

INTRODUCCION

Debido a las crecientes preocupaciones acerca de los cambios climáticos producidos por la contaminación, producto del uso de combustibles fósiles en la economía mundial, cada vez más países están tomando interés en producir energía proveniente de recursos renovables que no contaminan el medio ambiente. Algunos ejemplos de estas fuentes de energía son la eólica, la solar y la mareomotriz. Los altos precios de la energía proveniente de dichas fuentes en \$/kWh producto de los altos costos de inversión de las mismas, las pone en desventaja con respecto a las turbinas convencionales a gas y vapor, sin embargo, los altos precios del barril de petróleo y la agudización del cambio climático están haciendo a las energías renovables cada vez más atractivas.

El uso de las energías renovables es en la actualidad una tecnología de amplia aplicación. Durante la historia, han sido siempre la primera posibilidad de obtención y uso de energía. Esto cambió solamente con el advenimiento de la Revolución Industrial, en la que los combustibles fósiles como el carbón y posteriormente el petróleo ganaron en importancia y se convirtieron en la fuente principal de energía a escala global.

Con el incremento de la población mundial y la búsqueda de mejores estándares de vida, la cantidad de energía necesaria para sostener a la sociedad moderna se incrementa exponencialmente. Al mismo tiempo, la disponibilidad de fuentes de energía, en particular en estado fluido, está reduciéndose rápidamente. Por esto, ha surgido la tendencia de que la cantidad de energía necesaria para sostener a la sociedad tendrá que ser limitada y en lo posible suministrada por fuentes renovables de energía para evitar una crisis energética, y un deterioro ambiental irreversible. Así, las tecnologías basadas en las mismas se volverán cada vez más relevantes.

La energía ha sido y es una necesidad básica de la sociedad a lo largo de su existencia. A nivel mundial se consumen aproximadamente 40 000 kcal/día per cápita de energía, lo que supone 20.5 veces las necesidades alimenticias. El consumo energético está desigualmente repartido, correspondiendo las 4/5 partes a 1/4 de la población, es decir, aquella que habita en los 42 países más desarrollados. En lo que se refiere a la evolución del consumo global de energía en los países desarrollados, la mejora de la eficiencia de los procesos energéticos supone una disminución de las necesidades, al igual que se espera un aumento moderado del consumo debido a la evolución de la sociedad.

La generación de energía a partir de fuentes renovables ha marcado un sustancial ascenso después de los años 90, con el desarrollo de tecnologías de preparación y conversión de biomasa y la valoración del tema ambiental en el uso sostenible de las mismas. Desde entonces las fuentes renovables han asumido un papel relevante en el desarrollo económico mundial.

Dentro de estas fuentes alternativas se encuentra la energía solar fotovoltaica, la misma aprovecha el efecto fotoeléctrico para por medio de paneles convertir la energía que nos llega del sol en energía eléctrica que podemos almacenar en bancos de baterías de acumuladores, los cuales podemos utilizar cuando el sistema deje de funcionar durante la puesta del sol y la noche.

De lo anterior se desprende que es necesario buscar alternativas energéticas en nuestro entorno, a sabiendas de que las fuentes convencionales son agotables y altamente contaminantes.

TITULO:

“ESTUDIO DE DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN LA RESIDENCIA ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE GRANMA”

PROBLEMA CIENTÍFICO:

No existe un estudio que posibilite la evaluación de un proyecto para la sustitución del servicio eléctrico en la residencia estudiantil de la Universidad de Granma.

OBJETIVO GENERAL:

Realizar un estudio de factibilidad para la sustitución del servicio eléctrico por paneles fotovoltaicos en la residencia estudiantil de la Universidad de Granma.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar una profunda búsqueda bibliográfica sobre la temática.
2. Realizar un diagnostico de recorrido por la residencia estudiantil de la Universidad de Granma.
3. Evaluar alternativas para la instalación de paneles fotovoltaicos en la residencia estudiantil de la Universidad de Granma.

HIPÓTESIS:

4. Si utilizamos las herramientas de la gestión de proyectos podremos realizar un estudio de factibilidad para la evaluación de alternativas energéticas en la residencia estudiantil de la Universidad de Granma.

VARIABLES:

1. Variable Independiente:

Fuentes de investigación alternativas básicas.

2. Variable Dependiente:

Funcionamiento adecuado con niveles de seguridad y un alto rango de calidad de servicio.

DISEÑO METODOLÓGICO

METODOLOGÍA

De acuerdo al tipo de investigación realizada para nuestro trabajo de diploma se ha tomado en cuenta las siguientes categorías metodológicas.

1. Método científico:

Debido que se partirá de un problema se propondrá la hipótesis verificando la misma llegaremos a formular aspectos que nos ayudara e resolver el problema.

2. Método hipotético-deductivo:

Este método nos permite presentar conceptos, principios, reglas, definiciones, afirmaciones, formulas, reglas a partir de las cuales e analiza sintetiza, compara, generaliza y demuestra.

3. Método Bibliográfico:

La recopilación bibliográfica de libros revistas periódicos y el internet es muy importante dentro de la investigación debido a que partimos de la estimación de buen cálculo y diseño de la ubicación de los paneles fotovoltaicos

TIPOS DE INVESTIGACION

1 Investigación de campo:

Se realiza la investigación en el lugar de los hechos

2 Investigación bibliográfica:

Se investiga a través de los libros, revistas, sobre el origen y funcionamiento de los paneles fotovoltaicos.

3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La utilización de las diversas técnicas nos permitirá obtener datos específicos de gran importancia para la resolución del problema por tal motivo nombraremos algunas de ellas:

1 Lectura científica:

Permite al ente investigador sacar una valoración de carácter científico a cerca de la información bibliográfica realizada.

2 Observación:



La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta debido que a partir de ella surge un planteamiento del problema la misma que nos ayudara a obtener los resultados requeridos.

3 Entrevista:

Nos facilita la recopilación de información de vital importancia para el mayor acople de datos aplicado en nuestro trabajo de diploma.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 USO ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

El uso de las energías renovables es en la actualidad una tecnología de amplia aplicación. Durante la historia, han sido siempre la primera posibilidad de obtención y uso de energía. Esto cambió solamente con el advenimiento de la Revolución Industrial, en la que los combustibles fósiles como el carbón y posteriormente el petróleo ganaron en importancia y se convirtieron en la fuente principal de energía a escala global. /35/

Con el incremento de la población mundial y la búsqueda de mejores estándares de vida, la cantidad de energía necesaria para sostener a la sociedad moderna se incrementa exponencialmente. Al mismo tiempo, la disponibilidad de fuentes de energía, en particular en estado fluido, está reduciéndose rápidamente. Por esto, ha surgido la tendencia de que la cantidad de energía necesaria para sostener a la sociedad tendrá que ser limitada y en lo posible suministrada por fuentes renovables de energía para evitar una crisis energética, y un deterioro ambiental irreversible. Así, las tecnologías basadas en las mismas se volverán cada vez más relevantes. /13/

Para profundizar en la situación de las energías primarias a nivel mundial, regional o nacional, surge el concepto de *matriz energética*, que representa el estado actual del sector energético, cuantificando la oferta, demanda, transformación y reservas energéticas, mostrando un historial y proyectando una situación futura del sector. Dentro de la misma, existe el *balance energético*, un registro del flujo de energía (oferta y demanda) y sus procesos, en un periodo definido. /4/

A nivel mundial, la energía es obtenida de los recursos naturales, tales como el Sol, energía geotérmica, eólica, hidráulica, biomasa, combustibles fósiles, radioactivos, etc. /45/

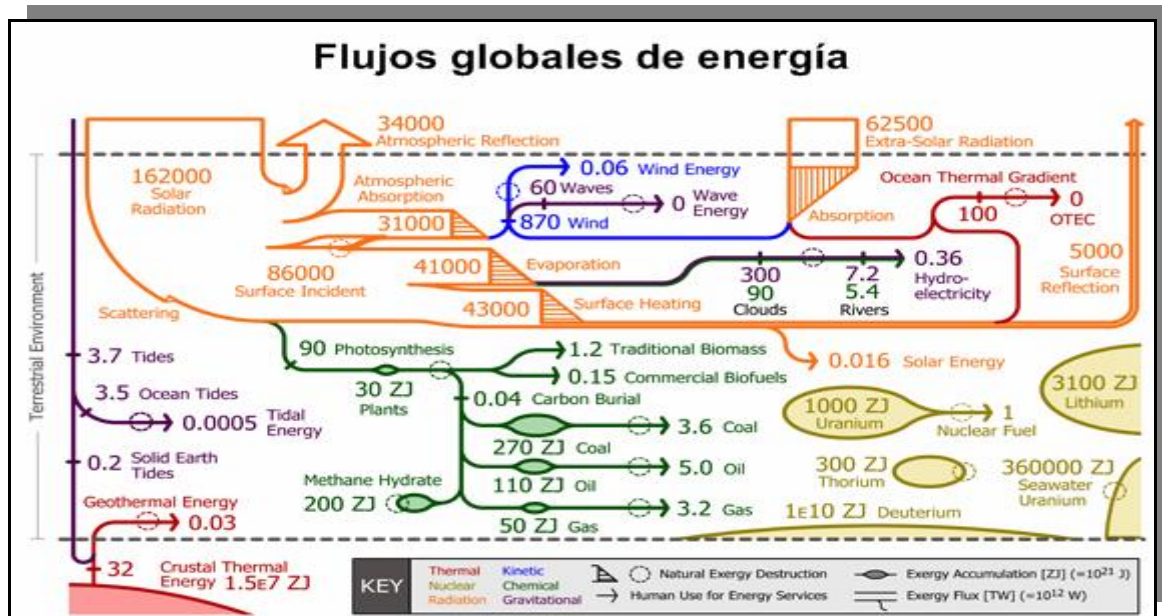


Figura 1.1: Diagrama Sankey del balance energético global, expresado en ZJ

Fuente: Earth's Energy Resources – Wes Hermann (10)

Dentro de este balance energético, donde se pueden apreciar todas las fuentes de energía primaria existentes sobre el planeta, se debe delimitar aquellas que actualmente son posibles de transformar y convertir en energías secundarias mediante procesos físicos o químicos para suplir la demanda mundial de locomoción, electricidad, calefacción y otras necesidades varias. /2/

En años anteriores, el incremento en la demanda fue estimulado por combustibles fósiles relativamente baratos y altas tasas de industrialización en América del Norte, Europa y Japón, donde el crecimiento es todavía sostenido, pero nuevos factores están influyendo en el futuro energético mundial: el crecimiento de demanda en China e India (países con casi 1/3 de la población mundial); el agotamiento proyectado de los recursos petrolíferos en un futuro próximo (*peak oil*); y el fenómeno del cambio climático global. Si bien estos factores presentan grandes desafíos, han traído aparejado el surgimiento de las tecnologías de energía renovable (eólica, térmica solar, fotovoltaica, biocombustibles, etc); que están llegando a su

madurez y prometen ser competitivas en el aspecto económico comparadas con las fuentes de energía convencionales. En el siguiente gráfico, se presenta la proyección histórica a nivel mundial de la producción de energía, según su fuente. /51/

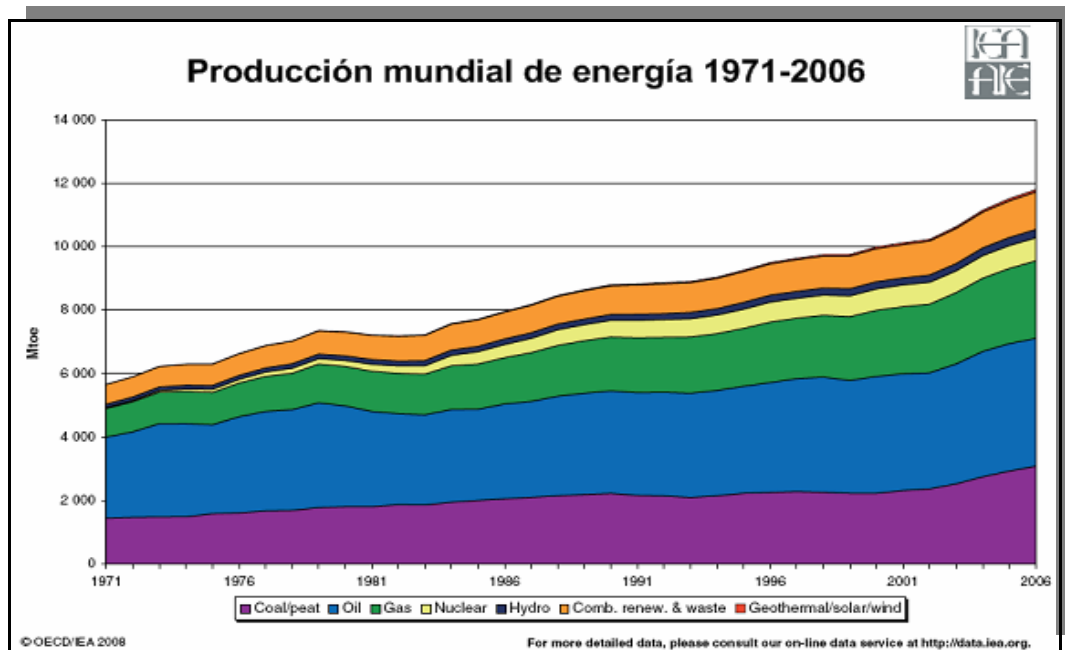


Figura.1.2: Producción total de energía 1971-2006

Fuente: IEA World Energy Outlook 2008 (1)

De acuerdo a la estadística 2008 de la Agencia Internacional de Energía (IEA), la demanda primaria de energía mundialmente se incrementó de 5.536 MTOE en el año 1971 a 11.900 MTOE en el año 2006, representando un incremento anual de aproximadamente 2% (Figura 2.2). De la demanda total de energía primaria del 2006, los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) constituyeron cerca del 80%. La energía proveniente de la biomasa constituyó un 11% del total. Sin embargo, es necesario mencionar que casi la totalidad de este rubro estaba constituida por biomasa tradicional para cocción de alimentos y calefacción en países en vías de desarrollo, donde la misma es incinerada ineficientemente. /22/

A partir del año 2001, el crecimiento global de demanda energética fue de aproximadamente un 4%, causado principalmente por el consumo en la región del Asia-Pacífico, (8% anual). China en particular, ha incrementado su consumo de energías primarias en cerca de 15% en los últimos años y junto con India empujarán a un crecimiento mundial entre 3 y 5% durante varios años. Sin embargo, este ritmo de aumento de la demanda no podrá continuar durante mucho tiempo. De acuerdo a estimaciones la Agencia Internacional de Energía, partiendo de un 2% de incremento por año, la demanda de energía primaria de 11.900 MTOE en 2006 se duplicaría en el 2037 y se triplicaría en el año 2057. /11/

