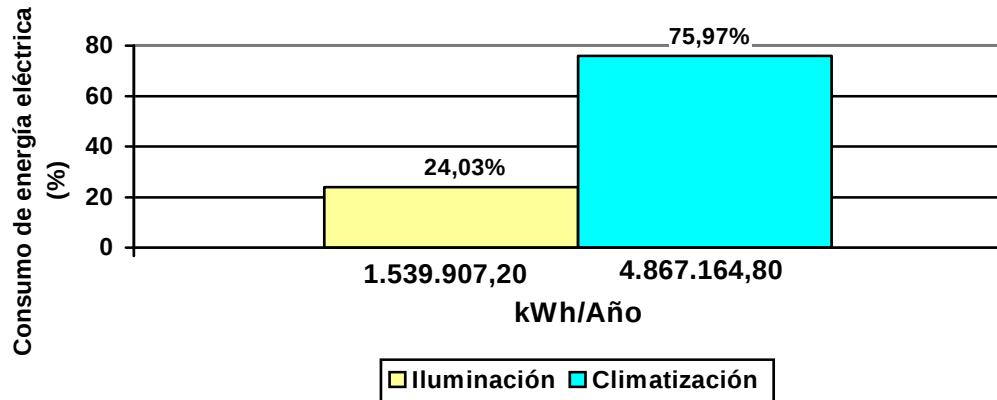
Tabla 14. Consumo de energía eléctrica del Edificio Administrativo por cargas de iluminación y climatización para el caso actual.

Tipo de sistema	kWh/mes	kWh/año	%
Iluminación	128.325,60	1.539.907,20	24,03
Climatización	405.604,80	4.867.257,60	75,97
Total	533.930,40	6.407.164,80	100,00

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 14, se puede observar la distribución de la energía eléctrica de los sistemas de iluminación y climatización ubicados en el edificio administrativo del CPM.

Gráfico 3. Distribución del consumo de energía eléctrica en el edificio administrativo según los sistemas evaluados.



Fuente: Castillo R. (2009).

El consumo de energía referido en la tabla 14, genera una quema de combustible, emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y tiene un costo de generación de energía eléctrica, mostrados en la siguiente tabla:



CAPITULO IV



Tabla 15. Relación del consumo de energía eléctrica en función del combustible, la emisión de CO₂ y costo de energía para el caso actual.

	Consumo (kWh)	Combustible (m3)	CO ₂ (Kg)	Costo de generación (BsF)
Mes	533.930,40	314.485,01	234.929,38	37.642,09
Año	6.407.164,80	3.773.820,08	2.819.152,52	451.705,12

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 15 se muestra el consumo de energía eléctrica y de combustible, las emisiones de CO₂ y los costos de generación de dicha energía.

Al dividir el consumo de energía eléctrica del edificio entre la cantidad de trabajadores que laboran dentro de dicha instalación, se obtiene un consumo per capita de 9.153,09 kWh/año, al comparar este valor con el consumo de energía eléctrica per capita de cada venezolano 4.126 kWh/año, se observa que en el edificio administrativo se genera un alto consumo de energía eléctrica, que representa 2,2 veces el consumo de cada venezolano.

5. Causas técnicas y operativas del consumo de energía actual

Para determinar las causas técnicas y operativas que dan origen al consumo de energía actual de los sistemas de iluminación y climatización, se evaluó en cada sistema la jornada de trabajo donde es requerida la disponibilidad del servicio y la tecnología empleada para su funcionamiento. [5].

5.1. Sistema de iluminación

Para el sistema de iluminación se observa que las causas más importantes que dan origen al consumo actual son las siguientes:



CAPITULO IV



1. Ausencia de programas de ahorro energético por parte de la empresa.
2. Jornadas de trabajo de los equipos de iluminación de 24 horas, todos los días incluyendo los fines de semana y días feriados.
3. Utilización de balastos electromagnéticos, los cuales tienen un consumo de 16W en comparación a los 2W que consumen los balastos electrónicos.
4. Utilización de lámparas T12 las cuales tienen una demanda de 40W cada una en comparación de las lámparas T8 que tienen una demanda de 32W cada una, manteniendo los parámetros de diseño y mejorando la eficiencia de las mismas.

5.2. Sistema de climatización

Entre las más importantes causas que dan origen al consumo actual del sistema de climatización se observan:

1. Ausencia de programas de ahorro energético por parte de la empresa.
2. Jornadas de trabajo de los equipos de climatización de 24 horas manteniendo el mismo régimen de operación, todos los días incluyendo los fines de semana y días feriados.
3. Ausencia de regímenes de operaciones prefijados al chiller según horario laboral.
4. Modificaciones de las áreas de oficinas sin estudio previo, incrementando la cantidad de personas, mobiliarios y equipos eléctricos por oficina.
5. Ausencia o mal uso de las puertas que aíslan las áreas de oficinas de los espacios abiertos de uso común.
6. Ausencia de reguladores de temperaturas y caudal de aire.
7. Ausencia de variadores de velocidad para motores y bombas del sistema.
8. Uso de equipos con tecnología obsoleta o de vieja adquisición (mas de 10 años).
9. Balance ineficiente de la distribución del aire por zonas.



CAPITULO IV



6. Propuestas de alternativas para mejorar los sistemas de iluminación y climatización.

Se considera para realizar las propuestas de alternativas del sistema de iluminación el cambio de componentes o partes del sistema de alumbrado tales como: el reemplazo de tubos fluorescentes, balastos magnéticos por electrónicos y cambios de luminarias, así como también ajustes de los tiempos de operación, independización de circuitos de alumbrados.

En el sistema de iluminación se plantean las siguientes alternativas de mejoras [6, 8], identificadas con las siglas S.I y el numérico correlacional correspondiente:

- S.I-1. Realizar por parte de la empresa, campañas de concientización al personal que allí labora sobre la importancia que tiene el ahorro de la energía eléctrica al apagar las luminarias y otros equipos de las oficinas una vez termine su jornada laboral.
- S.I-2. Apagar las luminarias y otros equipos de las oficinas una vez concluya la jornada laboral.
- S.I-3. Implementar políticas de ahorro energético dentro de la empresa, que garantice el uso racional de la energía eléctrica dentro del Edificio.
- S.I-4. Modificar la distribución de las oficinas (de ser posible) a fin de colocar las mesas de trabajo debajo de las luminarias para así aprovechar al máximo la capacidad lumínica de las lámparas instaladas.
- S.I-5. Independizar circuitos de distribución en las luminarias del estacionamiento para realizar encendidos y apagados parciales después de la jornada laboral.
- S.I-6. Independizar las luminarias del sistema de climatización a fin de evitar problemas de energización de las lámparas.
- S.I-7. Apagar las luminarias de los baños una vez finalizado el horario laboral.
- S.I-8. Cambiar las lámparas fluorescentes T12 de 40W por lámparas fluorescentes T8 de 32W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2) dos



CAPITULO IV



lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16W por cada uno de ellos, por balastos electrónicos para (2) dos lámparas de 32W que consumen 2W cada uno.

Se considera para realizar las propuestas de alternativas del sistema de climatización, [6, 8], ajuste de los parámetros de operación de acuerdo a la cantidad de personas presentes en el edificio durante la jornada laboral, desenergización de equipos del sistema y realizar mantenimiento con mayor frecuencia.

Para el sistema de climatización se plantean las siguientes alternativas de mejoras, identificadas con las siglas S.C y el numérico correlacional correspondiente:

- S.C-1. Realizar por parte de la empresa, campañas de concientización al personal que labora en las oficinas, sobre la necesidad de mantener las puertas, ventanas y persianas cerradas, para el mantenimiento del confort respecto a la temperatura ambiental.
- S.C-2. Establecer puntos de ajuste diferentes de la regulación del caudal de agua enfriada de acuerdo a la jornada laboral, para evitar el consumo excesivo de energía fuera del horario.
- S.C-3. Desenergizar dos de las tres torres de enfriamiento, colocándole a las torres fuera de servicio medios que las protejan contra el deterioro producido por las condiciones ambientales. Disponer sólo del mobiliario requerido de acuerdo a las tareas que se desarrollan en las distintas oficinas a fin de disminuir la carga térmica por oficina y mejorar la sensación de confort.
- S.C-4. Cambiar la unidad operativa actualmente, por la de nueva adquisición de la misma capacidad.
- S.C-5. Aplicar regimenes de mantenimiento con mayor frecuencia en los puntos de salida de aire, unidades de manejo de aire, filtros, serpentines y los aislantes de los conductos, para mantener en óptimas condiciones las capacidades de salida de flujo de aire climatizado



CAPITULO IV



S.C-6. Eliminar filtraciones en las uniones de los conductos y mangueras flexibles.

S.C-7. Colocar salidas de aire acondicionado en las oficinas con su debido control de flujo, independiente del sistema de iluminación para así brindar a los usuarios un mayor confort y mejor aprovechamiento del recurso.

El personal que labora en la gerencia técnica estará encargado de la revisión y supervisión de las alternativas antes descritas para su posterior aplicación por parte del personal que labora en la gerencia de mantenimiento del CPM. Los aportes de las propuestas precedentes se enmarcan en el plan de ahorro energético impulsado por el Ejecutivo Nacional.