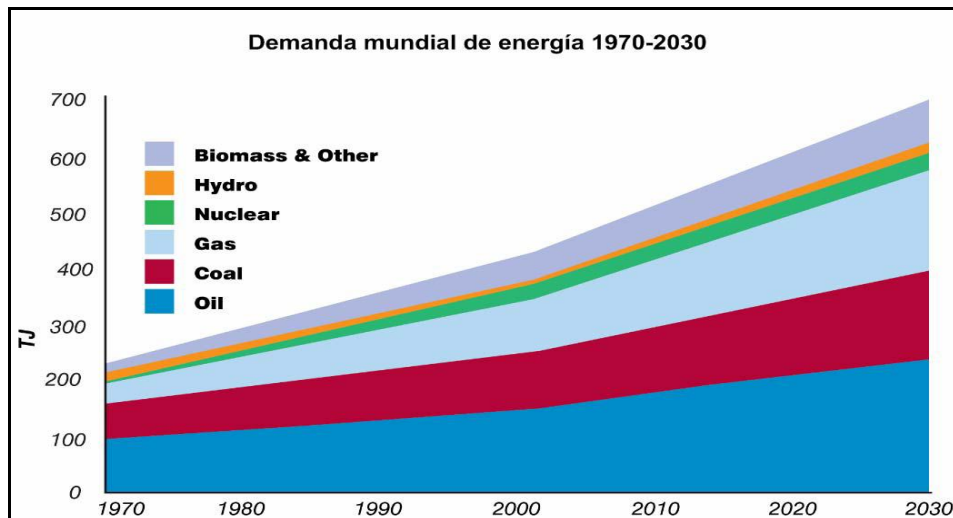


Figura 1.3: Demanda mundial de energía, disgregada por tipo

Fuente: IEA World Energy Outlook 2008 (1)

1.2 ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL MUNDIAL

La producción de electricidad es uno de los sectores que utilizan energía primaria. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía, la demanda mundial de electricidad se ha triplicado desde 1971. Junto con el uso de energía primaria para locomoción, la

generación de electricidad creció en los últimos 35 años en relación a otros usos entre 20 y 30%. /3/; /50/

La Figura 1.4 muestra que el carbón es en la actualidad la mayor fuente de electricidad. De ahí provino en 2006 el 41% de la electricidad mundial, a diferencia de fuentes de energía renovable, con apenas 18,5% de producción, de las cuales cerca del 90% representa a la generación hidroeléctrica. Las restantes proveyeron apenas un 2%. /1/; /43/

Pese a estas cifras, la generación renovable ha evolucionado enormemente y se está volviendo aún más competitiva, tal que, en el futuro, pueden estar en posición de reemplazar una parte de combustibles fósiles para generación eléctrica; tendencia que deberá ser un componente primordial de cualquier estrategia para reducir emisiones contaminantes a la atmósfera y combatir el cambio climático global. /6/; /41/; /32/

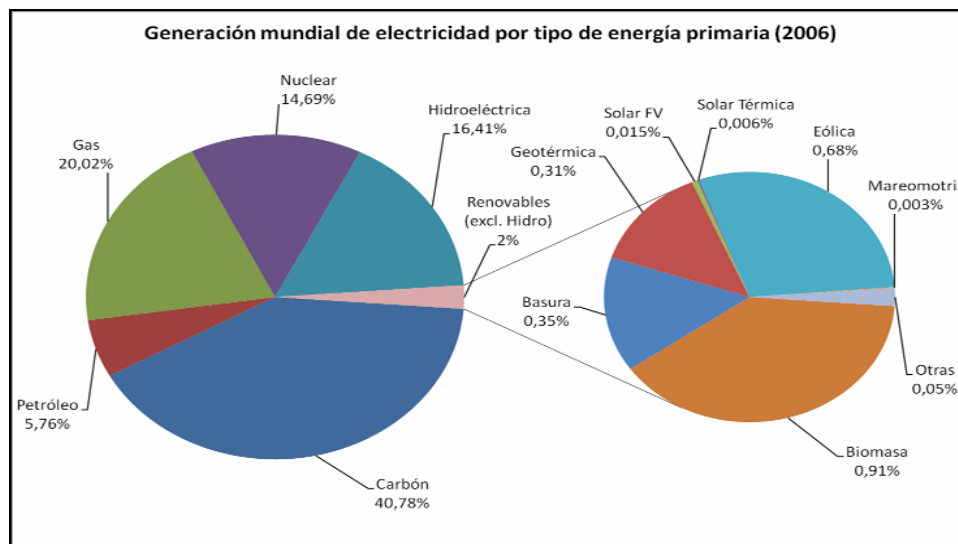


Figura 1.4: Porcentajes de generación mundial de electricidad en 2006 por tipo de energía primaria

Fuente: IEA World Energy Outlook 2008 (1)

De acuerdo al Departamento de Energía de los Estados Unidos, se espera que la energía eléctrica sea la fuente de energía de mayor crecimiento alrededor del mundo dentro de las décadas próximas. Se prevé que la demanda de electricidad crezca hasta alcanzar 24 TWh hasta el año 2015, a una tasa de crecimiento anual de 2,6%. /30/; /7/ Mientras la demanda eléctrica continúe creciendo, el carbón se mantendrá a la cabeza como fuente primaria de electricidad, especialmente en China e India. El porcentaje de generación nuclear ha alcanzado su pico, a pesar que debido a los inestables precios del petróleo, podría volverse una tecnología competitiva. Por otro lado, es probable que la energía nuclear nunca se libere del estigma de insegura, contaminante y extremadamente peligrosa, debido a los accidentes en las plantas de Chernobyl en Ucrania y Three Mile Island en los Estados Unidos. /24/; /36/; /5/

Se proyecta que el uso del carbón, gas natural y renovables crecerán en proporción suficiente para reemplazar a las usinas nucleares que cumplan su ciclo de vida útil, pero además que ganen participación en el total. Por ejemplo, en 1997 el gobierno sueco anunció que comenzaría a desmantelar la gran capacidad nuclear del país, cuyas plantas proporcionaban 50% de la electricidad total, en respuesta a un referéndum aprobado para prohibir la generación con reactores nucleares. Para compensar una escasez de electricidad, el gobierno deberá intervenir en el mercado eléctrico mayorista mediante subsidios, forzando así una transición hacia el uso de energías no tradicionales. /21/; /54/; /12/

Otros países industrializados también han expresado tener compromisos serios para reducir la contaminación ambiental. En diciembre de 1997, 160 países reunidos en la ciudad de Kyoto, Japón, en el marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, acordaron trabajar en la reducción de emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Por ejemplo, en el caso de los Estados Unidos, se prometió una reducción del 7% hasta el año 2012 medido frente al año base de 1990. Dado que sus emisiones siguieron creciendo desde ese año, la

disminución real exigida deberá ser de más de 30% del nivel actual de emisiones.

/35/; /46/

1.3 RADIACIÓN SOLAR

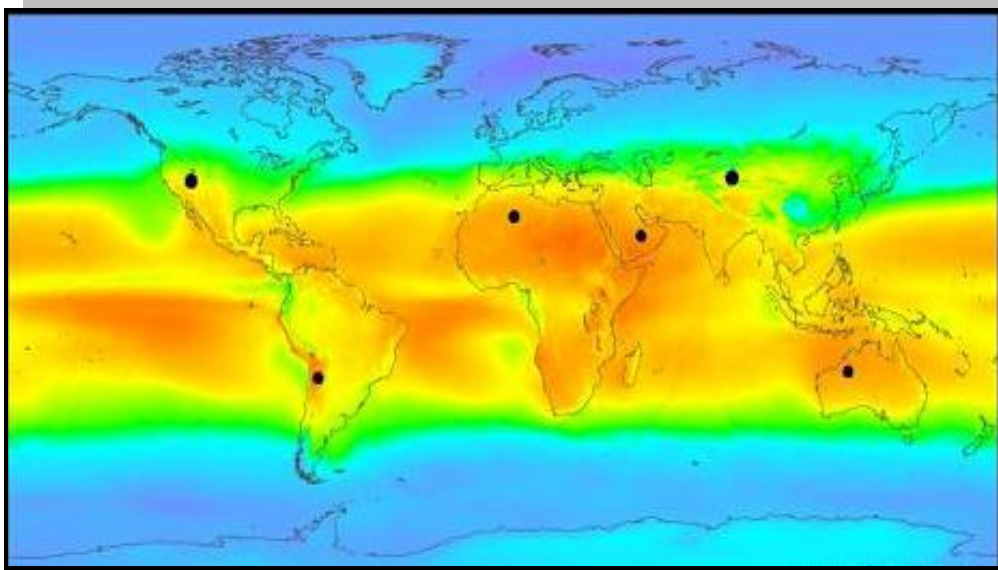


Fig 1.4: Distribución de la radiación solar.

1.3.1 EL SOL

En el centro del Sol, se dan reacciones termonucleares de fusión, dada la gran temperatura y presión existentes. Esta fusión transforma cuatro núcleos de hidrógeno en dos núcleos de helio. Durante el proceso, parte de la masa de aquellos átomos es transformada en energía, de acuerdo con la ecuación de masa/energía. Alrededor de 650×10^6 Tm de hidrógeno son convertidas en 646×10^6 Tm de helio cada segundo. Esta diferencia de cerca de 4×10^6 Tm son convertidas en energía, la cual es liberada desde el núcleo del sol y transportada hacia el espacio por fenómenos de radiación y convección. En una sola hora, la Tierra recibe una cantidad de energía equivalente a la necesaria para suplir todas sus necesidades energéticas durante un año. Esta

estimación es equivalente a 5.000 veces la cantidad de todo el consumo energético del planeta. /8/; /14/; /19/

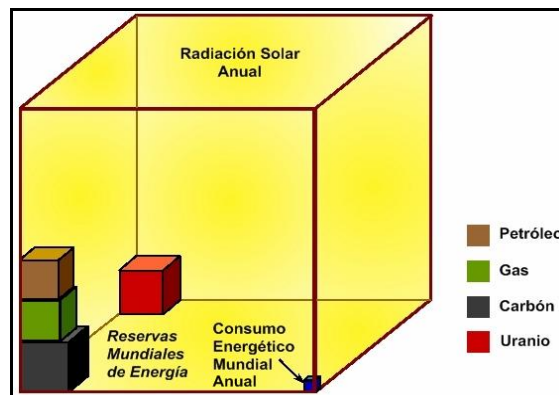


Figura 1.5: Equivalencia de la radiación solar anual frente a las reservas mundiales de energía. Fuente: Manual GreenPro de Energía Solar Fotovoltaica.

La radiación solar es reflejada y dispersada principalmente por partículas suspendidas (nubes, polvo, humo, neblina, smog) y gases variados. La reflexión de la radiación solar incidente de vuelta hacia el espacio exterior varía con el grosor de las nubes y el *albedo*. Cerca de 31% de esta radiación es reflejada directamente hacia el espacio en el borde superior de la atmósfera. Del 69% restante, la mayor parte alcanza la superficie de la tierra, mientras que una mínima fracción es absorbida por la atmósfera. Al llegar a la superficie, aproximadamente un 4,2% de la radiación es reflejado de inmediato hacia la atmósfera. /29/; /49/; /54/

Estos datos varían notablemente de acuerdo a la nubosidad sobre el sitio de medición. Adicionalmente, las características geográficas del sitio, tales como montañas, océanos y lagos influyen la formación de nubes, por lo que sitios a corta distancia unos de otros pueden presentar variaciones en la recepción de radiación solar. /27/; /35/; /9/

1.4 LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Consiste en la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante células fotovoltaicas. En la actualidad, la tecnología fotovoltaica se encuentra en pleno desarrollo: las células fotovoltaicas tienen eficiencias muy bajas (del orden del 15%) y costos de producción muy elevados, lo que hace necesario el apoyo institucional para asegurar la viabilidad económica de este tipo de sistemas. /19;/ /24;/ /48/

En la Tabla 1 se muestra una primera gran clasificación de los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 1.1: Clasificación general de los sistemas de generación fotovoltaicos

| | |
|---|---|
| Sistemas aislados de la red eléctrica (sistemas autónomos) | Comúnmente suplen cargas como: viviendas rurales, granjas, sistemas de bombeo, iluminación, sistemas de telecomunicaciones, señalización, etc |
| Sistemas conectados a la red eléctrica | Conformados por centrales fotovoltaicas y sistemas fotovoltaicos en edificios o grandes sistemas conectados a red. |

Los componentes principales de los sistemas fotovoltaicos son los siguientes:

- La energía solar.
- Células y módulos fotovoltaicos, orientados de tal manera que reciban la mayor cantidad de radiación solar a lo largo del año.
- Sistema de almacenamientos de energía (baterías), solo en los casos de sistemas aislados.
- Inversor para transformar de corriente directa a corriente alterna.
- Protecciones eléctricas.

- La red eléctrica, solo en los casos de sistemas conectados a la red.

El principio básico de funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos es el siguiente: la energía solar incide sobre el generador fotovoltaico (constituido por los módulos fotovoltaicos y estos a su vez, por las células solares). Los módulos fotovoltaicos generan electricidad en corriente directa ó continua. **En el caso de sistemas aislados:** la corriente directa carga un banco de baterías que, a través del inversor de potencia alimenta la carga del sistema. El conjunto dispone de elementos de protección tanto a la entrada como a la salida. **En el caso de sistemas conectados a red:** la corriente directa generada por los módulos alimenta directamente al inversor de potencia. En este caso la tensión y la frecuencia son establecidas por la red eléctrica y el control del inversor se encarga de regular la potencia inyectada al sistema. Las ventajas y desventajas de estos sistemas se pueden resumir en los aspectos indicados en la Tabla 2. /40/

Tabla 1.2: Clasificación de los sistemas de generación fotovoltaicos

| PRINCIPALES VENTAJAS | PRINCIPALES DESVENTAJAS |
|---|--|
| No genera ruidos ni contaminantes | Altos costos de inversión |
| Mantenimiento sencillo y de bajos costos | Bajo rendimiento de las células solares |
| No produce CO ₂ | Según el caso, puede tener impacto visual o paisajístico importante |
| Se instalan fácil y rápidamente sobre cualquier superficie o edificación (cuando no existen obstáculos que proyecten sombras) | En el caso de los sistemas aislados se requieren bancos de baterías |
| Bajos costos de operación | Para altas potencias se requiere grandes superficies para su instalación |

| | |
|---|--|
| En muchos casos el impacto paisajístico es mínimo | |
| Para bajas potencias, no se necesita grandes cantidades de superficie para su instalación | |
| No requiere agua ni combustibles para su funcionamiento | |

1.5 TIPOS DE SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Los sistemas de generación fotovoltaica se pueden clasificar en:

- Sistemas residenciales desconectados de la red de distribución (off-grid)
- Sistemas no residenciales desconectados de la red de distribución (offgrid)
- Sistemas conectados a la red de distribución (distribuidos o centralizados)

Los sistemas aislados también pueden considerarse como híbridos, en caso de ser combinados con otras fuentes de energía.

Los componentes típicos de cualquier sistema fotovoltaico suelen ser:

- Paneles fotovoltaicos
- Cableado
- Banco de baterías (depende del diseño)
- Controlador de carga
- Inversor (si se necesita corriente AC)
- Armazones y soportes
- Habitáculos para protección de los componentes

1.6 SISTEMAS RESIDENCIALES DESCONECTADOS DE LA RED (OFF-GRID)

Son los más extendidos para proveer electricidad a lugares alejados de las redes de distribución. Normalmente, la electricidad generada es utilizada en iluminación y cargas de potencia reducida. Su rango de potencia es de 20 a 200W para hogares y 500 a 2.500W para caseríos. Pueden reemplazar o reducir la necesidad de iluminación con combustible en hogares rurales. Hasta el año 2008, existían más de 1.2 millones de sistemas instalados mundialmente. /10/

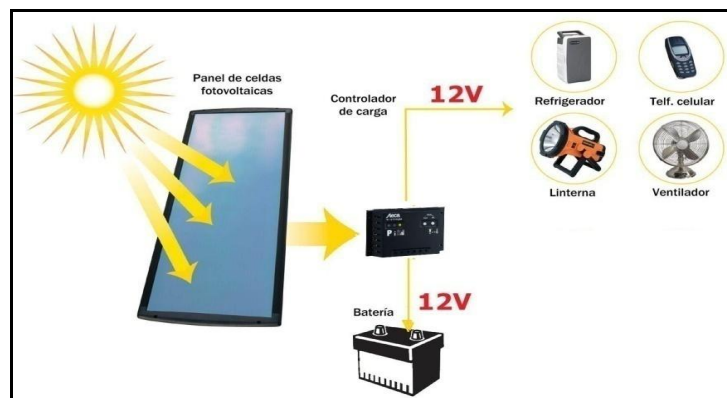


Figura1. 6: Sistema doméstico off-grid de corriente continua

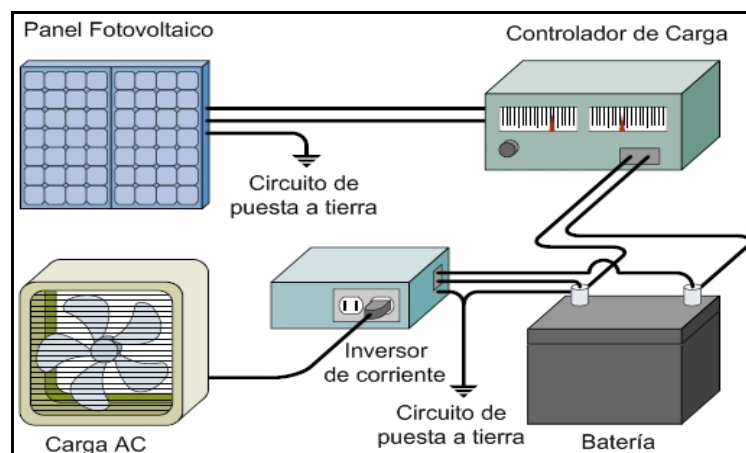


Figura 1.7: Sistema doméstico off-grid de corriente alterna

1.7 SISTEMAS NO RESIDENCIALES DESCONECTADOS DE LA RED

Suministran energía para aplicaciones variadas, como telecomunicaciones, bombeo de agua, refrigeración de vacunas y balizas de navegación. Estas cargas no requieren potencias altas, pero es importante que sean totalmente fiables, haciendo así que la alternativa fotovoltaica sea competitiva con respecto a costos. /15/

1.8 SISTEMAS HÍBRIDOS

Una combinación de fuentes renovables de energía, tales como turbinas de viento y paneles fotovoltaicos, junto con grupos motor-generator y bancos de baterías se considera como un sistema híbrido de generación (Figura 3.14). Existe un enorme mercado potencial para aquellos del tipo híbrido, en el rango de los GWe, en especial para bombeo de agua. /28/

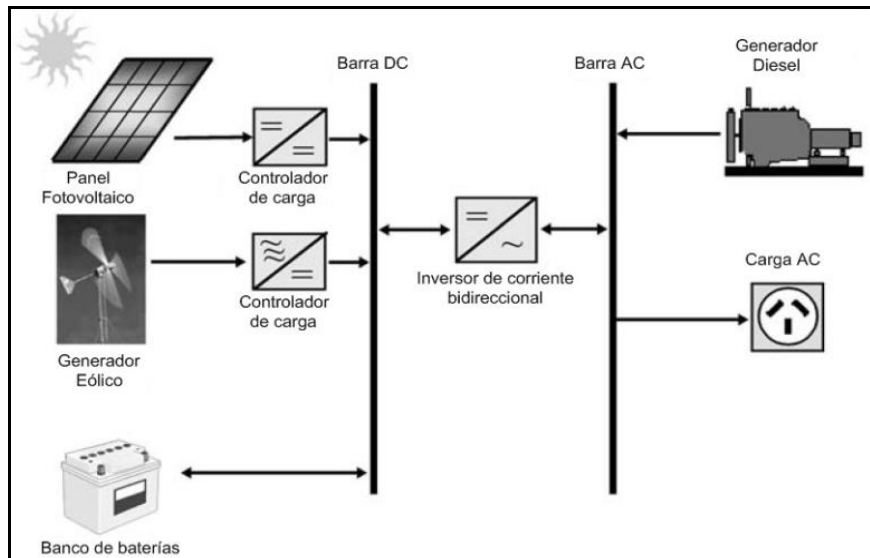


Figura 1. 8: Sistema híbrido de generación eléctrica



1.9 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA

Pueden ser de tipo distribuido o centralizado. Los de tipo distribuido proporcionan energía a una carga localizada, conectada también a la red eléctrica. La potencia instalada de estos sistemas va desde 1 a 100kW. A menudo, la electricidad generada es inyectada a la red de distribución cuando la generación del sistema fotovoltaico es mayor que las cargas a alimentar en el lugar. Representan una alternativa a la generación convencional centralizada para fortalecer la calidad de servicio de la distribuidora. /33/; /41/

1.10 ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR

Hasta el final de 2008 existía una capacidad instalada de generación fotovoltaica y eólica dentro del país de 2,42MW, de los cuales apenas 132kW corresponden a solar, según el Plan Maestro de Electrificación 2009-2020. Esta tendencia es evidente en la utilización del Fondo de Electrificación Urbano-Marginal (FERUM), que en los últimos 10 años reportó un uso para construcción de centrales de energía renovable de apenas 1.91% del total de 521 millones de dólares. /5/

Existen también otros proyectos financiados por la Comunidad Europea y el Banco Mundial en todas las provincias orientales excepto Zamora, Esmeraldas y Guayas, con una inversión total de 4.3 millones de euros en el primer caso y 3.2 millones de euros en el segundo. Sin embargo, a pesar de existir el financiamiento y los estudios pertinentes, no se ha avanzado a la fase de ejecución de los mismos. /17/

propuestos por organismos regionales como la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), y sistematizando y homologando los balances energéticos en cada territorio. La recuperación de datos adecuados donde se haga un inventario del uso de las energías renovables en cada territorio, y así tener un conocimiento preliminar para la toma de decisiones partiendo del principio de que esto sólo es una herramienta, que junto a otros instrumentos ayudará a comprender y planificar el uso eficiente de las energías renovables permitiendo así que el proceso de toma de decisiones sea más justo y acertado. /22/

En Cuba desde hace varios años se elaboran balances energéticos. Primero se realizaban por la antigua JUCEPLAN (Comisión Nacional de Energía (ya desaparecida)) y la CNE (Comisión Nacional de Energía (ya desaparecida)), y actualmente por el MEP (Ministerio de Economía y Planificación), pero su alcance ha sido a nivel de país. Estos balances adolecen de precisión en lo referente al uso de las energías renovables, ya que debido al carácter no comercial de la mayoría de estas fuentes, no son controladas por el SIEN (Sistema de Información Estadística Nacional). /1/

No existe un conocimiento profundo ni una evaluación sistemática de los impactos al medioambiente de las diversas fuentes de energía que se utilizan en la electrificación rural, tampoco se ha agotado el estudio de las potencialidades de las fuentes nacionales de energía, algunas de carácter muy territorial, cuyo aprovechamiento podría contribuir a disminuir la dependencia del petróleo y sus derivados. /25/

1.12 CARACTERIZACION DE LAS FUENTES RENOVABLES EN CUBA

En cada metro cuadrado del territorio cubano se recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a medio kilogramo de petróleo combustible, valor promedio prácticamente invariable durante todo el año. /30/

La radiación solar en cuba es utilizada en todo el territorio y durante todo el año con un valor medio de más de 5Kw-hora por metro cuadrado al día, tanto en su forma de bioenergía o biomasa, energía hidráulica, energía eólica o directamente convertida en calor o electricidad. /30/

1.12.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La transformación directa de la radiación solar en electricidad por conversión fotovoltaica, es una de las formas más promisorias de su aprovechamiento.

Su sostenido desarrollo internacional permite ya utilizarla con mayor rentabilidad que la del resto de las fuentes convencionales, en diferentes aplicaciones aisladas y remotas, así como se generaliza su uso en el bombeo de agua. /23/

Más de 400 casas, consultorios médicos y hospitales en las montañas y zonas rurales han sido electrificadas con paneles fotovoltaicos en todo el territorio cubano. /23/

Miles son los objetos sociales y económicos que a lo largo de toda la geografía cubana han sido electrificados con paneles solares entre los que destacamos cooperativas, fincas, campismos populares, repetidores de televisión e instalaciones de telefonía no atendidas entre otros. /23/

1.13 ASPECTO AMBIENTAL

En cuanto al aspecto ambiental, se pueden mencionar varios beneficios derivados su uso, apuntados especialmente hacia la reducción de emisiones contaminantes, de acuerdo con las directrices del protocolo ambiental de Kyoto, firmado en 1997.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio permite a los países industrializados invertir en proyectos destinados a países en vías de desarrollo que contribuyan a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en esos países. Un ejemplo sería la financiación por parte de algún país desarrollado integrante del Protocolo de un proyecto de eficiencia energética o energía renovable en Ecuador. Estos proyectos deben contar con la aprobación del Consejo Ejecutivo del MDL, y deberán generar reducciones de las emisiones que se puedan medir con respecto a una línea base o caso típico normal. La Aplicación Conjunta permite a los países industrializados que se hayan marcado objetivos de reducción de emisiones cooperar para conseguirlos.

/18/

1.14 BENEFICIOS AMBIENTALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los principales beneficios asociados al uso de las tecnologías de generación eléctrica de energía solar son los siguientes:

- La energía solar fotovoltaica no emite carbono ni otros gases y partículas contaminantes, a diferencia de la quema de carbón de piedra, gas natural o petróleo (combustibles fósiles), de los que proviene el 60% de la generación eléctrica ecuatoriana.
- No presenta riesgos de emisiones radioactivas, a diferencia de la energía generada por fisión nuclear.
- No reduce el caudal de ríos y arroyos, a diferencia de las centrales hidroeléctricas.
- No generan ruido
- No consumen ni contaminan el agua
- Su generación energética no produce residuos



- La disponibilidad de combustible es ilimitada y no está sujeta a problemas logísticos, de suministro ni de agotamiento del recurso.
- Su generación es distribuida, eliminando los costos de construcción y servicio de infraestructura para transporte de energía e impactos ambientales asociados a la misma.

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA

¿Cuántas veces no ha escuchado, o sufrido Ud. el rechazo de un proyecto de ahorro de energía por la dirección o gerencia de una empresa, aún teniendo la certeza de que este puede generar evidentes ahorros económicos?

Pues en muchos casos, el problema puede ser que la evaluación económica de dicho proyecto, y/o su presentación a los decisores, no se realizó de la mejor forma, mostrando las reales ventajas económicas del proyecto y proporcionando indicadores que demuestren su viabilidad técnico-económica.

Un administrador energético debe encontrar y seleccionar el método adecuado para realizar el análisis económico de un proyecto de inversión, de forma tal de lograr una presentación atractiva del mismo y la aprobación del financiamiento requerido para su implementación, en caso de que resulte no solo económicamente factible, sino atractivo y superior a otras alternativas de inversión. Como dice un distinguido y carismático ingeniero de la Unión Eléctrica, “si no se logra la aprobación de un proyecto por los decisores, la culpa es de uno en primer lugar por no haber

“enamorado”¹. Y el amor al gerente de una empresa le entra, en primer lugar, con el “lenguaje del dinero”.

Existen muchos métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración la variación del valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del equipamiento.

2.1.1 Evaluación del valor del dinero a través del tiempo

El valor del dinero en el tiempo significa que un determinado capital que se tiene en la actualidad va incrementando su valor en el futuro a determinada tasa de interés fijada. Dicho de otra forma, una cantidad de dinero en la actualidad tiene más valor que otra a recibir en el futuro, debido a que la primera ganará cierto interés o rendimiento al ser invertida. Estos elementos se reflejan en la siguiente expresión:

$$F = P \cdot (1 + r)^i$$

Donde:

F - Valor futuro de una cantidad presente (P) de dinero, \$.

r - Tasa de interés fijada, fracción.

i - Año para el cual se desea determinar el valor futuro de la cantidad presente.

Nótese que el interés es compuesto, es decir, que para calcular el valor incrementado en un año, el interés no es solo sobre el capital inicial, sino también sobre los intereses generados hasta el año anterior, es decir, se percibe una cantidad adicional debido a la capitalización de los intereses. Al término $(1+r)^i$ se le denomina factor de interés compuesto.

Las técnicas de presupuestación de capital o evaluación de proyectos de inversión que tienen en cuenta este fenómeno se basan en el proceso inverso, es decir, actualizan o

descuentan a valor presente las entradas y salidas de caja efectuadas durante toda la vida útil del equipamiento o período de evaluación del proyecto, por lo que también se les denomina técnicas de valor descontado. De esta forma se trata de darle el nivel de importancia adecuado a cantidades desembolsadas o ingresadas en períodos distintos, de forma tal de poder relacionarlas directamente entre sí. Por ejemplo, no tendría la misma importancia una misma cantidad desembolsada en el primer año de análisis que en el quinto; por supuesto, la desembolsada en el quinto año tendría menor importancia en la actualidad o menor valor presente, pues pudiéramos tener hoy una menor cantidad de dinero equivalente e invertirla a una tasa de interés determinada, de forma tal que en el quinto año tuviéramos la cantidad necesaria para satisfacer el desembolso requerido.

El proceso de actualización a valor presente se realiza de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{(1+r)^i}$$

La tasa r generalmente se denomina como tasa de interés cuando se trata de hallar el valor futuro o capitalizado de una cantidad, y tasa de descuento cuando se realiza el proceso inverso o de actualización, por lo que la representaremos en este último caso como D . El proceso inverso a la actualización se denomina capitalización.

2.1.2 Interés nominal anual, interés efectivo del período e interés equivalente anual.

En el análisis financiero de proyectos de inversión de larga vida útil los flujos de efectivo se manejan anualmente, por lo que para realizar un análisis financiero adecuado, es necesario transformar las tasas nominales expresadas considerando 365 días (interés nominal anual), en tasas efectivas del período en caso de que se requiera, o en tasas anuales equivalentes.

2.1.3 Interés real (en moneda constante).

Es el interés que tiene en cuenta los efectos de la inflación. La inflación o devaluación del dinero, reflejada por un aumento de los precios en el mercado, puede incluirse en los análisis de inversiones calculando una tasa de interés real (tasa en moneda constante) mediante la relación de Fisher:

$$R = \left(\frac{1 + r}{1 + f} \right) - 1$$

Donde:

R - Tasa de interés real.

r - Tasa de interés bancaria.

f - Tasa de inflación, fracción.

De esta expresión puede obtenerse que:

$$r = R + f + (Rf)$$

$$R = (r - f) / (1 + f)$$

Se pueden tener tres casos:

- $r > f$ - La tasa de interés real (R) es positiva pero menor que la tasa de interés sin tener en cuenta la inflación (r), esto origina una influencia negativa sobre el valor futuro del dinero, aunque existe una ganancia neta.
- $r < f$ - La tasa de interés real (R) es negativa, lo cual quiere decir que existe pérdida.
- $r = f$ - La tasa de interés compuesta es cero. No existe ni pérdida ni ganancia.