7. Criterios de selección de las alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización

A efectos del presente estudio y fundamentado en el enfoque de conservación del medio ambiente, eficiencia y disponibilidad de los recursos energéticos se establecieron los siguientes criterios para la selección de las alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización los cuales son:

- Técnicamente Viable (de posible aplicación y cuantificación de su efecto)
- Económicamente tangibles
- Bajo impacto en el desarrollo regular de las actividades del personal que labora dentro de la edificación.

A fin de valorar técnica y económica las alternativas de mejora, con base a los criterios precedentes y partiendo de la observación y registro de la situación en estudio, se seleccionaron las siguientes propuestas [4]:

Sistema de iluminación: S.I-2, S.I-5, S.I-7 y S.I-8.

Sistema de climatización: S.C-3 y S.C-4.



8. Análisis de la factibilidad técnica de las alternativas propuestas

El análisis de la factibilidad técnica, comprende la evaluación de las alternativas en cuanto a:

- Mejora del sistema actual.
- Disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.

Para determinar si las alternativas de mejora cumplen con los aspectos anteriores se ha de determinar el consumo de energía eléctrica, consumo de combustible, emisiones de CO₂ y considerar si los equipos afectados por dichas alternativas incrementan su vida útil, de ser aplicables estas premisas, a su vez, se ha de tener en cuenta que la metodología y/o tecnología empleada satisfaga las necesidades de diseño y operatividad del sistema para cada una de las alternativas de forma independiente, mostrando los resultados en una tabla resumen comparándolos con los parámetros actuales del sistema [4].

8.1. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de iluminación

S.I-2. Apagar las luminarias y otros equipos de las oficinas una vez termine su jornada laboral.

Descripción de la actividad

Energizar las luminarias de las oficinas, comedor – cafetín y servicios médicos 9 horas diarias (7:00 am – 4:00 pm) de lunes a viernes, todas las semanas. Sin considerar días feriados que coincidan en días de la semana. (22 días al mes).



CAPITULO IV



Resultados

Tabla 16. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-2 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
S.I-2	2.275,92	58.669,92	704.039,04	414.678,99	309.777,19
Ahorro (%)	46,79	54,28			

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 16 se puede observar que con la implementación de la alternativa S.I-2 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación en un 46,79% de kWh por día y de 54,28% de kWh por mes/año; a su vez se consigue disminuir el consumo de combustible y emisiones de CO₂ en un 54,28%.

Las evidencias precedentes, hacen factible técnicamente la aplicabilidad de la alternativa propuesta S.I-2, al apagar las luminarias y otros equipos de las oficinas una vez terminada la jornada laboral, hacen significativa la reducción de los consumos energéticos y las emisiones de CO₂ en más del 40%, a su vez la vida útil de las lámparas afectadas por la alternativa S.I-2, se incrementa en 264,3% (pasa de 1,4 años a 5,1 años de vida útil) logrando así disminuir costos de mantenimiento. [10].

S.I-5. Independizar circuitos de distribución en las luminarias del estacionamiento para realizar encendidos y apagados parciales después de la jornada laboral.

Descripción de la actividad

Independizar circuitos de distribución en las luminarias del estacionamiento del Edificio Administrativo de modo de dejar energizadas la mitad de las luminarias y



CAPITULO IV



alternar su funcionamiento, dentro de un horario regular de 5:30 PM hasta las 5:30 AM todos los días incluyendo los fines de semanas o cuando el nivel de iluminación natural se encuentren disminuidos.

Resultados

El estacionamiento del edificio administrativo cuenta en total con 125 luminarias de 2 lámparas cada una, las cuales tienen un flujo luminoso de 2250 lúmenes, a su vez cuenta con iluminación natural ya que las paredes del mismo están diseñadas de la siguiente manera: hacia el exterior del edificio por bloques de ventilación tal como se puede apreciar en la Figura 8., hacia el interior del edificio por espacios abiertos sin obstáculos para la luz, ver Figura 9., de modo que se aprovecha la luz solar para esta área de la edificación durante la jornada laboral.

En el Anexo 3, puede observar una simulación del estado actual de las luminarias colocadas en esta área y la aplicación de la alternativa de mejora S.I-7 realizada a través del software DIALUX 4.7 donde se calculó la iluminancia media y se consideró los siguientes factores:

- Reflectancias: techo y piso de cemento igual a 27%, paredes de ladrillo igual a 20%.
- Paredes sin acceso a la entrada de luz natural y/o artificial.
- Las áreas de jardines internos del edificio que se encuentran al aire libre se tomaron en cuenta para la simulación por el software debido a que se encuentran ubicadas al mismo nivel y separadas por pequeños muros (0.5m de altura x 0.15m de ancho), incidiendo sobre los resultados de la iluminancia media.
- Plano de trabajo: 0.85m sobre el suelo.



CAPITULO IV



- Catálogo de luminarias disponibles por el software de características similares a la real.

Al ser evaluada la alternativa S.I-7 a través de la simulación, se obtuvo que la iluminancia media (E_m) en el plano de trabajo es de 50 lux y según lo establecido en la Norma Covenin 2249-1993 el nivel de iluminación aceptado para esta área es de 54 lux, condición que es afectada por los factores precedentes, no obstante la diferencia de iluminancia resultante no afecta significativamente la aplicación de la alternativa S.I-7, debido a que es un área de bajo tránsito vehicular y de transeúntes.

Tabla 17. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-5 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m ³)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
S.I-5	4.061,52	121.845,60	1.462.147,20	861.204,70	643.344,78
Ahorro (%)	5,05				

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 17 se puede observar que con la implementación de la alternativa S.I-5 se obtiene disminución el consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ en un 5,05%, la vida útil de las lámparas afectadas por la aplicación de esta alternativa se incrementa en 300% (pasa de 1,4 años a 5,6 años de vida útil).

La aplicación de la alternativa S.I-5 es factible técnicamente, [10], ya que al mantener apagadas las luminarias del estacionamiento del edificio administrativo y energizarlas parcialmente (la mitad) de manera alternada y regular desde las 5:30 PM hasta las 5:30 AM o cuando los niveles de iluminación natural se encuentren



CAPITULO IV



disminuidos, de esta manera se consigue la reducción de los consumos energéticos y las emisiones de CO₂ en un 5,05%.

S.I-7. Apagar las luminarias de los baños en horario no laboral y los fines de semana.

Descripción de la actividad

Desenergizar las luminarias colocadas en los baños del edificio administrativo al finalizar la jornada laboral de lunes a viernes sin considerar días feriados que coincidan con días de la semana (22 días laborables por mes)

Resultados

Tabla 18. Consumo energético, emisiones de CO₂ del iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-7 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
S.I-7	4.244,22	127.166,76	1.526.001,12	898.814,66	671.440,50
Ahorro (%)	0,78	0,90			

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 18 se puede observar, que con la implementación de la alternativa S.I-7 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación de 0,78% de kWh por día y ahorros en el consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ en un 0,90% por mes/año, a su vez la vida útil de las lámparas afectadas por esta alternativa se incrementa en 264,3% (pasa de 1,4 años a 5,1 años de vida útil).



CAPITULO IV



La aplicación de la alternativa S.I-7 permite ahorrar un casi el 1% del consumo total del sistema de iluminación, debido a la política de estado de ahorro máximo de energía eléctrica por parte de las empresas del estado considerando a esta alternativa factible técnicamente. [10].

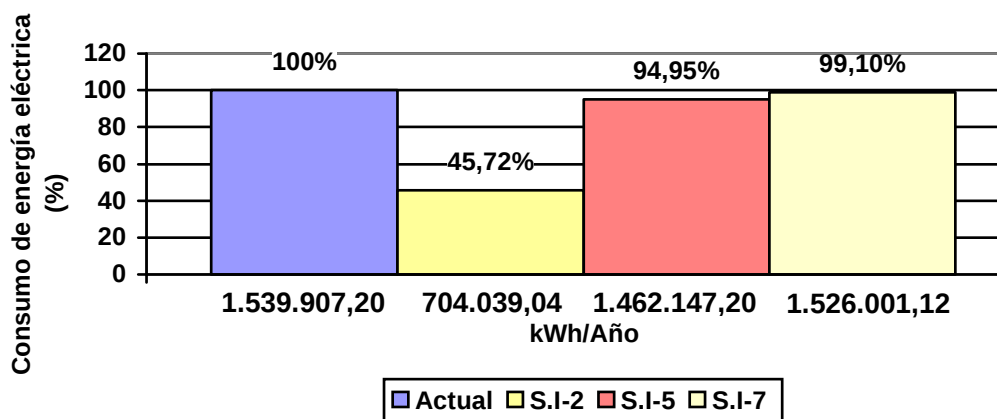
Tabla 19. Resumen de alternativas factibles de aplicación inmediata o sin inversión inicial para el sistema de iluminación

Condición	kWh/año	Consumo (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro (%)
Actual	1.539.907,20	100,00	907.005,34	677.559,18	0,00
S.I-2	704.039,04	45,72	414.678,99	309.777,19	54,28
S.I-5	1.462.147,20	94,95	861.204,70	643.344,78	5,05
S.I-7	1.526.001,12	99,10	898.814,66	671.440,50	0,90

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 19 se puede observar que al aplicar la alternativa S.I-2 se consigue ahorrar más del 50% de la energía eléctrica siendo esta la alternativa de mayor incidencia.