Por supuesto, las tasas de interés que pagan los bancos (tasas pasivas) generalmente permiten compensar los efectos de la inflación y recibir un margen de utilidad, por lo

que en la práctica se cumple generalmente que $r > f$. Por otra parte, las tasas que cobran las instituciones de crédito (tasas activas) están determinadas por las tasas pasivas más un margen de utilidad bruta.

2.2 Métodos para la evaluación financiera de proyectos de inversión

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

2.2.1 Valor Presente Neto (VPN)

Esta técnica se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto. Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable, y negativo en caso contrario. Se determina como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Donde:

K_0 - Inversión o capital inicial.

Fc_i - Flujo de caja en el año i .

D - Tasa de descuento real utilizada.

De forma general, el flujo de caja se puede calcular como:

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) \cdot (1 - t/100) + Dep$$

Donde:

I - Ingresos en el año i , \$

G - Gastos en el año i , \$.

T - Tasa de impuestos sobre ganancia, %.

Dep - Depreciación del equipamiento o amortización de la inversión, \$.

La depreciación es el proceso de asignar o repartir la inversión inicial en activos fijos, en los períodos donde el uso de dichos activos reporta beneficios a la empresa. Esto permite dividir la inversión inicial en anualidades de forma tal que se realice un balance adecuado de costos y beneficios durante todo el período de evaluación, permitiendo, además, deducir pagos adecuados por concepto de impuestos fiscales. En el concepto depreciación deben tenerse en cuenta dos elementos, uno es la pérdida de valor del activo fijo por el uso del mismo y la obsolescencia tecnológica; el otro es el tratamiento de la depreciación en el mecanismo contable de la empresa. La depreciación se toma en cuenta como un costo anual que debe deducirse anualmente de las utilidades generadas, y que influye en los pagos anuales por impuestos.

Es importante destacar que para la evaluación de proyectos, la inversión inicial en el activo es un desembolso real, en tanto que la depreciación es un gasto virtual (no es parte del flujo de efectivo del proyecto) que sólo se contabiliza a los efectos de determinar los impuestos a pagar. La depreciación que permite la legislación fiscal normalmente es menor que la vida útil real del activo.

El concepto de amortizar es el mismo que depreciar; el primero se usa para **activos intangibles**, mientras que el segundo para **activos físicos o bienes**.

Activos intangibles: son los gastos por asistencia técnica, estudios de mercado, “know how”, etc., cuando se actualiza estos valores lo que se realiza es amortizar.

Activos físicos o bienes: Son los equipos, edificios, etc.; y a estos lo que se les aplica es la depreciación.

Existen varios métodos para determinar la depreciación aunque la más común es considerarla lineal:

$$Dep = \frac{K_0}{n}$$

Nótese en la ecuación anterior que la inversión inicial no se descuenta, pues se considera que se realiza al inicio del período de evaluación, que generalmente se considera como el año “cero” de análisis, aunque pueden existir otros sistemas de financiamiento con créditos.

En este y otros métodos que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, la tasa de descuento apropiada debe determinarse externamente al proyecto, tomando como referencia el uso alternativo que se le puede dar al dinero y el riesgo de realizar la inversión. Un error frecuente que se comete en los análisis financieros de proyectos es utilizar como tasa de descuento la tasa interés que se paga por la deuda. En realidad debe tomarse un valor mayor que tenga en cuenta el costo de oportunidad para el inversionista y el riesgo que se corre al realizar la inversión, esta tasa se denomina *Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva* (TREMA).

2.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento.

Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1 + TIR)^i}$$

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR.

2.2.3 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1 + D)^i}$$

Esta ecuación no puede resolverse directamente, por lo que para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

Tradicionalmente el período de recuperación se calcula como la inversión inicial entre los ingresos esperados por año, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, o costo del uso del capital inicial, por lo que por esta vía el valor que se obtiene es inferior al real, y generalmente se denomina como Período Simple de Recuperación de la Inversión.

2.2.4 Relación Costo - Beneficio (RCB).

Se determina como la relación entre el Valor Presente Neto de los Costos (VPNC) y el Valor Presente Neto de los Beneficios (VPNB).

$$RCB = \frac{VPNC}{VPNB}$$

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar.

En las figuras siguientes se muestran gráficamente las relaciones entre algunos de los indicadores tratados (VPN, TIR, PRI) para una inversión inicial de un millón y medio de pesos, flujos de caja hipotéticos y una vida útil de 15 años.

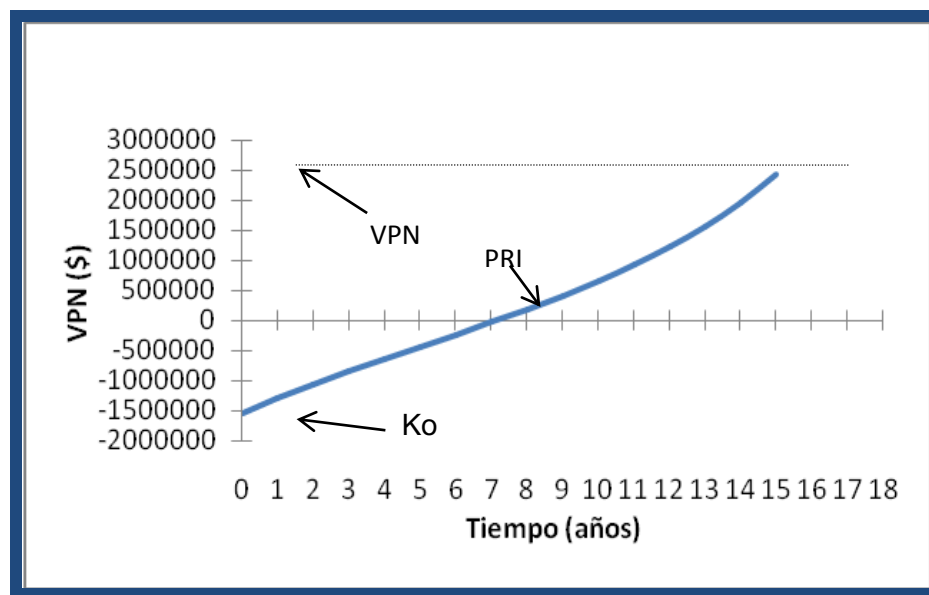


Figura 2.1: Relación del VPN con el tiempo

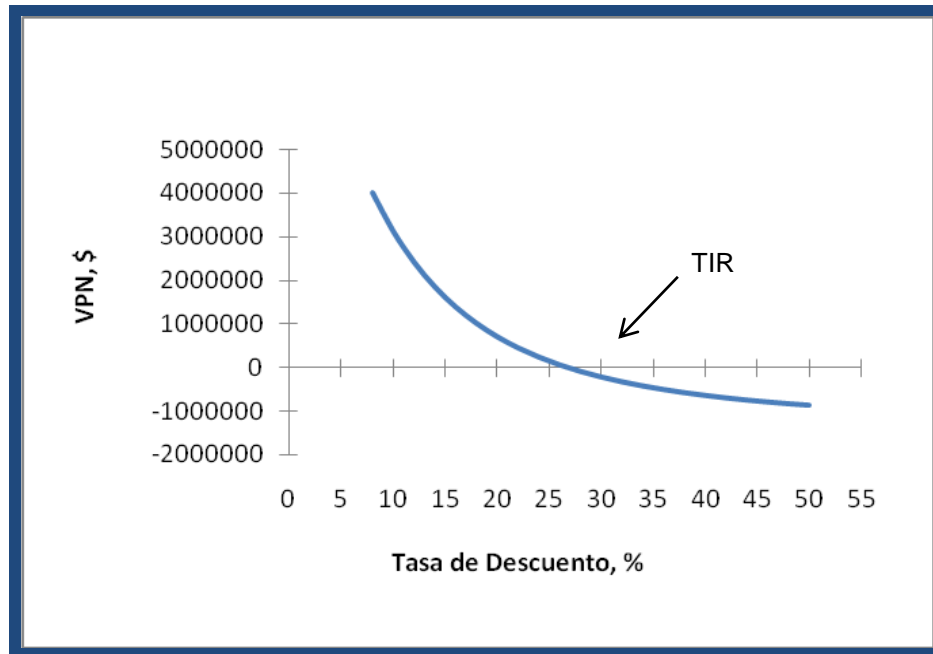


Figura 2.2: Relación del VPN con la Tasa de Descuento

Hasta aquí se han tratado cuatro técnicas de análisis de inversiones o proyectos, que originan sus indicadores particulares. En la tabla siguiente se brinda el análisis cuantitativo de estos indicadores para considerar si el proyecto es viable económicamente.

Tabla 2.1: Rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable

| Técnica de Evaluación | Rango adecuado |
|-----------------------|----------------|
| VPN, \$ | $VPN > 0$ |
| TIR, % | $TIR > D$ |

| | |
|-----------|---------|
| PRI, años | PRI < n |
| RCB | RCB < 1 |

Aunque los rangos en la tabla incluyen los valores límites máximos, generalmente en el análisis se fijan determinados valores límites de acuerdo con las políticas de la empresa donde se analicen.

En la práctica en algunas ocasiones se tienen varios proyectos mutuamente excluyentes entre sí y se requiere evaluar su implementación, es decir, que se debe seleccionar uno o varios entre ellos. Los indicadores propuestos pueden emplearse para la selección u ordenamiento entre proyectos.

A modo de ejemplo, seleccionaríamos un proyecto A en lugar de uno B sí:

- $VPN_A > VPN_B$
- $PRI_A < PRI_B$
- $TIR_A > TIR_B$
- $RCB_A < RCB_B$

De estos indicadores, uno de los más utilizados para la selección de proyectos es el período de recuperación de la inversión, pues generalmente las empresas fijan un período de recuperación límite y analizan los proyectos que cumplan dicha condición. Esto puede originar una primera decantación dando lugar a una cantera de posibles proyectos, que pueden ser elegidos u ordenados atendiendo a los demás indicadores. El Valor Presente Neto debe ser el que determine la selección, pues este representa en definitiva la ganancia esperada del proyecto. Por otra parte, es posible que el VPN entre en contradicciones con la TIR para una determinada tasa de descuento. En este sentido puede darse el siguiente caso para dos proyectos A y B:

- $VPN_A > VPN_B$ (para determinada tasa de descuento).

- $TIR_A < TIR_B$

En este caso debe seleccionarse el proyecto A para esa tasa de descuento.

Esta situación se representa en la figura siguiente:

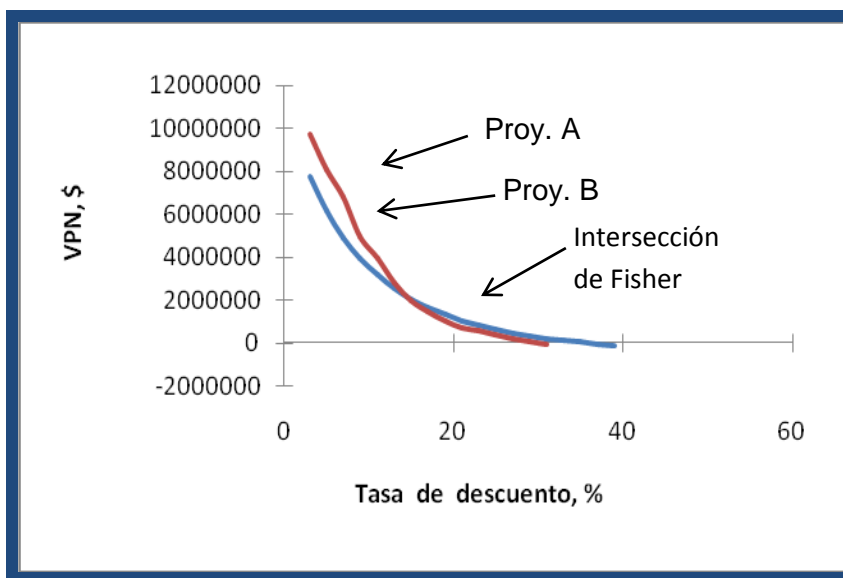


Figura 2.3: Relación entre el VAN y la TIR

2.2.4.1 VPN vs. Tasa de descuento para dos proyectos hipotéticos

Como se puede observar en la figura anterior, la $TIR_A < TIR_B$, por lo que se pudiera decir que el proyecto B es mejor que el A. Sin embargo, existe una tasa de descuento para la cual la relación entre los VPN de ambos proyectos se invierte (intersección de Fisher); para el ejemplo es de aproximadamente 15%, dando lugar a las siguientes situaciones:

Para $D < 15\% \Rightarrow VPN_A > VPN_B$

Para $D > 15\% \Rightarrow VPN_A < VPN_B$

Esto indica que no se puede concluir de forma absoluta que el proyecto B es mejor que el A; solo es mejor para el caso en que la tasa de descuento sea mayor de 15%. En caso contrario pudiera considerarse que no se cumple esta afirmación.

En la práctica puede darse el caso en que se tiene que seleccionar una alternativa o proyecto para satisfacer determinado servicio dentro de un grupo que aportan similares ingresos, los cuales no se pueden cuantificar o son nulos.

Estos casos se pueden resolver por tres vías: determinando los Costos del Ciclo de Vida (CCV), el Costo Nivelado o realizando un Análisis Diferencial.

2.2.5 COSTO DEL CICLO DE VIDA

En muchos casos al decidir sobre nuevas inversiones se toma en consideración solamente el costo de adquisición e instalación de un sistema. Sin embargo, el costo inicial de muchos sistemas energéticos representa una fracción pequeña del costo total a lo largo de la vida útil del sistema.

Por ejemplo, en la figura siguiente se presenta la estructura de costos de una instalación típica de bombeo industrial. Se observa que en ella los costos de la energía, seguidos por los de mantenimiento, representan las partidas principales, mientras que el costo inicial representa una pequeña fracción de los costos totales.

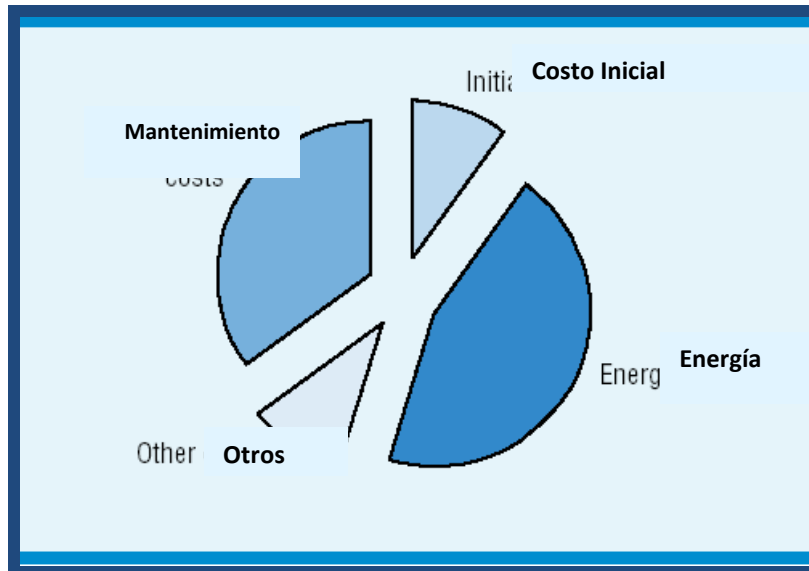


Figura 2.5 Estructura de costos de una instalación de bombeo industrial

El Costo del Ciclo de Vida (CCV) constituye un método que permite evaluar opciones de conservación de la energía a lo largo de la vida de un equipo o sistema, desde la adquisición, instalación, operación y mantenimiento hasta el desmontaje y disposición final del mismo.

La esencia del método del Costo del Ciclo de Vida radica en llevar a valor presente todos los costos a lo largo de la vida del sistema y sumarlos.

$$VPN_{COSTOS} = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

En este caso, Fc_i , incluye solo costos, que se considerarán positivos, al igual que el costo de la inversión inicial. En la determinación del VPN_{COSTOS} hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar.

La alternativa mejor será aquella que tenga el menor Costo del Ciclo de Vida.

Este método posibilita realizar comparaciones entre diferentes alternativas para lograr un mismo fin productivo o servicio. Esto es particularmente útil en los casos en que

no resulta factible determinar los ingresos que genera un proyecto dado, como pueden ser las inversiones en equipos de proceso específicos.

Dado que en muchos equipos y sistemas energéticos los costos de la energía y el mantenimiento constituyen las partidas principales, es importante considerar, no solo los costos actuales, sino también las tasas de incremento anual esperadas en los precios de la energía y en los costos de la mano de obra y materiales para el mantenimiento y reparación del sistema.

Los componentes que comúnmente se incluyen en el Costo del Ciclo de Vida son:

- Costo inicial, K_0
- Costo de instalación
- Costo de la energía
- Costo de operación
- Costo de mantenimiento
- Costo de las paradas (pérdidas de producción)
- Costos medioambientales
- Costo de retiro del sistema y restauración del medio

2.2.5.1 Determinación del costo nivelado (costo unitario promedio de producción de la energía).

Este indicador de comparación es válido entre sistemas productores de energía de la misma calidad o exergía. Lógicamente, la mejor variante de las analizadas será la que tenga un menor costo promedio unitario de la energía.

El costo unitario promedio de la energía en los años de vida útil o periodo de evaluación del sistema, se puede calcular como:

$$C = \frac{VPN}{8760 \cdot F_c \cdot V_L \cdot P_{inst}}, \text{ \$/kWh}$$

Donde:

F_c - Factor de carga del sistema, fracción.

P_{inst} - Potencia instalada. kW.

L - Vida útil o período de evaluación del sistema, años.

D - Tasa de descuento, fracción.

F - Tasa de inflación, fracción.

2.2.5.2 Análisis Diferencial de Inversiones.

Este tipo de análisis se basa en restar los flujos de caja anuales de un proyecto a otro que se quiera evaluar, de forma tal de poder estimar el ingreso del proyecto que se analiza por la diferencia de gastos entre ellos.

2.2.6 Métodos multicriteriales para la selección y/o evaluación de proyectos de inversión.

Estos métodos surgen por la necesidad de realizar análisis más integradores, donde se tome en cuenta la influencia de varios criterios. Los criterios pueden ser económicos o de otro tipo, tal es el caso, por ejemplo, de criterios ambientales y sociales.

2.2.6.1 Incorporación de los costos externos al proceso de selección.

Estos costos reflejan un conjunto de externalidades del proceso de producción de energía, que no se incluyen en los costos internos o directos, como los costos de los impactos negativos de las tecnologías sobre el medio ambiente. En este sentido, algunos autores han realizado cálculos y estimados de dichos costos, en función del tipo de fuente y tecnología energética. Si en los análisis tradicionales, se le suma a los costos internos los externos y se habla en términos de costos totales, se estarían

incorporando, de cierta forma, otros criterios en la selección de alternativas energéticas, específicamente criterios sociales y ambientales.

2.2.6.2 Decisión Multicriterio Discreta (DMD).

La esencia del método consiste en evaluar las alternativas para diferentes criterios de forma cualitativa o cuantitativa, y posteriormente procesar dichas evaluaciones con el objetivo de seleccionar la "mejor" variante, o establecer un orden de prioridad.

El núcleo de la DMD es la denominada matriz de decisión o de impactos, la cual recoge las evaluaciones realizadas a cada alternativa por el decisor, analista o grupo de expertos, con respecto a cada uno de los criterios propuestos, determinándose además los factores de peso de cada uno de los criterios.

En la figura siguiente se muestra la estructura de la matriz de decisión o de impactos.

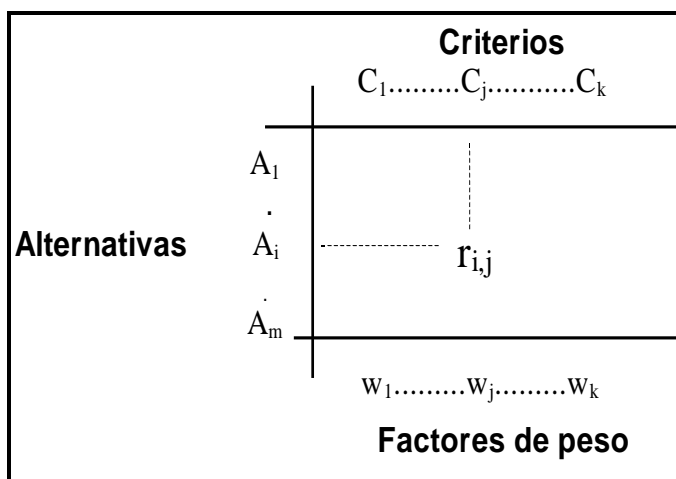


Figura 2.6 Matriz de decisión o de impactos

Donde:

$r_{i,j}$ - Evaluación de la alternativa i con respecto al criterio j .

A_i - Conjunto discreto de alternativas.

C_i - Conjunto discreto de criterios.

w_j - Factores de peso.

m - Número de alternativas.

k - Número de criterios.

Es necesario señalar que la DMD no es un proceso de optimización, pues los resultados pueden interpretarse de diferentes formas y dependen de algunos factores subjetivos, como es el caso de las evaluaciones realizadas por los expertos. Una cuestión práctica a enfrentar, es que las escalas de medida de las evaluaciones pueden ser diferentes (numérica, jerárquica cualitativa, probabilística, etc.). Lo anterior hace necesario realizar un proceso de normalización, que se puede efectuar de diferentes formas; por ejemplo, se puede dividir por el máximo o por la suma de las evaluaciones realizadas para cada criterio.

Seguidamente se proponen dos expresiones generales que permiten una normalización en el intervalo [0,1].

$$\text{Valor normalizado} = \frac{|X_{i,j} - X_{max}|}{X_{max} - X_{min}} \quad (\text{Criterios a minimizar})$$

$$\text{Valor normalizado} = \frac{X_{i,j} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (\text{Criterios a maximizar})$$

Donde :

$X_{i,j}$ - Evaluación de la alternativa i con el criterio j .

X_{max} - Máxima evaluación realizada de las alternativas para el criterio que se analiza.

X_{min} - Mínima evaluación realizada de las alternativas para el criterio que se analiza.

En el caso de que todas las evaluaciones coincidan para un determinado criterio, se toma 1 como valor normalizado para todas las alternativas.

La determinación de los factores de peso puede realizarse por diferentes vías, se puede efectuar por asignación directa o realizar un proceso de comparaciones binarias entre criterios, obteniéndose un vector resultante de los pesos.

En la actualidad existen muchos métodos de ordenación DMD, entre los cuales cuatro resaltan por su importancia:

- 1- Utilidad Multiatributo.
- 2- Ponderación Lineal.
- 3- Método Jerárquico de Saaty.
- 4- Relaciones de Superación.

La Ponderación Lineal es uno de los métodos más sencillos y de fácil aplicación, y que ha sido utilizado por otros autores para la selección de alternativas energéticas.

Ponderación Lineal.

Este método consiste en realizar una ponderación lineal de los criterios, es decir, multiplicar cada evaluación ($r_{i,j}$) por el factor de peso del criterio j (w_j) y dividir por la suma de los factores de peso. El procesamiento de cada alternativa i pudiera describirse por la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^k w_j \cdot r_{ij}}{\sum_{j=1}^k w_j}$$

La Ponderación Lineal tiene como desventajas que los resultados finales dependen mucho de las evaluaciones realizadas, normalizaciones, escalas y selección de los pesos. Por esto se recomienda el trabajo en grupo de expertos, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas.

2.2.6.2.1 Determinación de los factores de peso.

Existen muchas formas o vías para determinar las preferencias del decisor o grupo de expertos, con relación a los criterios que se toman en cuenta para la toma de decisiones.

En el caso de la Ponderación Lineal dichas preferencias están representadas por los factores de peso de los criterios, los cuales reflejan la importancia relativa de cada criterio para el decisor. Entre estos procedimientos pudiera mencionarse el método Delphi, que permite procesar las opiniones de los expertos en relación a los pesos, obtener una ordenación de los criterios y lograr una estimación promedio de los pesos.

Otro espectro amplio de procedimientos de estimación de pesos, incluye a aquellos que parten de efectuar comparaciones binarias entre criterios. En este conjunto se distingue el método de Saaty (“Analytic Hierarchy Process”), el cual consiste en conformar una matriz cuadrada $n \times n$ ($A=[a_{ij}]$), donde n es el número de criterios y a_{ij} las comparaciones entre los criterios, realizadas por el decisor o grupo de expertos, normalizadas en una escala de 1 a 9.

Las evaluaciones (a_{ij}) representan la importancia relativa del criterio i con respecto a j , cumpliéndose entonces que $a_{ij}=1/a_{ji}$. La matriz obtenida tiene la característica que su autovector dominante, es el vector de los pesos $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, y su autovalor dominante asociado es precisamente n , aunque puede existir alguna pequeña desviación debido a las inconsistencias en las evaluaciones. Saaty propone además una metodología para evaluar dichas inconsistencias.

Tabla 2.2: Escala de comparaciones binarias de Saaty.

| Grado | Definición | Explicación |
|---------|--|--|
| 1 | Igual importancia entre A y B | Ambos elementos contribuyen de igual manera al logro de objetivo. |
| 3 | Débil predominancia de A en relación con B | La experiencia y el juicio favorecen levemente un elemento en relación a otro. |
| 5 | Fuerte o determinante predominancia de A con respecto a B. | La experiencia y el juicio favorecen levemente más claramente un elemento en relación al otro. |
| 7 | Importante predominancia de A con respecto a B. | Un elemento domina ampliamente, y esta dominación puede ser evidenciada en la práctica. |
| 9 | Absoluta predominancia de A con respecto a B. | Puede demostrarse que la dominación de un elemento en relación al otro es absoluta. |
| 2,4,6,8 | Valores intermedios entre dos apreciaciones vecinas. | Son utilizados para afinar el juicio entre dos elementos. |

2.2.6.3 Decisión Multiobjetivo (DMO).

Este método, también conocido como optimización multiobjetivo, consiste en desarrollar un modelo con varias funciones objetivos a optimizar, donde cada una refleje un criterio a tener en cuenta en la selección. A modo de ejemplo, se pudieran plantear los siguientes objetivos para la selección de alternativas energéticas para una comunidad.

Objetivo 1: Minimizar los costos directos.

Objetivo 2: Minimizar el período de recuperación de la inversión.

Objetivo 3: Minimizar consumo de energía.

Objetivo 4: Maximizar el empleo.

Objetivo 5: Minimizar las emisiones al medio.

El modelo puede resolverse empleando diferentes métodos matemáticos, entre los cuales pueden mencionarse la Optimización de Pareto y la Programación por Metas. Este último es muy utilizado, aunque recientemente algunos autores le señalan ciertas debilidades y sugieren otras técnicas como el Simplex Multicriterio.

La Decisión Multiobjetivo tiene como desventaja que no resulta factible la incorporación de criterios que no se pueden expresar de forma matemática (cualitativos); sin embargo, constituye una herramienta muy fuerte y confiable en los análisis de selección, pues limita la manipulación de los resultados con factores subjetivos, además que brinda en muchos casos resultados numéricos útiles y de gran valor para el analista. Por otra parte, permite incorporar a la selección un conjunto de factores externos o restricciones que reflejan elementos tales como: disponibilidad de recursos, capital disponible, requerimientos específicos del sistema, entre otros.

Hasta aquí se han analizado algunos de los posibles métodos multicriteriales para la selección de proyectos de inversión. Seguidamente se trata un ejemplo donde se aplica uno de los métodos tratados en la segunda categoría (Decisión Multicriterio Discreta).

2.2.7 CARACTERIZACIÓN DE LA UDG.

La entidad cuenta con una estructura y composición de la fuerza laboral organizada de la siguiente forma:

2.2.7.1 La composición por categoría ocupacional de la Universidad es la siguiente.

La Universidad de Granma se encuentra ubicada en la localidad de Peralejo en la carretera a Manzanillo km. 17, Bayamo–Granma. La misma está formada por 10 edificios distribuidos en cinco de residencia estudiantil y cinco docentes, además presenta áreas de mantenimiento y reparación de los ómnibus del centro. En el centro se estudian las carreras de Contabilidad, Industrial, Economía, Agronomía, Forestal, Veterinaria y Ingeniería en Mecanización Agrícola. La matriculas del centro es de 2540, 1245 varones y 1245 hembras.

El claustro de profesores y personal de servicios y dirección del centro está compuesta como se le demuestra en la siguiente tabla 2.3.

Tabla2.3: Composición del personal de trabajo de la UDG

| OCUPACIÓN | CANTIDAD |
|----------------------------|----------|
| Dirigentes | 94 |
| Profesores | 345 |
| Personal de mantenimiento | 73 |
| Personal de cocina comedor | 63 |
| Personal de la | 23 |

| | |
|-----------|----|
| cafetería | |
| Técnicos | 84 |

La cantidad de estudiantes que han conformado la matrícula de la universidad en los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 es presentada en la siguiente tabla 2.4.

Tabla 2.4: Cantidad de estudiantes por cursos.

| tipo | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| diurno | 1504 | 1596 | 1686 | 1749 | 1684 | 1584 |
| CPT | 606 | 664 | 600 | 545 | 583 | 615 |
| internos | 1360 | 1280 | 1342 | 1352 | 1225 | 1143 |

Estructura de la Universidad de Granma

- Rectoría y las Vicerectorías
- Facultad de Medicina Veterinaria
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestal
- Facultad de Humanidades
- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
- Departamento de Economía.
- Departamento de Transporte



2.2.7.2 Misión de la Universidad

La principal misión de la Universidad es la formación del joven profesional y revolucionario. Además la formación de master y doctores, realización de postgrado de superación a profesionales.

CAPITULO III: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA UDG.

En la universidad se encuentran instalados los siguientes tipos de sistemas de climatización:

- Acondicionadores de aire.
- Consola.
- Esplit.

3.1.1 Modo de instalación de los sistemas de climatización de la UDG.

El modo de instalación de los sistemas de aires acondicionados de los laboratorios, oficinas, departamentos es deficiente de forma general ya que se encuentran ubicados a un metro de la superficie del suelo, por lo que el aire no fluye con facilidad en todo el local, debido a la existencia de barreras como las personas y las computadoras, por eso la instalación se debe hacer aproximadamente a los 2,25 m sobre la horizontal.

La forma de instalación de los Esplit y de las consolas es correcta ya que se encuentran ubicadas de acuerdo a las normas establecidas.