Gráfico 4. Consumo de energía eléctrica de las alternativas sin inversión del sistema de iluminación evaluada de forma independiente



Fuente: Castillo R. (2009).

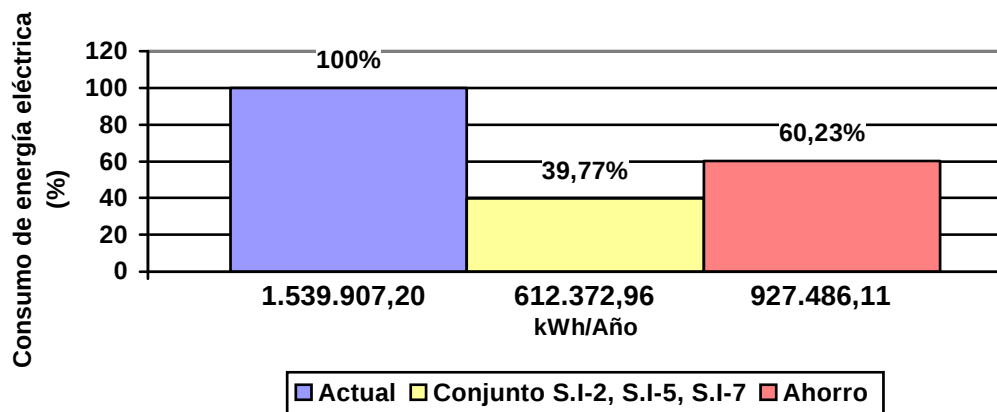
Tabla 20. Consumo propuesto del sistema iluminación al aplicar las alternativas inmediata o sin ninguna inversión inicial en forma conjunta

Condición	kWh/año	Consumo propuesto (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro/año (%)
Actual	1.539.907,20	100,00	907.005,34	677.559,18	0,00
S.I-2 S.I-5 S.I-7	612.372,96	39,77	360.687,67	269.444,11	60,23

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 20 se puede observar el consumo propuesto de los recursos energéticos al aplicar las alternativas S.I-2, S.I-5, S.I-7 de manera conjunta, consiguiendo consumir el 39,77% del consumo actual de este sistema en las condiciones actuales, lo que representa un ahorro de más del 60% de la energía eléctrica hecho que evidencia que la aplicación de dichas alternativas de manera conjunta es factible técnicamente mejorando la eficiencia energética del sistema eléctrico.

Gráfico 5. Consumo de energía eléctrica de las alternativas sin inversión del sistema de iluminación, evaluadas de forma conjunta



Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



S.I-8. Cambiar las lámparas fluorescentes T12 de 40W por lámparas fluorescentes T8 de 32W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2) dos lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16W, por balastos electrónicos para (2) dos lámparas de 32W que consumen 2W. [11].

Descripción de la actividad

Se propone el reemplazo de las lámparas fluorescentes T12 de 40W de la especificación anteriormente descritas (ver tabla 8), por lámparas fluorescentes T8 de 32W, 48", con sócate G13, 6500°K, 2700 lúmenes, 20.000 horas de vida útil, IRC= 78 y los balastos magnéticos de dos lámparas que consumen 16W, por balastos electrónicos de dos lámparas que consumen 2W en las luminarias ubicadas en las oficinas, pasillos y en el estacionamiento del edificio administrativo. [11].

Resultados

Las lámparas T8 tienen una eficiencia energética de 84,38 Lum/W las cuales tienen un redimiendo del 150% mayor que las lámparas T12.

Bajo esta condición de reemplazo se analizan las siguientes alternativas, además se evaluara la alternativa S.I-7:

S.I-8.1. Energizar las luminarias de las oficinas, comedor – cafetín y servicios médicos 9 horas diarias (7:00 am – 4:00 pm) de lunes a viernes, todas las semanas. Sin considerar días feriados que coincidan en días de la semana. (22 días al mes)

S.I-8.2. Independizar circuitos de distribución en las luminarias del estacionamiento para realizar encendidos y apagados parciales después de la jornada laboral



CAPITULO IV



A manera referencial se determinó el consumo de energía eléctrica sustituyendo las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos ubicados en las oficinas, pasillos y el estacionamiento por un periodo de 24 horas, 30 días al mes.

Resultados

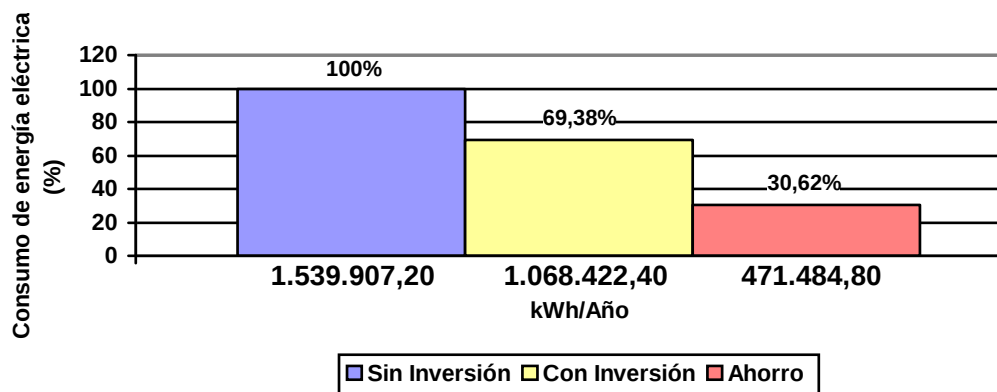
Tabla 21. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto del reemplazo de balastos y lámparas en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
Reemplazo	2.967,84	89.035,20	1.068.422,40	629.300,80	470.105,88
Ahorro (%)	30,62				

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 21 se puede observar que el reemplazo de las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos de las oficinas, pasillos y estacionamiento, obtiene disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ en el sistema de iluminación de un 30,62%.

Gráfico 6. Consumo de energía eléctrica para las condiciones de operación actual sin inversión y con inversión del sistema de iluminación



Fuente: Castillo R. (2009)



CAPITULO IV



La sustitución de las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos de las oficinas, pasillos y estacionamiento, es factible técnicamente, ya que reduce significativamente los consumos energéticos (más de 30%) y las emisiones de CO₂ a si como también aumenta la vida útil de las lámparas afectadas por esta alternativa (de 1,4 años a 2,3 años de vida útil) disminuyendo los costos de mantenimiento y traduciéndose en beneficios para la empresa. [11].

S.I-8.1. Energizar las luminarias de las oficinas, comedor – cafetín y servicios médicos 9 horas diarias (7:00 am – 4:00 pm) de lunes a viernes, todas las semanas. Sin considerar días feriados que coincidan en días de la semana. (22 días al mes)

Resultados

Tabla 22. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-8.1 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
S.I-8.1	1.591,74	41.146,92	493.763,04	290.826,44	217.255,77
Ahorro (%)	62,79	67,94			

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 22 se puede observar que con la implementación de la alternativa S.I-8.1 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación en un 62,79% de kWh por día y una disminución mes/año del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ de un 67,44%.

La puesta en marcha de la alternativa S.I-8.1 reduce significativamente más del 60% los consumos energéticos actuales y las emisiones de CO₂, aumentando la vida útil de las lámparas en 500% (de 1,4 años pasa a 8,4 años de vida útil) disminuyendo



CAPITULO IV



los costos de mantenimiento, es factible técnicamente [10], ya que representa ahorros energéticos considerables a su vez de modernización tecnológica al sistema de iluminación.

S.I-8.2. Independizar circuitos de distribución en las luminarias del estacionamiento para realizar encendidos y apagados parciales después de la jornada laboral

Resultados

Tabla 23. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la alternativa S.I-8.2 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	4.277,52	128.325,60	1.539.907,20	907.005,34	677.559,18
S.I-8.2	2.819,34	84.580,20	1.014.962,40	597.812,86	446.583,48
Ahorro (%)	34,09				

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 23 obtiene disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ en el sistema de iluminación de un 34,09%, a su vez la vida útil de las lámparas afectadas aumenta en 564,3% (de 1,4 años pasa a 9,3 años de vida útil).

Esta alternativa presenta ahorro energético significativo al reducir en más del 30% el consumo eléctrico, presentando disponibilidad de suministro eléctrico para realizar otras tareas durante la jornada laboral, en cuanto a la probabilidad de aplicación de la alternativa S.I-8.2 es factible técnicamente, [10], por que no solo reduce los consumos energéticos, si no que es aplicada durante la jornada laboral



CAPITULO IV



pudiendo disponer de esta energía para alimentar otras cargas donde se presenten deficiencias.

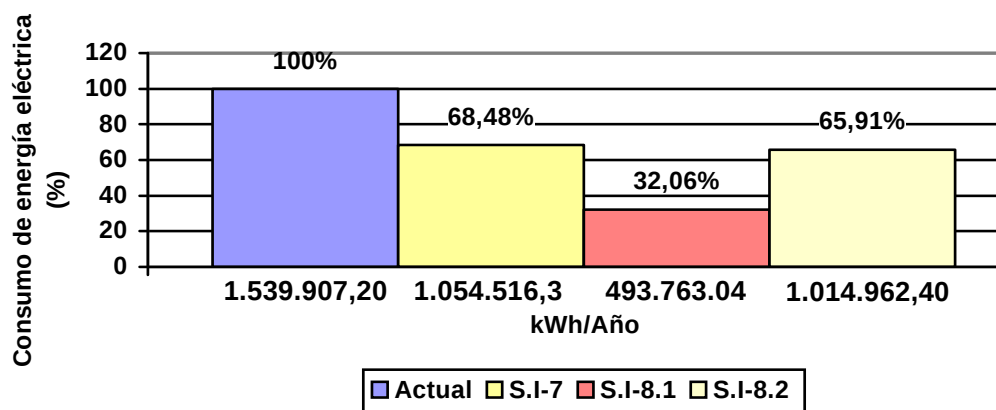
Tabla 24. Resumen de alternativas factibles del sistema de iluminación de aplicación a mediano plazo o con inversión

Condición	kWh/año	Consumo/año (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro/año (%)
Actual	1.539.907,20	100,00	907.005,34	677.559,18	0,00
S.I-7	1.054.516,32	68,48	621.110,12	463.987,20	31,52
S.I-8.1	493.763,04	32,06	290.826,44	217.255,77	67,94
S.I-8.2	1.014.962,40	65,91	597.812,86	446.583,48	34,09

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 24 se puede observar que al aplicar la alternativa S.I-8.1 se obtiene ahorros de más del 60% del consumo actual de este sistema, más del doble del valor de que se obtiene al aplicar las otras dos alternativas.

Gráfico 7. Consumo de energía eléctrica de las alternativas con inversión del sistema de iluminación, evaluadas en forma independiente



Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



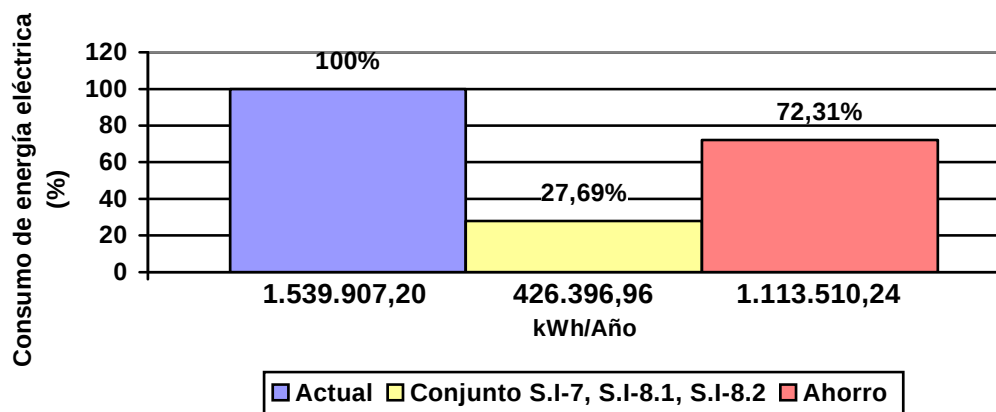
Tabla 25. Consumo de energía eléctrica propuesto al aplicar las alternativas del sistema iluminación a mediano plazo o con inversión

Condición	kWh/año	Consumo propuesto (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro (%)
Actual	1.539.907,20	100,00	907.005,34	677.559,18	0,00
S.I-7 S.I-8.1 S.I-8.2	426.396,96	27,69	251.147,82	187.614,69	72,31

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 25 se puede observar el consumo propuesto de los recursos energéticos al aplicar las alternativas S.I-7, S.I-8.1, S.I-8.2 de manera conjunta, consiguiendo consumir el 27,69% del consumo actual de este sistema, hecho que evidencia que la aplicación de dichas alternativas de manera conjunta es factible técnicamente y presenta un alto índice eficiencia energética.

Gráfico 8. Consumo de energía eléctrica para alternativas del sistema de iluminación con inversión evaluadas en forma conjunta



Fuente: Castillo R. (2009).



8.2. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de climatización

S.C-3. Desenergizar dos de las tres torres de enfriamiento, colocándole a las torres fuera de servicio medios que las protejan contra el deterioro producido por las condiciones ambientales.

Descripción de la actividad

Se propone dejar en servicio solo una torre de enfriamiento con su respectiva bomba de alimentación, con el fin de reducir el consumo, esto es debido a que solo es necesario la operación de una torre de enfriamiento para cubrir la capacidad del sistema de climatización.

Resultados

Tabla 26. Consumo energético y emisiones de CO₂ de las torres de enfriamiento del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la alternativa S.C-3 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	13.520,16	405.604,80	4.867.257,60	2.866.814,74	2.141.593,34
S.C-3	12.455,04	373.651,20	4.483.814,40	2.640.966,69	1.972.878,33
Ahorro (%)	7,88				

Fuente: Castillo R. (2009)

En la tabla 26 se puede observar que con la aplicación de la alternativa S.C-3 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ por el sistema de climatización de un 7,88%.



CAPITULO IV



Esta alternativa presenta ahorro energético de 7,88% el consumo eléctrico, presentando disponibilidad de suministro eléctrico para realizar otras tareas durante la jornada laboral, en cuanto a la probabilidad de aplicación de la alternativa S.C-3 es factible técnicamente, [10], por que no solo reduce los consumos energéticos, si no que es aplicada durante la jornada laboral pudiendo disponer de esta energía para alimentar otras cargas donde se presenten deficiencias, permitiendo a su vez tener equipos de respaldo para cubrir cualquier inconveniente.

S.C-4. Cambiar la unidad operativa actualmente, por la de nueva adquisición de la misma capacidad.

Descripción de la actividad

Se propone reemplazar la unidad que actualmente se encuentra en servicio la cual tiene más de diez años de servicio con una de eficiencia energética de 0,76 kWh/T.R por una unidad nueva de la misma capacidad con una eficiencia energética de 0,55 kWh/T.R

Resultados

Tabla 27. Consumo energético y emisiones de CO₂ del sistema de climatización del edificio administrativo para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la alternativa S.C-4 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	13.520,16	405.604,80	4.867.257,60	2.866.814,74	2.141.593,34
S.C-4	11.907,36	357.220,80	4.286.649,60	2.524.836,63	1.886.125,82
Ahorro (%)	11,93				

Fuente: Castillo R. (2009)



CAPITULO IV



En la tabla 27 se puede observar que con la aplicación de la alternativa S.C-4 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ por el sistema de climatización de un 11,93%. La aplicación de la alternativa S.C-4 es técnicamente factible ya que representa ahorros energéticos más del 10% del consumo eléctrico del sistema de climatización, impactando directamente sobre los equipos de mayor consumo de energía del mencionado sistema.

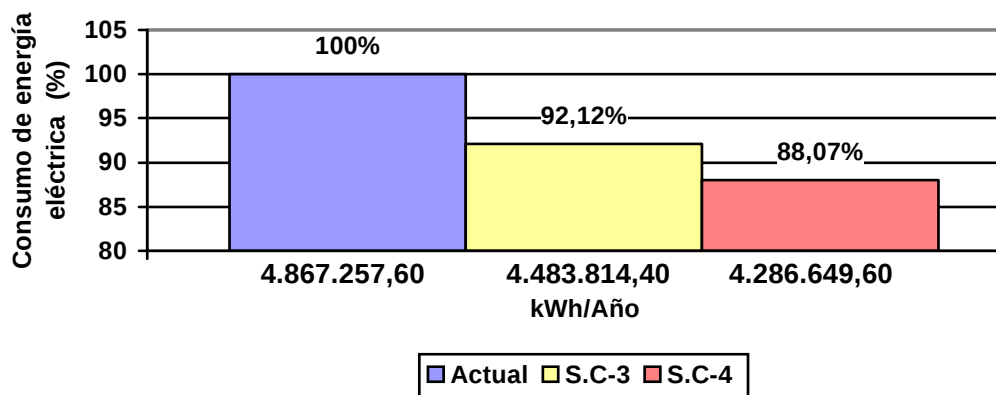
Tabla 28. Resumen de alternativas factibles del sistema de climatización

Condición	kWh/año	Consumo/año (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro/año (%)
Actual	4.867.257,60	100,00	2.866.814,74	2.141.593,34	0,00
S.C-3	4.483.814,40	92,12	2.640.966,69	1.972.878,33	7,88
S.C-4	4.286.649,60	88,07	2.524.836,63	1.886.125,82	11,93

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 28 se puede observar que al aplicar la alternativa S.C-4 se obtiene ahorros de un poco más del 10% del consumo actual de este sistema, sin embargo la alternativa S.C-3 también representa ahorros considerables de casi el 10% por lo tanto ambas alternativas presentan ahorros considerables de energía eléctrica.

Gráfico 9. Consumo de energía eléctrica para las alternativas del sistema de climatización evaluadas de forma independiente





CAPITULO IV



Fuente: Castillo R. (2009).