3.2. LA GESTIÓN DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA UDG.

3.2.1 Análisis de los principales indicadores para medir eficiencia energética en la UDG.

Haciendo un análisis previo de la situación energética en la UDG llegamos a la conclusión de que uno de los mayores gastos que efectúa la misma está relacionado con este renglón.

Es de gran importancia aclarar que la tarifa eléctrica por la cual se rige la Universidad de Granma es de medida energética tensión 2M-A en la cual aparece inscrito que esta tarifa no implica el horario madrugada 10pm-6am.

Para la realización de este trabajo fue necesario utilizar las herramientas de la tecnología de gestión total eficiente de la energía, desarrollada por el CEMA, Universidad de Cienfuegos. Además fue necesario también realizar la prueba de necesidad y lo que refiere al diagnostico de nivel 1.

Tabla 3.1: Comportamiento de los consumos eléctricos en la UDG

| Áreas | Consumo kW/h | % | Acumulado |
|---------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Resid. Alm. Carp. | 57,915 | 31,37691084 | 31,37691084 |
| Rectorado. | 53,25 | 28,84952952 | 60,22644036 |
| Bomba de agua | 17,73 | 9,605674337 | 69,8321147 |
| Comedor | 15,2955 | 8,286722607 | 78,11883731 |
| Doc 3 y Fac.Ing. Agro. | 12,8997 | 6,988737577 | 85,10757488 |
| Anfit 3 y 4-Doc 2 etapa 2 | 12,573 | 6,811739619 | 91,9193145 |
| Doc 1 etapa 1 | 5,5687 | 3,016983569 | 94,93629807 |
| Doc 2 etapa 1 | 4,86675 | 2,636684466 | 97,57298254 |
| Doc 1 etapa 2 | 4,47975 | 2,427017462 | 100 |
| TOTAL | 184,5784 | 100 | |

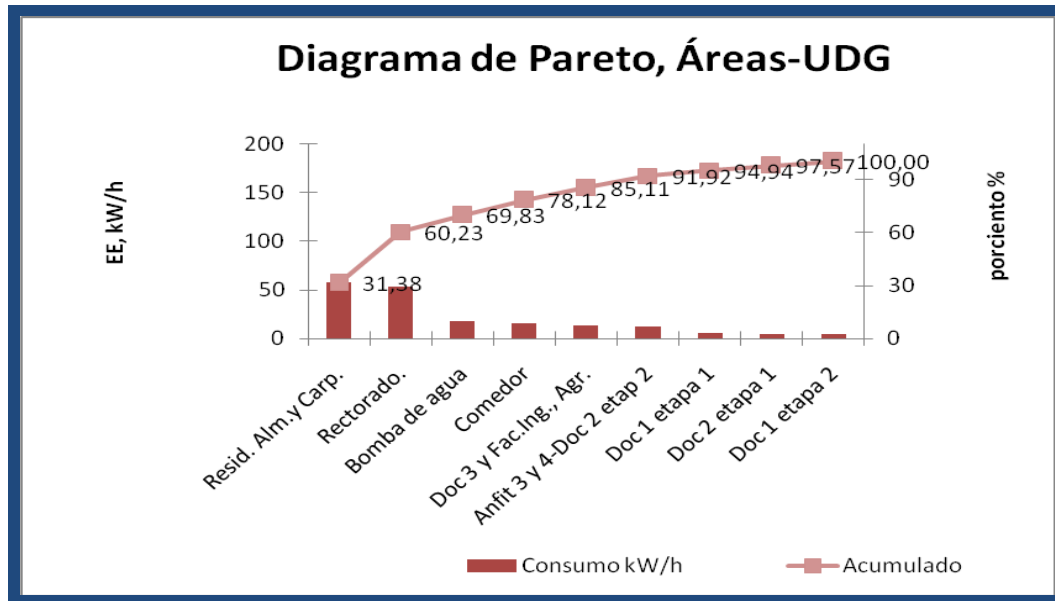


Grafico 3.1. Estratificación de las áreas de la UDG en cuanto al consumo de energía eléctrica. Aplicación del diagrama de Pareto.

Tabla 3.2 Consumos de potencia en horario día y pico en las diferentes áreas de la UDG.

| ÁREAS | POTENCIA DÍA | PROMEDIO DE POTENCIA PICO | POTENCIA TOTAL KW | CONSUMO KW/H |
|---------------------------|--------------|---------------------------|-------------------|--------------|
| Rectorado | 38,745 | 14,50575 | 522,963 | 53,25075 |
| Doc 2 etapa 1 | 3,78 | 1,08675 | 49,707 | 4,86675 |
| Anfit 3 y 4-Doc 2 etapa 2 | 9,801 | 2,772 | 128,7 | 12,573 |

| | | | | |
|-----------------------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Doc 1 etapa 1 | 2,9205 | 2,64825 | 45,639 | 5,56875 |
| Doc 1 etapa 2 | 2,277 | 2,20275 | 36,135 | 4,47975 |
| Doc 3 y Fac.Ing. Agro. | 10,791 | 2,1087 | 137,9268 | 12,8997 |
| Bomba de agua | 17,73 | 0 | 141,84 | 17,73 |
| Comedor | 9,999 | 5,2965 | 141,174 | 15,2955 |
| Resid. Alm. Carp. | 17,82 | 40,095 | 374,22 | 57,915 |

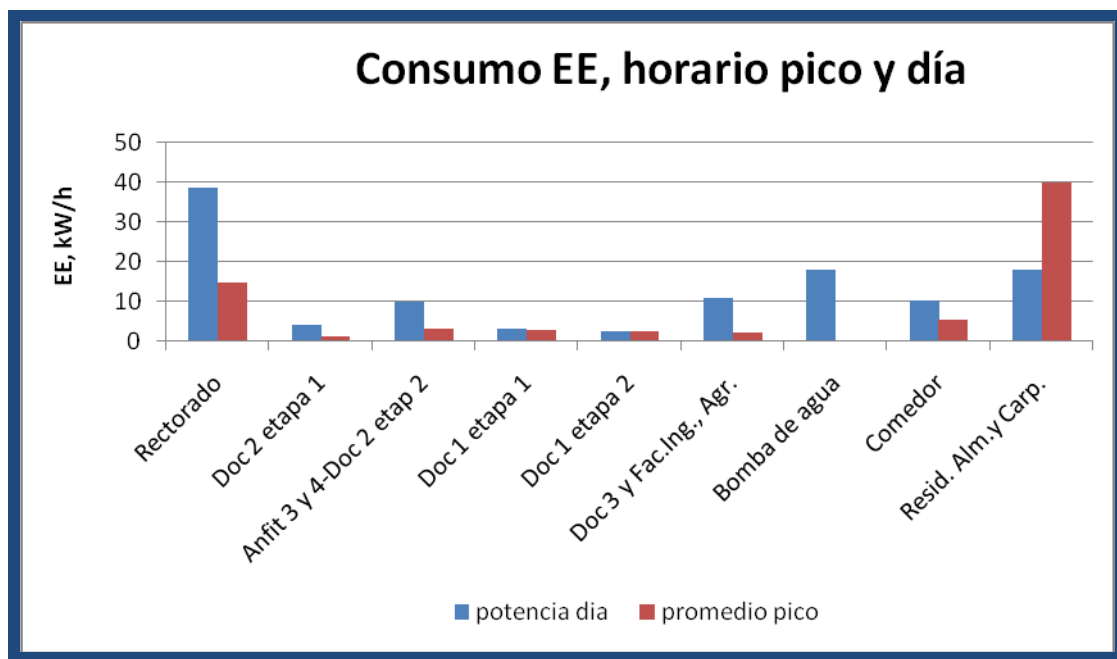


Grafico 2. Comportamiento de los consumos de energía eléctrica en horario día y pico en las diferentes áreas de la UDG.

Tabla 3.3: Comportamiento de los consumos de energía eléctrica en las edificaciones de la residencia estudiantil de la UDG.

| EDIFICACIÓN RESIDENCIA ESTUDIANTIL | CONSUMO PROMEDIO KW/DÍA | % | ACUMULADO |
|---|------------------------------------|-------------|------------------|
| C | 127,6 | 54,15959253 | 54,1595925 |
| D | 39,5 | 16,76570458 | 70,9252971 |
| B | 37,8 | 16,04414261 | 86,9694397 |
| A | 30,7 | 13,03056027 | 100 |

BLOQUE A



BLOQUE B





BLOQUE C



BLOQUE D



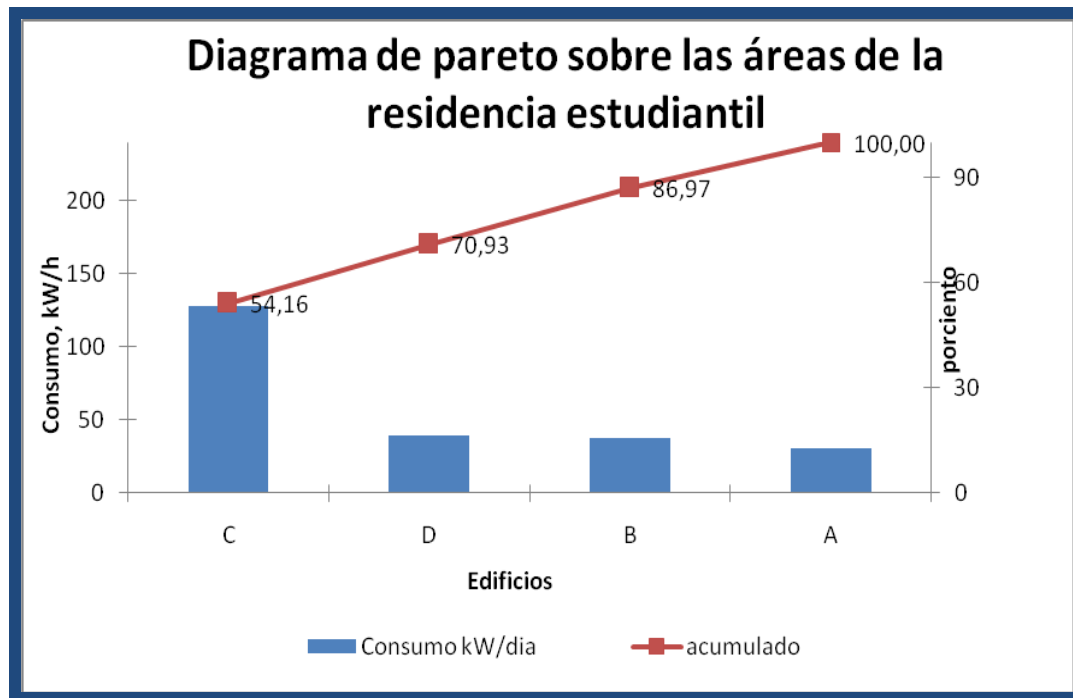


Grafico 3 Estratificación de las áreas de la residencia estudiantil de la UDG en cuanto al consumo de energía eléctrica.

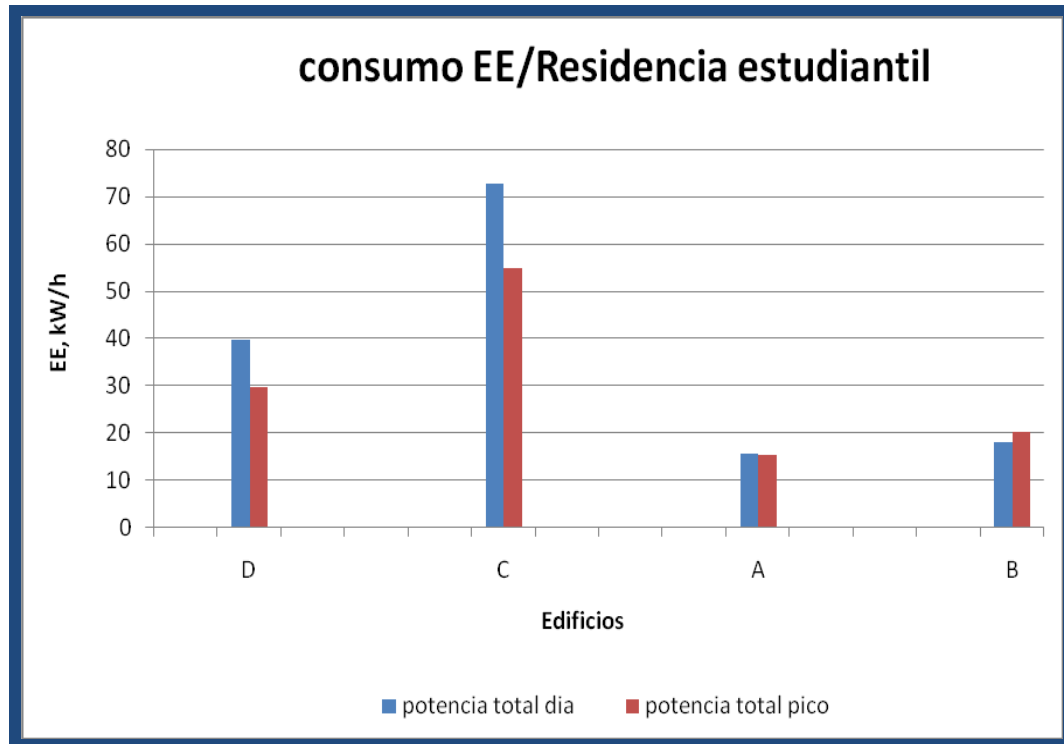


Grafico3. 4. Comportamiento de los consumos de potencia en horario día y pico de la residencia estudiantil.

Tabla 3.4: Comportamiento de los consumos de potencia de las diferentes luminarias (lámparas fluorescentes de 20 W, 40 W y otros) y equipos (aires acondicionados, ventiladores, bombas de agua, sistemas de refrigeración, computadoras, etc.)

| Área de trabajo | Consumo de Luminaria a instalar kW | Consumo de Luminaria Instalada kW | Equipos kW | Cons. Real kW/h |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------|
| Rectoría | 2,496 | 8,7 | 52,825 | 61,525 |
| Medicina Veterinaria | 6,6 | 3,28 | 36,535 | 39,815 |
| Cocina comedor cafetería | 4,198 | 2,938 | 25,547 | 28,485 |
| docente 3 | 4,86 | 2,3 | 23,85 | 26,15 |
| Hotelito | 1,42 | 0,9 | 16,42 | 17,32 |
| Sede Martí | 1,1 | 0,88 | 12,325 | 13,205 |
| Docente 2 | 17,16 | 2,82 | 9,035 | 11,855 |
| Facultad de Agro. e Ing. | 0,28 | 0,68 | 7,795 | 8,475 |
| deporte y cultura | 0,58 | 0,38 | 1,4 | 1,78 |
| Anfiteatros 3 y 4 | 0,76 | 0,36 | | 0,36 |

Propuesta de los siguientes índices para monitorear el portador energético (energía eléctrica) de los Diferentes CES de Cuba.

1. Índice de consumo Energía Eléctrica-Habitante día.
2. Índice de consumo Energía Eléctrica-Habitante noche.
3. Índice de consumo Energía Eléctrica-Estudiantes becados Extranjeros.
4. Índice de consumo Energía Eléctrica-Estudiantes becados Cubanos.
5. Índice de consumo Energía Eléctrica-20 % Áreas que consumen el 80 % de los portadores energéticos.