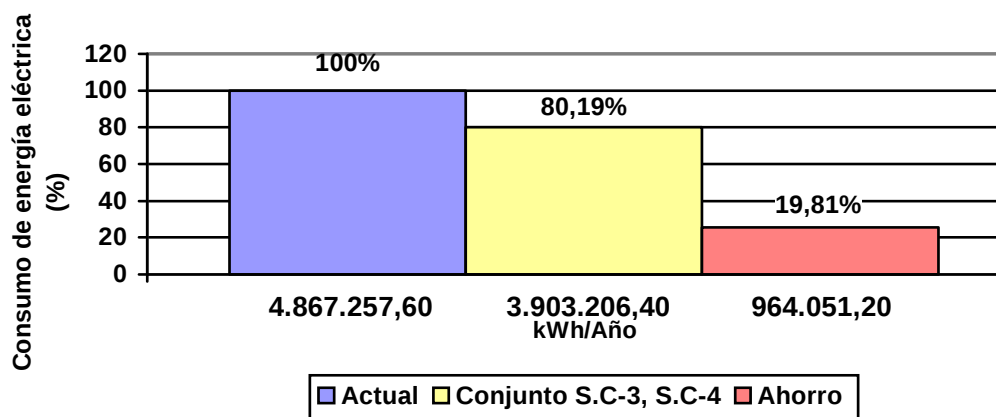
Tabla 29. Consumo de energía eléctrica propuesto al aplicar las alternativas del sistema climatización en forma conjunta

Condición	kWh/año	Consumo propuesto (%)	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)	Ahorro (%)
Actual	4.867.257,60	100,00	2.866.814,74	2.141.593,34	0,00
S.C-3 S.C-4	3.903.206,40	80,19	2.298.988,58	1.717.410,81	19,81

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 29 se puede observar que al aplicar las alternativas S.C-3, S.C-4 de manera conjunta se consume el 80,19% del consumo actual de este sistema, hecho que evidencia que la aplicación de dichas alternativas de manera conjunta es factible técnicamente.

Gráfico 10. Consumo de energía eléctrica de las alternativas del sistema de climatización evaluadas en forma conjunta



Fuente: Castillo R. (2009).



9. Análisis de la factibilidad económica de las alternativas evaluadas técnicamente

Para realizar la factibilidad económica se tomara como periodo de estudio 5 años a una tasa de interés constante del 10% anual, considerando que los precios de los equipos y componentes del sistema se mantienen durante todo el periodo.

Se empleará la siguiente ecuación para determinar en costos lo que representa el ahorro energético debido a la aplicación de cada una de las alternativas

Ahorro anual:

$$\text{Ahorro}(BsF/A\tilde{n}o) = \left(\frac{kWh/ A\tilde{n}o(\text{Estado actual}) - kWh/ A\tilde{n}o(\text{Alternativa evaluada})}{kWh/ A\tilde{n}o(\text{Alternativa evaluada})} \right) \times BsF/kWh \quad (5)$$

9.1. Evaluación económica para las alternativas factibles técnicamente del sistema de iluminación

Para realizar la factibilidad económica de las alternativas de este sistema se utilizaran las siguientes ecuaciones, además de la ecuación de ahorro anual referida anteriormente:

Costos operacionales por reemplazo de lámparas:

Para determinar los costos operacionales debido al reemplazo de lámparas se ha de determinar la cantidad de reemplazos requeridos durante el período de estudio y la inversión requerida, luego actualizar dicha inversión para finalmente determinar una serie uniforme de este valor.



CAPITULO IV



Numero de reemplazos de lámparas, requeridos durante el periodo de estudio:

$$N^{\circ}RPP = \frac{n(\text{años}) \times \text{Tiempo de uso (horas/año)}}{\text{Vida Util de las lámparas (horas)}} \quad (6)$$

Donde:

- $N^{\circ}RPP$: Número de reemplazos requeridos en el periodo de estudio (numero entero, aproximado al inmediato inferior).
- n : Periodo de estudio (años).

Actualizar una inversión:

$$P = S(1+i)^{-n} \quad (7)$$

Donde:

- P : Valor presente de la inversión
- S : Valor futuro de la inversión
- i : Tasa de interés anual.
- n : Número de períodos donde ocurre S en años. (Número entero)

Serie uniforme:

$$R = P \left[\frac{i(i+1)^n}{(i+1)^n - 1} \right] \quad (8)$$

Donde:

- R : Serie uniforme de la inversión
- P : Valor presente de la inversión
- i : Tasa de interés anual.
- n : Número de períodos del proyecto en años. (Número entero)



CAPITULO IV



Dentro de los cálculos de los costos operacionales, no se incluye la mano de obra, debido a que la misma es proporcionada por recursos propios de la empresa, y por lo tanto no incide en el incremento de este rubro.

Se hace recomendable tener presente la equivalencia entre las tasas de interés y el cálculo de los flujos monetarios.

Para obtener una equivalencia entre la tasa de interés anual y una tasa de interés subperiódica (mensual, diaria, etc.) se utiliza la siguiente ecuación:

$$i_m = \sqrt[m]{1 + i_a} - 1 \quad (9)$$

Donde:

- i_m : Tasa de interés subperiódica
- m : Cantidad subperiodos contenidos en un año.
- i_a : Tasa de interés anual.

Los flujos monetarios son calculados mediante la siguiente ecuación:

$$F_t = -I_{I_0} (BsF) + Ahorro_{t,t \neq 0} (BsF / \text{año}) - COP_{t,t \neq 0} (BsF / \text{Año}) \quad (9)$$

Donde:

- F_t : Flujo monetario en un periodo t .
- $I_{I_0} (BsF)$: Inversión Inicial en el periodo 0.
- $Ahorro_t (BsF/\text{año})$: Ahorro anual en BsF en un periodo t , $t \neq 0$.
- $COP_t (BsF/\text{año})$: Costos operacionales en BsF en un periodo t , $t \neq 0$.



CAPITULO IV



9.1.1. Evaluación económica de las condiciones actuales del sistema de iluminación:

Consumo del sistema de iluminación:

1.539.907,20 kWh/Año

Costo debido al consumo de energía eléctrica:

1.539.907,20 kWh/Año x 70,5BsF/MWh x 1MWh/1000kWh=**108.563.46 BsF/Año**

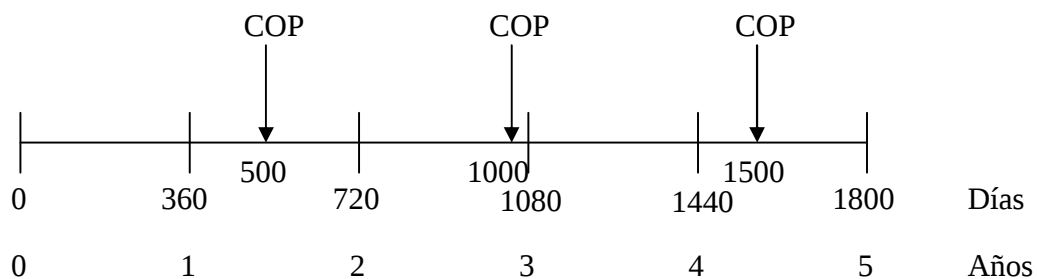
Número de reemplazos de lámparas requeridos durante el periodo de estudio:

$$N^{\circ}RPP = \frac{5(\text{años}) \times 8.640 (\text{horas/año})}{12.000 (\text{horas})} \approx 3$$

Costos operacionales por reemplazo de lámparas:

Para estimar los costos operacionales por reemplazo de lámparas se hace necesario el uso de la escala de tiempo en periodos diarios. En el siguiente gráfico se muestra la escala de tiempo con la ubicación temporal de los costos operacionales (COP).

Gráfico 11. Ubicación temporal de los costos operacionales en la escala de tiempo



Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



Se ha de determinar la tasa de interés diaria equivalente a la tasa de interés anual:

$$i_{\text{día}} = \sqrt[360]{1 + 0,1} - 1 = 0,000265$$

Luego se determinan los costos operacionales según la siguiente ecuación:

$$COP_{\text{actual}} = inversión \left[\frac{(1 + 0,000265)^{-500} + (1 + 0,000265)^{-1000} + (1 + 0,000265)^{-1500}}{(1 + 0,1)^5 - 1} \right]$$

En la siguiente tabla se muestran la inversión futura requerida para cubrir el reemplazo de las lámparas y los costos operacionales generados por la referida inversión:

Tabla 30. Costos operacionales del sistema de iluminación para la condición actual

Ubicación	Descripción	Nº luminarias	Nº lámparas	Costo por lámparas (BsF)	Inversión (BsF)	Costos operacionales (BsF/Año)
Nivel 1	Estacionamiento	125	2	26	6.500,00	3.969,81
Nivel 1	Escaleras	12	1	18,14	217,68	132,95
Nivel 2	Oficinas	273	4	26	28.392,00	17.340,13
Nivel 2	Comedor - Cafetín	40	4	26	4.160,00	2.540,68
Nivel 2	Servicios Médicos	22	4	26	2.288,00	1.397,37
Nivel 2	Pasillos	138	2	26	7.176,00	4.382,67
Nivel 2	Escaleras	12	1	18,14	217,68	132,95
Nivel 2	Baños	42	1	14,27	599,34	366,04
Nivel 3	Oficinas	360	4	26	37.440,00	22.866,10
Nivel 3	Pasillos	166	2	26	8.632,00	5.271,91
Nivel 3	Baños	42	1	14,27	599,34	366,04
Nivel 3	Escaleras	12	1	18,14	217,68	132,95
Total					96.439,72	58.899,60

Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



En la tabla anterior se puede observar que los costos operacionales más significativos, son los costos asociados al reemplazo de las lámparas colocadas en las oficinas, con un monto de 44.144,28 BsF/Año incluyendo las áreas de servicios médicos y el comedor.

9.1.2. Evaluación económica de las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial:

Ahorro anual debido a la disminución del consumo eléctrico de las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 31. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas sin inversión inicial en el sistema de iluminación

Condición de operación	Consumo (kWh/año)	Ahorro (BsF/Año)	Ahorro (%)
S.I-2	704.039,04	58.928,71	54,28
S.I-5	1.462.147,20	5.482,08	5,05
S.I-7	1.526.001,12	980,38	0,90
Conjunto S.I-2, S.I-5, S.I-7	612.372,96	65.391,16	60,23

Fuente: Castillo R. (2009).

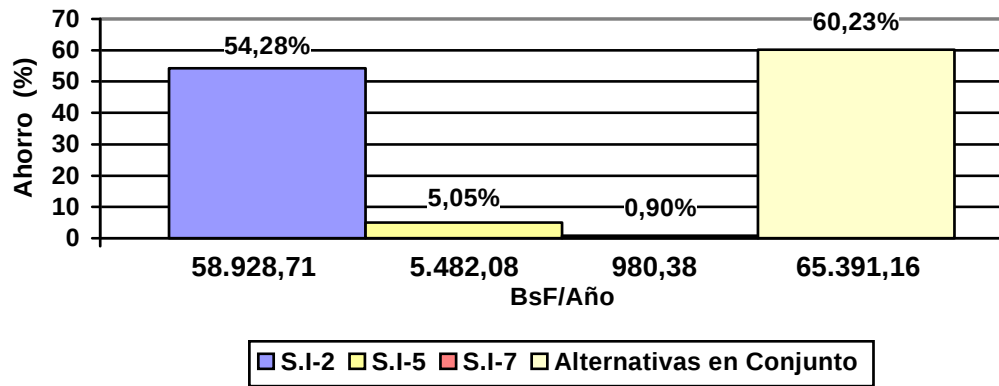
En la tabla 31 se observa que la alternativa que representa mayor ahorro económico debido a la disminución del consumo de energía eléctrica es la alternativa S.I-2 con un 54,28%; a su vez se observa que la aplicación en conjunto de las alternativas sin inversión inicial presenta un ahorro de 60,23%



CAPITULO IV



Gráfico 12. Ahorro anual para las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial



Fuente: Castillo R. (2009).

Los costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial se presentan la siguiente tabla:

Tabla 32. Costos operacionales debido al reemplazo de lámparas por la aplicación de las alternativas sin inversión inicial en el sistema de iluminación

Condición de operación	Costos operacionales (BsF/año)	Costos operacionales (%)	Ahorro (%)
S.I-2	12.287,43	20,86	79,14
S.I-5	56.431,71	95,81	4,19
S.I-7	58.167,52	98,76	1,24
Conjunto S.I-2, S.I-5, S.I-7	11.555,35	19,62	80,38

Fuente: Castillo R. (2009).

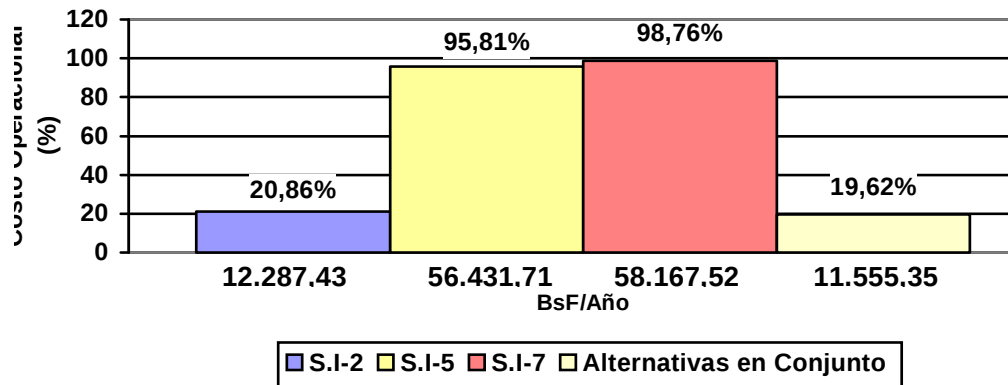
En la tabla 32 se observa que la alternativa que representa mayor ahorro económico debido a la reducción de los costos operacionales es la alternativa S.I-2 con 79,14%; a su vez se observa que la aplicación en conjunto de las alternativas sin inversión inicial presenta una disminución de los costos operacionales de 80,38%



CAPITULO IV



Gráfico 13. Costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación sin inversión inicial



Fuente: Castillo R. (2009).

9.1.3. Evaluación económica de las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial:

Se ha de determinar la inversión inicial debido al reemplazo de lámparas T12 por lámparas T8 y balastos magnéticos por balastos electrónicos, en la siguiente tabla se muestran las cantidades correspondientes al número de lámparas T12 a reemplazar, el costo por lámpara T8 a instalar, el número de balastos magnéticos a reemplazar, el costo de las nuevas unidades electrónicas y la inversión inicial:

Tabla 33. Reemplazo de equipos del sistema de iluminación con inversión inicial

N° lámparas a reemplazar	Costo de las lámparas nuevas (BsF)	N° balastos a reemplazar	Costo de los balastos nuevos (BsF)	Inversión inicial (BsF)
3638	8,00	1819	106,94	223.627,86

Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO IV



Tabla 34. Adquisición de equipos para el control de la iluminación para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial

Articulo	Cantidad requerida	Precio unitario (BsF)	Total (BsF)	Alternativa a la cual afecta
Sensor de Presencia	12	98	1.176	S.I-7
Programador de uso horario (timer)	7	132	924	S.I-8.2

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla anterior se muestran los costos de los dispositivos para el control de la iluminación a colocar en los baños (sensores de presencia) y en el área de estacionamiento (programador de uso horario).

Ahorro anual debido a la disminución del consumo eléctrico de las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial:

Tabla 35. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas con inversión inicial en el sistema de iluminación

Condición de operación	Consumo (kWh/año)	Ahorro(BsF/Año)	Ahorro (%)
S.I-7	1.054.516,32	34.220,06	32,52
S.I-8.1	493.763,04	73.753,16	67,94
S.I-8.2	1.014.962,40	37.008,61	34,09
Conjunto S.I-7, S.I-8.1, S.I-8.2	426.396,96	78.502,47	72,31

Fuente: Castillo R. (2009).

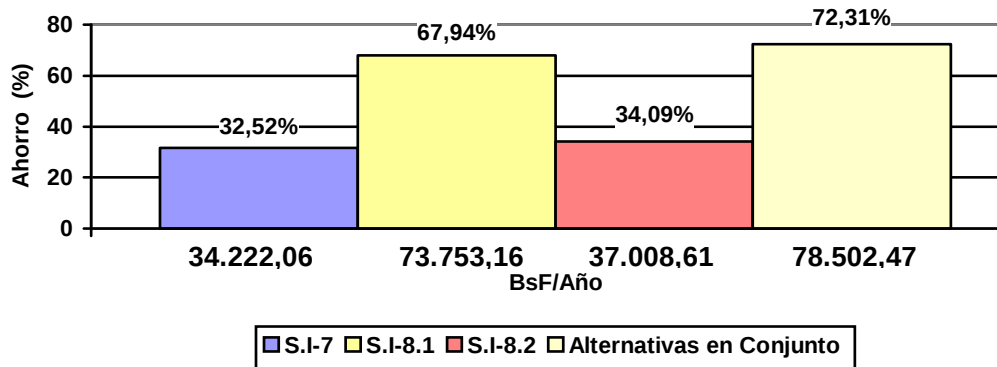
En la tabla 35 se observa que la alternativa que representa mayor ahorro económico debido a la disminución del consumo de energía eléctrica [7], es la alternativa S.I-8.1 con un 67,94%; a su vez se observa que la aplicación en conjunto de las alternativas con inversión inicial presenta un ahorro de 72,31%.



CAPITULO IV



Gráfico 14. Ahorro anual para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial



Fuente: Castillo R. (2009).

Costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial:

Tabla 36. Costos operacionales debido al reemplazo de lámparas por la aplicación de las alternativas con inversión inicial en el sistema de iluminación

Condición de operación	Costos operacionales (BsF/año)	Costos operacionales (%)	Ahorro (%)
S.I-7	44.623,75	75,76	24,24
S.I-8.1	9.634,81	16,36	83,64
S.I-8.2	44.253,09	75,13	24,87
Conjunto S.I-7, S.I-8.1, S.I-8.2	9.330,27	15,84	84,16

Fuente: Castillo R. (2009).