3.2.2 Definiciones elementales:

- **Habitante día (HD):** se entiende como el personal que hace vida en los CES de Cuba en el horario de trabajo normal de día por ejemplo: trabajadores docentes y no docentes, estudiantes externos (CPT), estudiantes internos y estudiantes semi-internos, estudiantes de curso de maestría y posgrado, etc.
- **Habitante noche (HN):** se entiende como el personal que hace vida en los CES de Cuba en el horario nocturno del día por ejemplo: custodios, estudiantes externos (CPT) que se internan en los días de encuentro docente, estudiantes internos becados (cubanos y extranjeros); estudiantes de curso de maestría y posgrado, que se internan en los días de encuentro docente, etc.

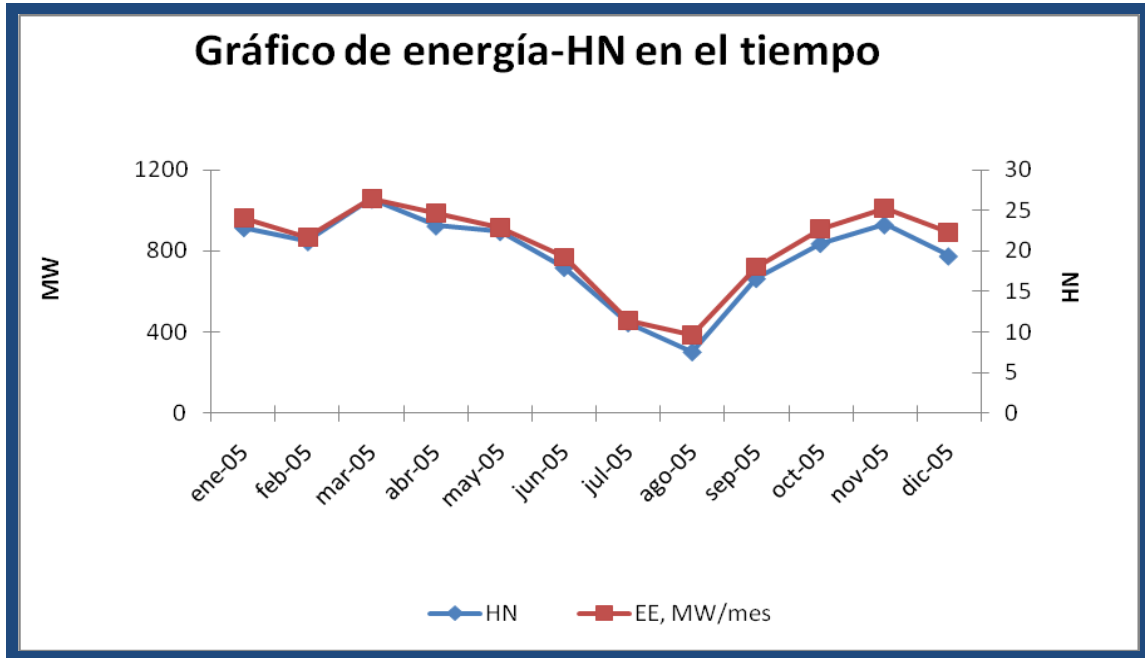


Gráfico 5. Comportamiento de la Energía eléctrica-HN vs Tiempo.

Tabla3. 5: Comportamiento de los consumos de potencia contra el número de Habitantes de la UDG.

| Meses | Habitantes Día. (hd) | Habitantes Noche. (hn) | Consumo activo día kw/h | Consumo activo pico kw/h | Consumo total kw/h |
|---------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Enero | 1147 | 915 | 18600 | 5400 | 24000 |
| Febrero | 1109,7857 | 845,2857 | 16800 | 4800 | 21600 |
| Marzo | 1399,193 | 1055,7096 | 21600 | 4800 | 26400 |
| Abril | 1246,6 | 923,3 | 19800 | 4800 | 24600 |
| Mayo | 1209,548 | 895,0967 | 19800 | 3000 | 22800 |

| | | | | | |
|------------|----------|----------|-------|------|-------|
| Junio | 1191 | 718 | 15600 | 3600 | 19200 |
| Julio | 766,258 | 444 | 9600 | 1800 | 11400 |
| Agosto | 300 | 300 | 7800 | 1800 | 9600 |
| Septiembre | 1016,466 | 663,1333 | 15000 | 3000 | 18000 |
| Octubre | 1105,806 | 836,4516 | 18500 | 4200 | 22700 |
| Noviembre | 1293,366 | 929,3333 | 20400 | 4800 | 25200 |
| Diciembre | 1131,838 | 774,4193 | 18000 | 4200 | 22200 |

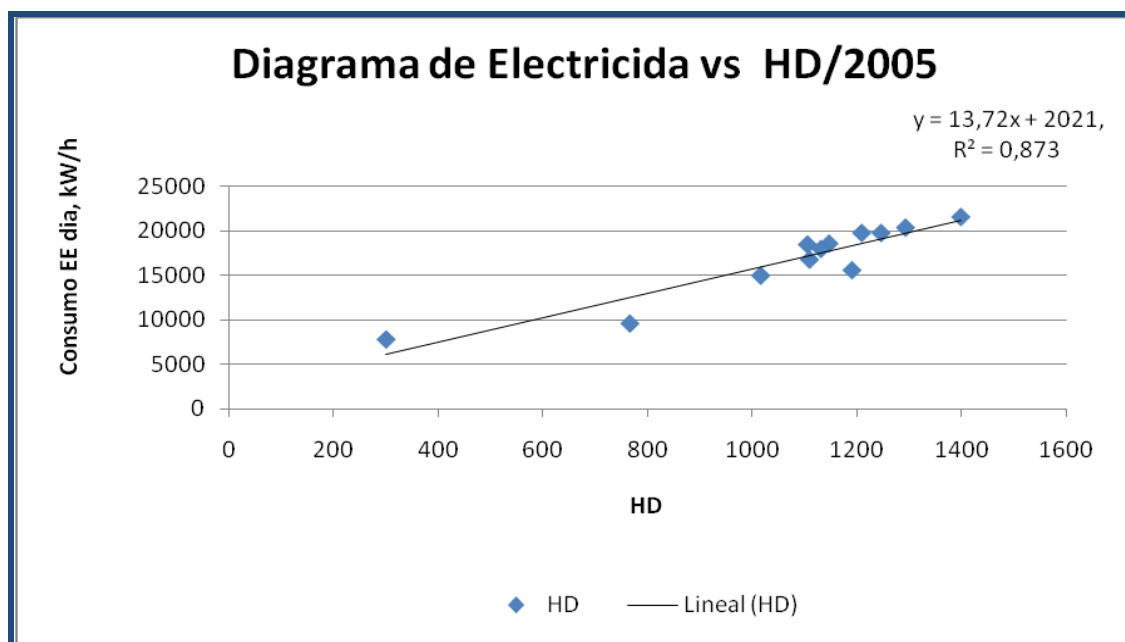


Gráfico 3.6. Correlación Habitantes día (HD)-Energía eléctrica (horario día).

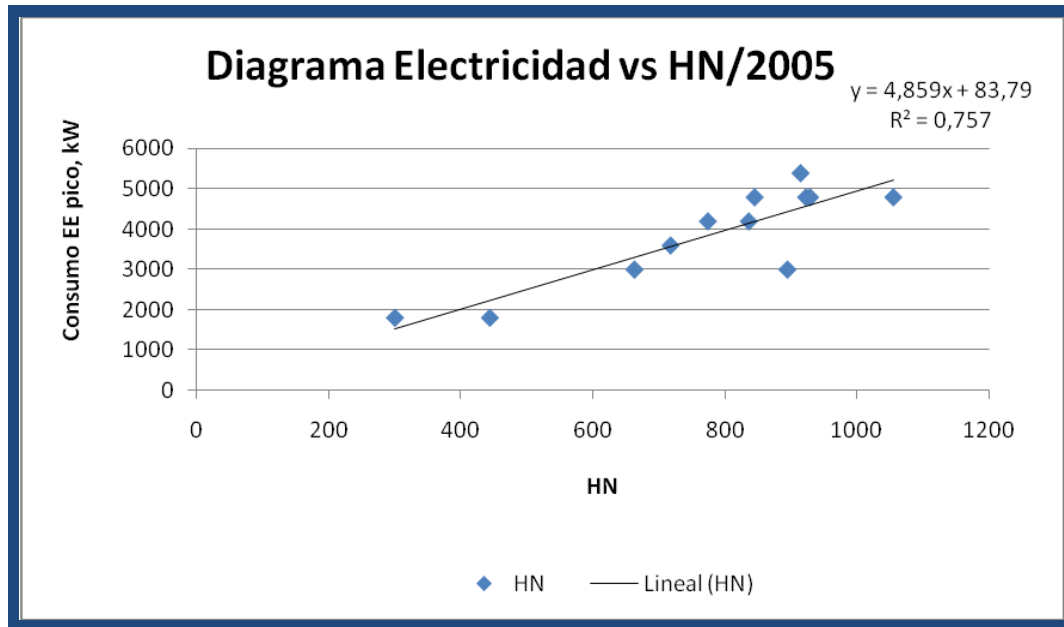


Grafico 3.7. Correlación Habitantes noche (HN)-Energía eléctrica (horario pico).

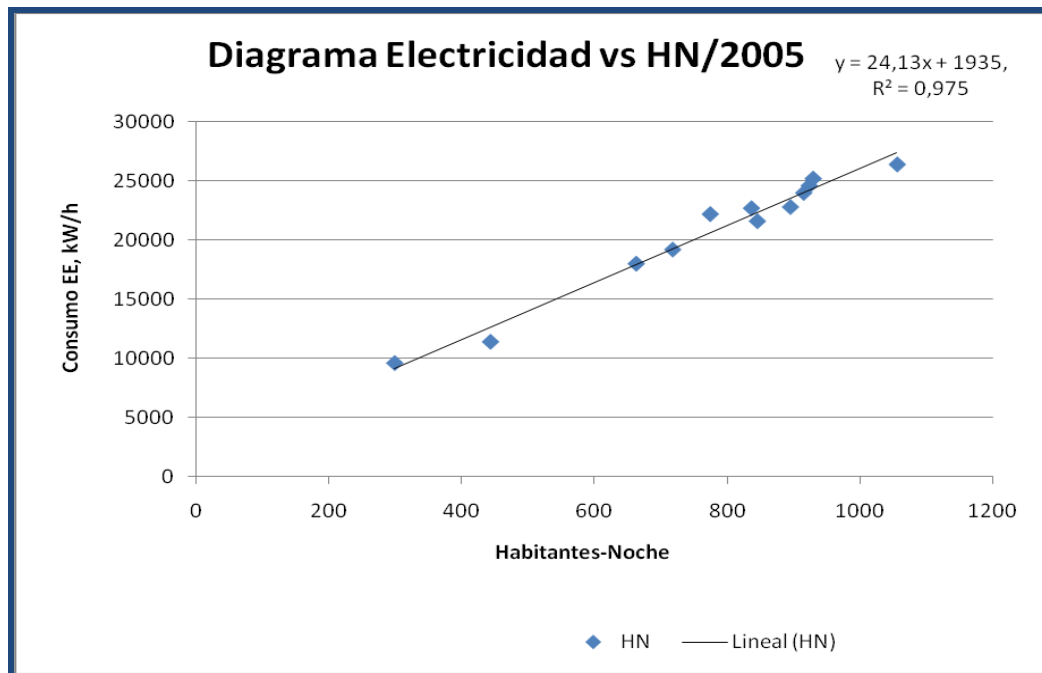


Grafico3. 8. Correlación Habitantes noche-Energía eléctrica total.

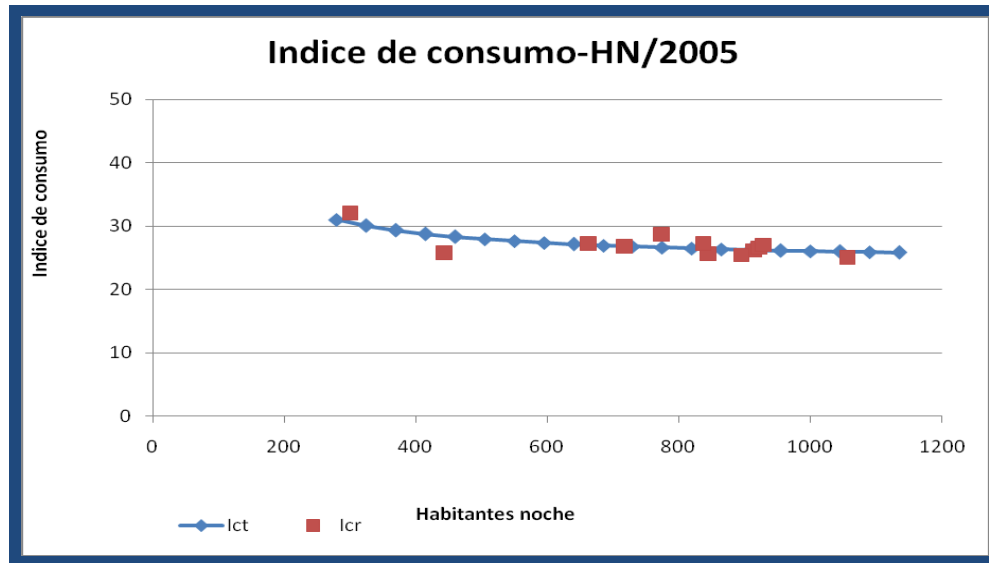


Gráfico3. 9. Comportamiento del Índice de consumo-Habitantes Noche.

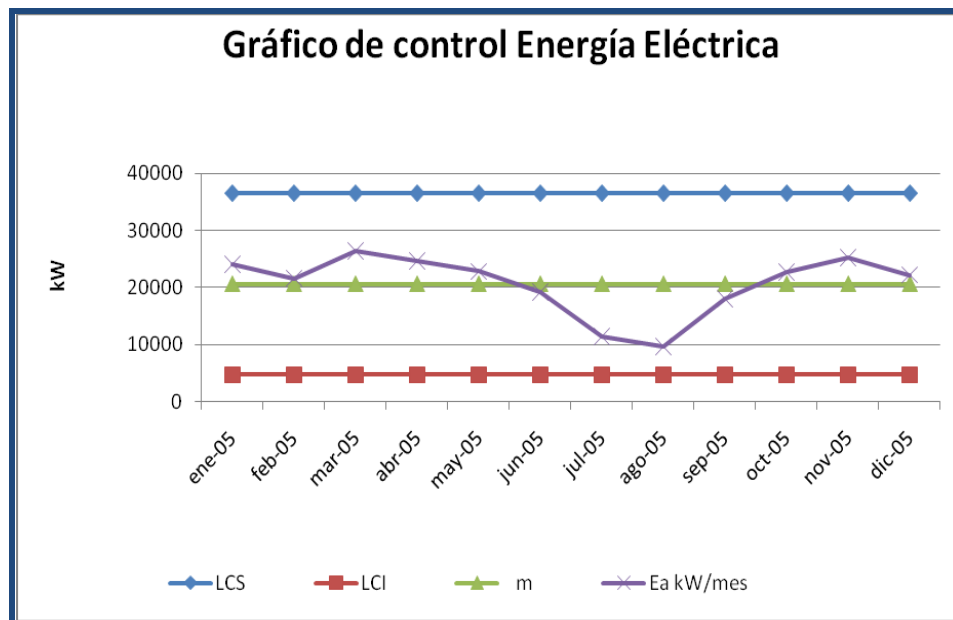


Gráfico 3.10. Comportamiento de la Energía Eléctrica dentro de los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI) en el tiempo.