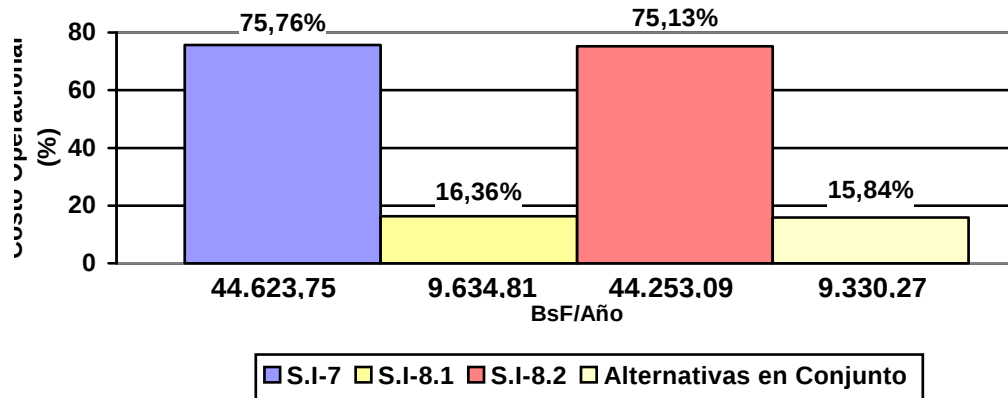
En la tabla 36 se observa que la alternativa que representa mayor ahorro económico debido a la reducción de los costos operacionales es la alternativa S.I-8.1 con un 83,64%, a su vez se observa que la aplicación en conjunto de las alternativas con inversión inicial presenta una reducción de costos operacionales de 84,16%.[12].



CAPITULO IV



Gráfico 15. Costos operacionales para las alternativas del sistema de iluminación con inversión inicial



Fuente: Castillo R. (2009).

En la siguiente tabla se muestran los flujos monetarios según la alternativa de inversión.

Tabla 37. Flujo monetario de las alternativas de inversión del sistema de iluminación

Período (años)	Alternativa de inversión			
	S.I-7 (BsF)	S.I-8.1 (BsF)	S.I-8.2 (BsF)	Conjunto (BsF)
0	224.803,86	223.627,86	224.551,86	225.727,86
1	10.403,69	64.118,35	7.244,48	69.172,20
2	10.403,69	64.118,35	7.244,48	69.172,20
3	10.403,69	64.118,35	7.244,48	69.172,20
4	10.403,69	64.118,35	7.244,48	69.172,20
5	10.403,69	64.118,35	7.244,48	69.172,20

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 37 se observa que la aplicación individual de las alternativas S.I-7 y S.I-8.2 generan flujos monetarios negativos (valores de color rojo), por lo tanto son alternativas de inversión no rentables si se aplican de manera individual, a su vez se observa que al aplicar las alternativas en conjunto se consiguen los flujos monetarios de mayor valor de 69.172.20 BsF/Año.



CAPITULO IV



Tabla 38. Valor actual neto, tasa interna de retorno, beneficio – costo y periodo de retorno de las alternativas con inversión inicial del sistema de iluminación

Condición Evaluada	Inversión Inicial (BsF)	Costos operacionales (BsF/Año)	Ahorro de energía (BsF/Año)	VAN (BsF)	TIR (%)	B/C	PRI (años)
S.I-7	224.803,86	44.623,75	34.220,06	264.242,03	-	0,3293	-
S.I-8.1	223.627,86	9.634,81	73.753,16	19.431,13	13,3461	1,0747	4
S.I-8.2	224.551,86	44.253,09	37.008,61	252.014,14	-	0,3576	-
Conjunto	225.727,86	9.330,27	78.502,47	36.489,20	16,1447	1,1398	4

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 38 se observa que la aplicación en conjunto de las alternativas de inversión del sistema de iluminación, presentan mayor ganancia y por lo tanto mayor rentabilidad, con un periodo de recuperación de la inversión inicial de 4 años. [12].

9.2. Evaluación económica para las alternativas factibles técnicamente del sistema de climatización

Para realizar la factibilidad económica de las alternativas de este sistema se utilizara la ecuación de ahorro anual referida anteriormente, los costos operacionales por mantenimiento, reparación y/o reemplazo de equipos y componentes del sistema no son del dominio público, y por lo tanto no están disponibles para la realización de este documento.

9.2.1. Evaluación económica de las condiciones actuales del sistema de climatización

Consumo del sistema de climatización:

4.867.257,60 kWh/Año



CAPITULO IV



Costo debido al consumo de energía eléctrica:

$$4.867.257,60 \text{ kWh/Año} \times 70,5 \text{ BsF/MWh} \times 1 \text{ MWh}/1000 \text{ kWh} = 343.141,66 \text{ BsF/Año}$$

9.2.2. Evaluación económica de las alternativas sin inversión inicial del sistema de climatización

Ahorro anual debido a la disminución del consumo eléctrico de las alternativas del sistema de climatización:

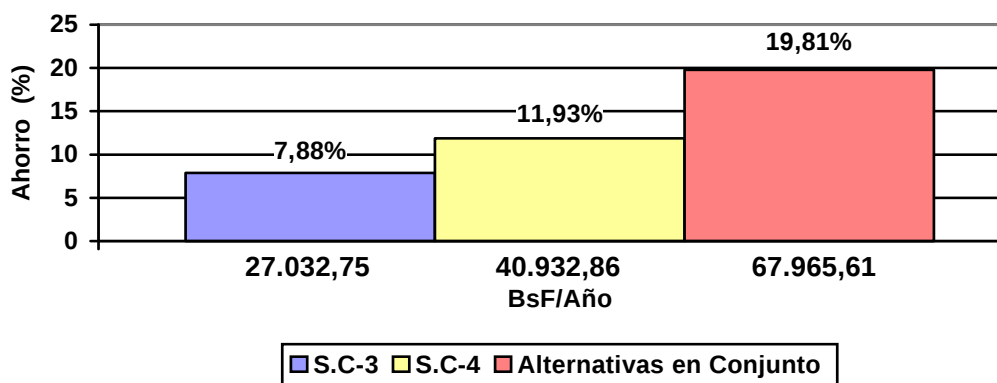
Tabla 39. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de climatización

Condición de operación	Consumo (kWh/año)	Ahorro(BsF/Año)	Ahorro (%)
S.C-3	4.483.814,40	27.032,75	7,88
S.C-4	4.286.649,60	40.932,86	11,93
Conjunto S.C-3, S.C-4	3.903.206,40	67.965,61	19,81

Fuente: Castillo R. (2009).

En la tabla 39 se observa que ambas alternativas representan ahorros económicos similares obteniendo un máximo con la alternativa S.C-4 con el 12% aproximadamente.

Gráfico 16. Ahorro anual para las alternativas del sistema de climatización



Fuente: Castillo R. (2009).



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis de las condiciones actuales de los equipos y componentes instalados de los sistemas de iluminación y climatización, en donde se determinó el consumo de energía eléctrica, emisiones de CO₂, consumo de combustible y costos de generación de energía. Dando como resultado que el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación es de 24,03% y el de climatización es de 75,97%.
- Se determinaron las causas que dan origen a las condiciones de operación de ambos sistemas. Entre las más relevantes se encuentran: Jornadas de trabajo de los equipos durante 24 horas, todos los días incluyendo los fines de semana y días feriados. Utilización de balastos electromagnéticos. Utilización de lámparas T12. Ausencia de programas de ahorro energético por parte de la empresa. Ausencia de reguladores de temperaturas y caudal de aire. Uso de equipos de climatización en obsolescencia. (más de 10 años).
- Se plantearon alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización, identificándolas según el sistema con las siglas S.I y el numérico correlacional correspondiente para el sistema de iluminación y S.C y el numérico correlacional correspondiente para el sistema de climatización.
- Se realizó el análisis de factibilidad técnica en ambos sistemas, dando como resultados los siguientes:



CAPITULO V



- **Sistema de Iluminación:** Las alternativas de mayor incidencia por obtener menor consumo de los recursos energéticos y menores emisiones de CO₂ son las siguientes:

S.I-2: alternativa sin inversión con la cual se obtiene un consumo de los recursos energéticos de 45,22% del consumo total de este sistema.

S.I-8.1: alternativa de inversión con la que se obtiene un consumo de los recursos energéticos de 32,06% del consumo total de este sistema.

- **Sistema de Climatización:** Las alternativas evaluadas presentan consumos similares, mostrando que la aplicación de manera conjunta, genera un consumo de los recursos energéticos de 80,19% del consumo total de este sistema.
- Se realizó el análisis de factibilidad económica en ambos sistemas, dando como resultados los siguientes:

- **Sistema de Iluminación:** Se determinó que actualmente el sistema de iluminación presenta un costo por consumo de energía eléctrica de 108.563,46 BsF/Año y de 58.899,60 BsF/Año por costos operativos debido al reemplazo de lámparas que terminan su vida útil, se encontró que la aplicación de la alternativa S.I-2 genera el mayor ahorro en cuanto a costos por consumo de electricidad (54,28%) y por gastos operativos (79,14%) para las alternativas sin inversión inicial de manera individual y aplicando las alternativas en conjunto se obtiene un ahorro de 60,23% por consumo de electricidad y de 80,38% por costos operativos; de igual manera se observó que la aplicación de la alternativa de inversión S.I-8.1 genera el mayor ahorro en cuanto a costos



CAPITULO V



por consumo de electricidad (67,94%) y por gastos operativos (83,64%) de manera individual presentando rentabilidad económica, al obtener ganancias al final del periodo del proyecto (5 años) a una tasa de interés del 10% anual un monto en caja de 19.431,13 BsF, con un periodo de recuperación de la inversión inicial de 4 años, a su vez se determino que al aplicar las alternativas de inversión de manera conjunta se obtiene ahorros por costos debido al consumo de energía eléctrica de 72,31% y por gastos operativos de 84,16%, presentando mayor rentabilidad económica, al obtener ganancias al final del periodo del proyecto (5 años) a una tasa de interés del 10% anual un monto en caja de 36.489,20 BsF, con periodo de recuperación de la inversión inicial de 4 años.

- **Sistema de Climatización:** Para realizar la factibilidad económica de las alternativas de este sistema se utilizó la ecuación de ahorro anual. Los costos operacionales por mantenimiento, reparación y/o reemplazo de equipos y componentes del sistema no son del dominio público. El resultado del cálculo del consumo del sistema es de 4.867.257,60 kWh/Año. El Costo debido al consumo de energía eléctrica es de 343.141,66 BsF/Año.

2. RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo de estudios orientados a identificar la importancia del ahorro de la energía eléctrica y la participación de las personas sobre la preservación de las condiciones medioambientales.

Promover campañas de ahorro energético por medio de material audio visual con el fin de motivar a las personas en el uso racional de los recursos energéticos.



CAPITULO V



Establecer normas y formatos que permitan el desarrollo del proceso metodológico de los trabajos de investigación para el área de pregrado.

Realizar estudios que permitan conocer las políticas de ahorro energético.

Dar a conocer las normas técnicas, dispositivos y equipos que permiten disminuir el consumo de energía y aumentar la vida útil de los equipos y componentes de los sistemas de iluminación.

Realizar en las edificaciones estudio de los niveles de luminosidad a fin de determinar iluminación excesiva para la realización de trabajo, identificando oportunidades para hacer eficientes los sistemas de iluminación.

Diseñar metodologías de auditoria energética para edificaciones.

Realizar estudios que evidencien los desarrollos tecnológicos aplicables en las edificaciones para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Hernández Nelson (2008), CMPC Consultores Servicios integrales de eficiencia energética *Eficiencia Energética: una obligación*. [Online]. Disponible en la Web:
http://www.revistamene.com/nuevo/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=57. [Citado 16 Mayo de 2009].
- [2] Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2005). *Informe Técnico. Eficiencia Energética*. [Online]. Disponible en la Web:
<http://www.olade.org.ec/documentos2/EFICIENCIA%20ENERGÉTICA%20RECURSO%20NO%20APROVECHADO-Agosto-2007.pdf>. [citado 16 Julio]
- [3] Ministerio del Poder Popular para la Energía y El Petróleo. Gobierno Bolivariano de Venezuela (2006). *Misión Revolución energética*. Caracas. Venezuela.
- [4] Sáenz de Miera Gonzalo. (2009). *La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio (DT)*. [Online]. DT37-2009. Disponible en la Web:
http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/Elcano_es/Zonas_es/ DT37-2009. Madrid España.
- [5] Pattini, Andrea. (2004). *Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales*. Una comparación internacional. [Online]. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)- Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) CRICYT-CONICET. Disponible en la Web:
<http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZZyyupuVhQyVgJVL.php>. [Citado 2 Junio 2009]. Argentina.
- [6] Martínez, J., Gimón J. (2002). *Estudio de la eficiencia energética en la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo*. Trabajo de Pregrado de la Facultad de Ingeniería. UC. Valencia. Venezuela.
- [7] Molina Leyva, M. J., Rey Martínez, Francisco J., Varela Díez, Fernando, Velasco Gómez, Eloy, Gobernado I. (2001). *Análisis del consumo y eficiencia energética de diseño en un edificio de oficinas mediante el nuevo Método 5000. Montajes e instalaciones: Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones*, ISSN 0210-184X, Año nº 31, Nº 355, 2001 , Págs. 59-70. [Online]. Disponible en la Web:



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=40783>. [Citado 2 Junio 2009]. España.
- [8] González, Ricardo. (1998). *Programa de Ahorro de Electricidad (PAEC)*. Norma gubernamental de la República de Cuba. La Habana. Cuba.
- [9] Ruedas. (1997). *Proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en la Universidad de México*. Trabajo especial de Ascenso Universidad de La Salle, México
- [10] Veltri Rosal, Roberto C. (1997). *Proyecto de ahorro de energía eléctrica dentro de las instalaciones del Complejo Petroquímico Anzoátegui (CPA)*. Trabajo institucional interno del (CPA). Puerto La Cruz. Anzoátegui. Venezuela.
- [11] Santana. (1995). *Proyecto de ahorro de energía en la empresa CORPOVEN, filial de Petróleos de Venezuela*. La Campiña. Trabajo institucional interno. Caracas. Venezuela.
- [12] Ortiz, (1993). *Diseño, operación, mantenimiento y uso tendente a disminuir los costos totales del consumo eléctrico, en la torre PEQUIVEN*. Trabajo institucional interno. Caracas, Venezuela.
- [13] BRE (Building Research Establishment). (2005) *Modelo Conceptual de la Oficina*. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=44>. [citado 16 Julio]
- [14] Article Garden. *Sistemas de iluminación*. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.articlegarden.com/es/Article/Lighting-Systems/67053>. [citado 16 Julio]
- [15] COVENIN 2249-93 (1993). *Iluminancias en tareas y áreas de trabajo*. FONDONORMA. SENCAMER. Caracas, Venezuela. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.sencamer.gob.ve/> [citado 16 Julio].
- [16] Philips. (1992) *Guía de Aplicaciones no 3 de Alumbrado*. Alumbrado para Oficinas.
- [17] IDEA Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. Madrid. España. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.idae.es>. [Citado 2 Junio 2009].



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [18] OBREALUX. *Manual de Luminotecnia*. Luminotecnia. [Online]. Venezuela. Disponible en la Web: <http://www.obrealux.com/2lumnino.asp> [Citado 20 Julio].
- [19] CIE. Comisión Internacional de Iluminación (1992). *Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems*. CIE. Technical Report No. 97. Austria: CIE.
- [20] Miranda, Luis. (2000). *Nueva enciclopedia de la climatización*. Aire Acondicionado. Ediciones CEAC, Barcelona, España.
- [21] Quadri, Nestor. (2001). *Sistemas de aire acondicionados Calidad del aire interior*. 1era. Edición. Editorial Alsina, Buenos Aires, Argentina.
- [22] Agencia Internacional de la Energía (AIE), (2008). *Energy Technology Perspectives*. España.
- [23] Ametrano, Antonio (1999). *Marco Legal e Institucional para Promover el uso Eficiente de la Energía en Venezuela*. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Proyecto Cepal/Comisión Europea "Promoción del Uso Eficiente de la Energía en América Latina". Santiago de Chile. Chile.
- [24] (2006). *Decreto N° 1.558. (1996)*. Oficina de Operación de Sistemas Interconectados (OPSIS). Boletines e Informes Estadísticos del Sistema Eléctrico Nacional. Venezuela. [Online]. Disponible en la Web: <http://opsis.org.ve>. [Citado 22 Mayo de 2009].
- [25] Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Caracas. Venezuela.
- [26] Ley Orgánica del Servicio Eléctrico (2001). Gaceta Oficial N°. 5.568 Extraordinario de fecha 31 de diciembre de 2001. Caracas. Venezuela.
- [27] Gaceta Oficial República Bolivariana de Venezuela. 39.298 (2009). Decreto 6.992. 21 Octubre de 2009. Caracas.
- [28] Luna, Rafael 1999. *Manual para determinar la factibilidad económica de Proyectos*. PROARCA/CAPAS. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.preval.org/documentos/00453.pdf> . [Citado 8 Noviembre 2009].
- [29] Baca, U. Gabriel (2001). *Evaluación de Proyectos*. Cuarta Edición, McGraw Hill, México.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [30] Bodie, Zvi y Merton Robert (2003). Finanzas. Primera Edición. Pearson Educación. México.
- [31] Hurtado de B., Jacqueline (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. 3ª. Edición. Caracas: Fundación SYPAL. Caracas.
- [32] Ballestrini, Mary, (2001). *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación*. (5ª ed.). BL. Consultores Asociados. Servicio. Caracas. Venezuela.
- [33] Hernández, S., Roberto, Fernández, C. Carlos, Baptista L., Pilar, (1998). *Metodología de la Investigación*. Segunda Edición. Editorial Mc Graw – Hill. México
- [34] Tamayo y Tamayo, Mario, (1997) *El Proceso de la Investigación Científica*. 3era edición. Editorial Limusa. México.
- [35] Universidad Tecnológica del Centro (UNITEC) (2004), *Guía Práctica para el Desarrollo de Proyectos y Trabajos Especiales de Grado*. Guacara. Venezuela.
- [36] Salas Ozziel. (2009). *Eficiencia Energética. Ahorro de energía en un edificio administrativo*. Plan Integral de Eficiencia Energética. Morón. Venezuela.



ANEXOS