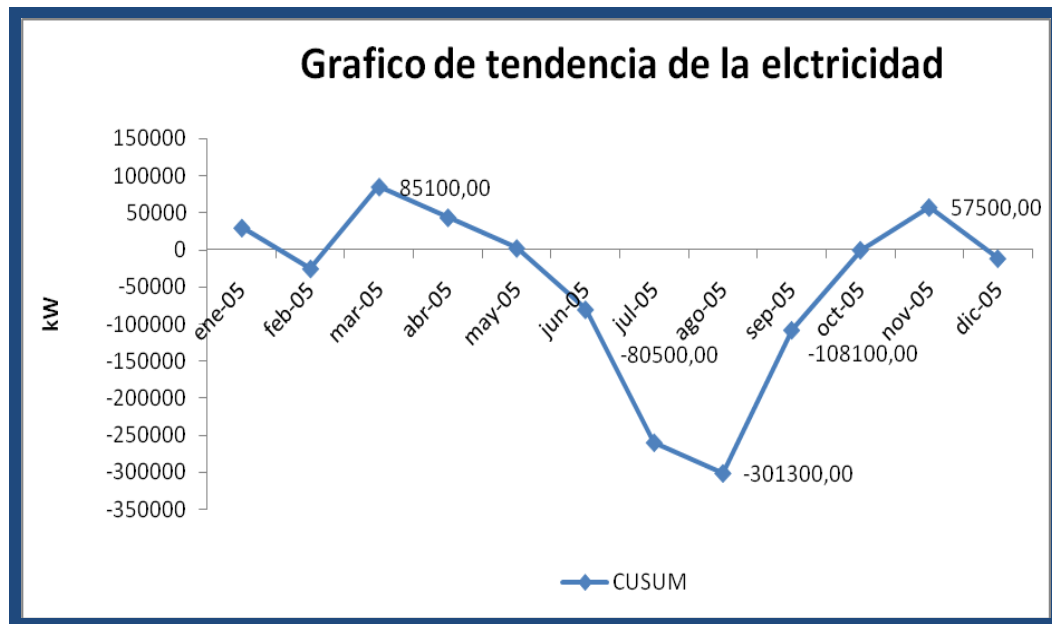


Gráfico 3.11. Comportamiento de las sumas acumulativas (CUSUM) de electricidad en el tiempo.

3.3 Estudio de factibilidad para la sustitución de la energía eléctrica en la residencia por energía renovable (Paneles fotovoltaicos)

El estudio se lleva a cabo teniendo en cuenta varios aspectos como son:

- Demanda máxima en la residencia
- Capacidad instalada
- Área disponible para la colocación de los paneles.



AREA DISPONIBLE DE LOS BLOQUES C, D



AREA DISPONIBLE DE LOS BLOQUES A, B





Hay que tener presente que la propuesta de sustituir el servicio eléctrico que se brinda por el sistema electro energético nacional no conlleva a que se brinde el mismo servicio, fundamentalmente porque en la residencia estudiantil existen equipos que demandan una gran potencia y con tan gran demanda el sistema fotovoltaico no podría mantener el servicio.

Es así que realizamos un cálculo inicial con la potencia instalada en la residencia estudiantil y luego realizamos otra variante que contempla iluminación en los cubículos y un televisor por cuarto.

En el primer caso no es factible la sustitución del servicio por el SEN lo cual se muestra en el anexo 1.

Para la segunda variante nos encontramos que la misma es factible, pudiéndose obtener un VAN positivo al año y medio, lo cual demuestra que la inversión inicial se recupera antes de los dos años, y si el sistema ofrece servicio durante 10 años, entonces a partir de la fecha de recuperación la propuesta solo emite saldos positivos.

En el anexo 2 se muestra los distintos indicadores analizados para la variante 2.

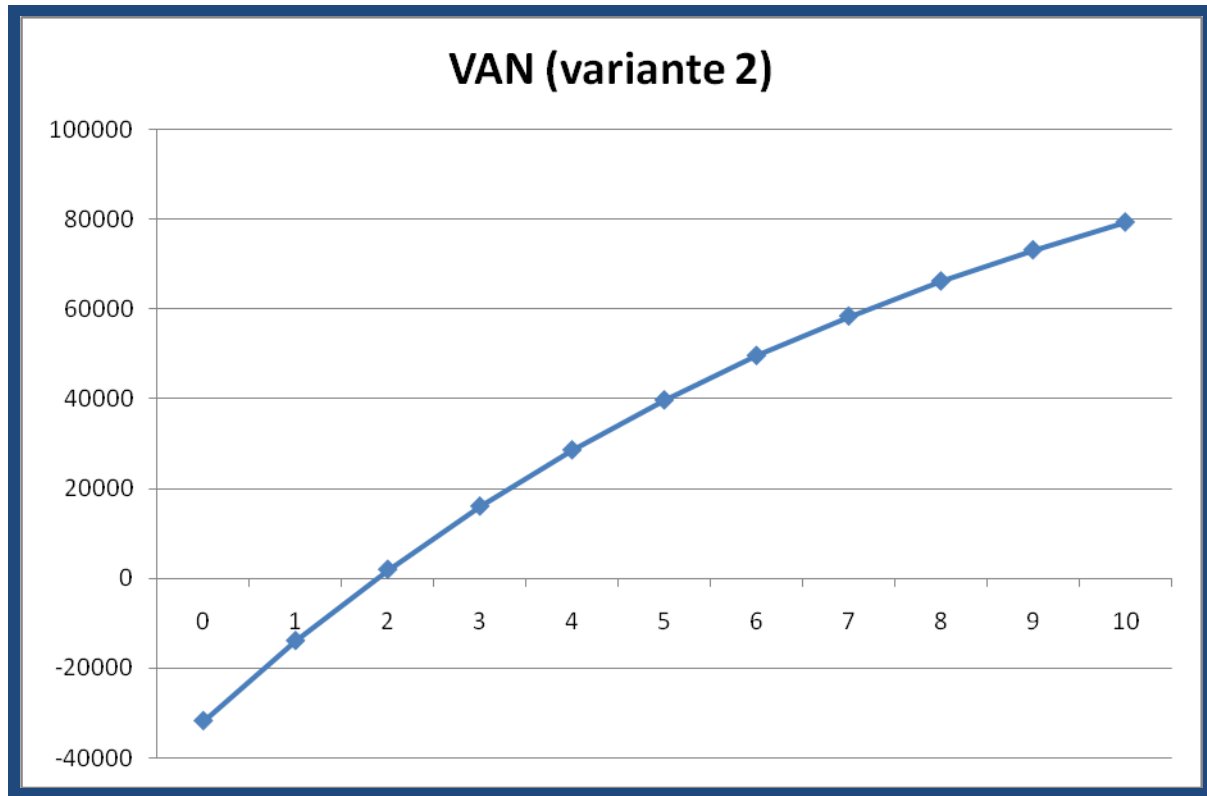


Grafico 3.12 VAN para la propuesta 2.

CONCLUSIONES:

1. La sustitución del servicio eléctrico a través del SEN en la residencia estudiantil de la Universidad de Granma por energía eléctrica fotovoltaica no es factible con la potencia instalada en la misma.
2. La sustitución es factible solo si la energía se destina a iluminación y a un televisor por habitación.
3. La inversión inicial para la variante 2 se recupera en un año y 6 meses.
4. El principal beneficio de los sistemas fotovoltaicos es su adaptabilidad. Pueden ser instalados en cualquier lugar y no se precisan de líneas de transmisión ni vías de acceso para provisión de recursos energéticos básicos.
5. La escasez de los combustibles fósiles conllevan a los países desarrollados a jugar un rol muy importante y preponderante en la regulación y fomento de las energías renovables a fin de que la apreciación de estas es a través de métodos complejos



RECOMENDACIONES:

1. Poner a disposición de las autoridades rectoras de la universidad la propuesta analizada.
2. Analizar desde otro punto de vista el estudio de factibilidad el que nos permita obtener nuevos resultados y por ende nuevas conclusiones.
3. Es necesario fortalecer los parámetros de diseño y construcción de paneles fotovoltaicos con el fin de promulgar una energía limpia capaz de mejorar el sistema eléctrico.
4. Promover la intensificación y la disponibilidad de información acerca de los sistemas eléctricos de generación fotovoltaica en los centros de formación técnica y los departamentos gubernamentales.
5. Formular nuevos métodos que inclinen a promover el uso de energías renovables con la finalidad de mentalizar los efectos ambientales.

BIBLIOGRAFIA:

1. Aspectos básicos del factor de potencia orientados al ahorro de energía Eléctrica. FIDE. México, 1992.
2. Bale, A, M. Como se elabora el proyecto de investigación. Editorial BL a Consultores Asociados. Quinta edición. Caracas.2001 (15-10-2005).
3. Bastida, Eduardo; Texto Básico Investigación I. Ediciones Universidad de Cienfuegos. Cuba 2003.
4. Blanco, J. (2001, Noviembre 22). Hurí tiene sed. El nacional. C,E,N(1981). Capitulo dos. Sección 220-22. Carga del neutro alimentador. Codelecta p-57.
5. Borroto N., Anibal. Gestión energética empresarial. 2001
6. Borroto Nordelo, A. Ahorro de energía en sistemas termomecánicos. Cienfuegos, 2002; 158 Pág.
7. Cambio climático y energía. 5pag, 2001. [en línea]. Accesible a www.uplgc.es/otros/asoc/
8. Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial.—Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos, 2001.—12 -18 p.
9. Control de la demanda. Módulos Tecnológicos. CONAE. 2001. [en línea]. Accesible a <http://www.conae.gob.mx/programas/control/controldemanda.html>.
10. Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas. Campos JC; Gomez Dorta R; Santos Leonardo.1995.Universidad de

Cienfuegos. Cuba.

11. Elect. Revista Internacional. Año 8, (68), Artículo sobre calidad de la energía.
12. Elect. Revista Internacional. Año 8, (88), Artículo sobre el mejoramiento del factor de potencia.
13. Eléctrica. energía de Cons.(2005).Consumo Disponible
14. Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. [en línea]. Accesible a www.encarta.msn.es.
15. Energía y tú. Revista científico-popular trimestral de CUBASOLAR. No.30 (abril-junio, 2005).SIN 1028-9925.
16. Energy saving in buildings. [En línea]. Accesible a <http://me.hku.hk/msc-courses/MEBS6016/GIL050.pdf>.
17. Energy Saving System for Water Pumps. [en línea]. Accesible a <http://www.yokogawa.com/rd/pdf/TR/rd-tr-r00036-002.pdf>.
18. Enfrentar los excesos con renovada energía: Buscar soluciones. 9 Pág., 2002. [en línea]. Accesible a www.consumerinternational.org/
19. Figueroa Noriega, Luis Orlando. Experiencias en proyectos de ahorro de energía eléctrica en el área de comercios y servicios: FIDE. Junio. 1995. Pág. 27-35.
20. Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2000, ONE
21. Fuente: UNE 2000 fuente: <http://www.olade.org.ec/>
22. Fuentes: REPSOL YPF. 67th EAGE Conference & Exhibition, Madrid, 13-16/VI/2005.3



23. G. Enrique. Haper. Fundamento del sistema eléctrico 1ra Edición, Limusa, México 1985.
24. García Díaz, Rafael. Diccionario técnico Ingles – Español / Rafael García Díaz. – La Habana: Editorial Ediciones revolucionaria, 1987.-
- 540p
25. Hdez,S,R. Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Hill. México. 1991.
26. IEEE, Guide. Test procedure for synchronous machines. IEEE std 115-1983.
27. IEEE, Recommended practice for energy conservation and cost effective planning in industrial facilities. IEEE std 739-1984.
28. J.R.Ortiz. Proyecto de ahorro de energía en el edificio sede Peguiven. Caracas. Dtto Federal.
29. Kruska, Martín. Monitoreo y control de energéticos.. 11 pág. [en línea]. Accesible a www.men.go.pe/pae/ref/.
30. La “producción equivalente”. un método para elevar la efectividad de los índices energéticos, Dr. José P. Monteagudo Yanes; Dr. Aníbal Borroto Nordelo. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente.Universidad de Cienfuegos. Cuba
31. Lehman, Harry, Valdivia Sonia. Economía energética internacional. 1999. (en línea). Accesible a www.eia.doe.gov/emeu/iea/overwiw.html
32. Londoño Julio C. Control para una planta de generación de agua helada /Revista AC/R Latinoamérica, Volumen 7: Mayo 2004. 14 – 22 p.



33. Manual de auditorías energéticas. [en línea]. Accesible a <http://www.camaramadrid.es>.
34. Material de estudio marzo-abril de 2006, La Revolución Energética en Cuba.
35. Mara, C.J.(2002, Febrero 26). Ahorro eléctrico en tiempo de crisis. Ultimas Noticias, p-18.p60-66.
36. Opportunities for Energy Savings in the Residential and Commercial Sectors with High-Efficiency Electric Motors. [en línea]. Accesible a http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/pdfs/doemotor2_2_00.pdf
37. Peni,O. Canalizaciones eléctricas residenciales. Raúl Clementes Editores. Cuarta edición. Valencia-Venezuela 1993.
38. Pequi-Oriente. Especificaciones técnicas para las mediciones de energía eléctrica. septiembre20.
39. Resultados del Programa de Ahorro de Energía en Cuba (PAEC) (Período 1998 – 2000) La máxima demanda del 2000 fue 220 MW INFERIOR a la pronosticada.
40. Sistema Internacional de Unidades.—Cienfuegos: Departamento ICT. Universidad de Cienfuegos, 1988, 137p.
41. Situación energética mundial. <http://www.olade.org.ec/>
42. Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica". CFE. Gerencia Comercial.2001. [en línea]. Accesible a <http://www.cfe.gob.mx/gercom/control/tarif100.html>.
43. Westing. Manual del alumbrado. 3ra Edición .Dossatsa, México 1984.
44. www.eage.nl/conferences/index2.phtml?confid=17



45. [www.escala.Com.br/invesgadores/mer.energ/Consulta:2005,Coveni,iluminaciones en áreas de trabajo.](http://www.escala.Com.br/invesgadores/mer.energ/Consulta:2005,Coveni,iluminaciones%20en%20áreas%20de%20trabajo)
46. www.mre.gov.ve/noticias/A2005/4ta-Suramericana/noticias.htm
47. www.mundoenergia.com/
48. [www.mundoenergia.com/Gestion .pdf.](http://www.mundoenergia.com/Gestion.pdf)
49. [www.mundoenergia.com/Gestión y ahorro.htm.](http://www.mundoenergia.com/Gestión%20y%20ahorro.htm)
50. [www.mundoenergia.com/Medio ambiente.htm.](http://www.mundoenergia.com/Medio%20ambiente.htm)
51. [www.mundoenergia.com/Produccion mundial de energía .htm](http://www.mundoenergia.com/Produccion%20mundial%20de%20energía.htm)
52. [www.olade.org.ec/.Consumo de energía y agua en el mundo.](http://www.olade.org.ec/.Consumo%20de%20energía%20y%20agua%20en%20el%20mundo)
53. www.wdrc.cubaresearch.info
54. www.wds.wdrc.info
55. [www.wupperinst.org /Cuanto duraran nuestros recursos fósiles.](http://www.wupperinst.org/Cuanto%20duraran%20nuestros%20recursos%20fósiles)