

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Tesis Monográfica para optar al Título de Ingeniero Eléctrico

Título

“Propuesta para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica como fuente primaria de un sistema de climatización basado en equipos ahorrativos de Tecnología Inverter en los auditorios Carlos Martínez Rivas, Fernando Gordillo y Roberto Gonzáles de la UNAN Managua”

Autores

Br. José Aquiles Bravo López	2008-23150
Br. Alfonso Alejandro Cano Narváez	2008-23216

Tutor

Dr. Napoleón Blanco

Abril de 2017

DEDICATORIA

Agradecemos primeramente a Dios por habernos permitido culminar esta etapa de nuestras vidas.

En segundo lugar a nuestras familias, esposas, hijos, padres, hermanos y sobrinos por tener ese apoyo incondicional brindado en todos los proyectos que decidimos iniciar.

Por último a nuestros docentes y tutor de esta tesis que compartieron sus conocimientos durante todo el periodo que estuvimos en la Universidad.

RESUMEN

En el presente trabajo monográfico se desarrolló un estudio para determinar como la energía solar se puede implementar para alimentar un sistema de climatización en un local determinado, tomando en cuenta todos los aspectos tanto técnicos como económicos para su realización.

Para elaborar el estudio técnico, se ha realizado un estudio energético que incluye las características nominales de cada equipo, así como la carga térmica del local con el método de coeficiente global de transferencia de calor para los materiales que componen las paredes y techos.

Cada auditorio se analizó de forma similar por lo que las mejoras para reducir la carga térmica y el consumo de energía igualmente se aplica a los tres locales.

Cabe destacar que la propuesta para reducir la factura de energía consiste, en el uso de aires acondicionados eficientes con tecnología inverter, los cuales brindan mejoras prestaciones de funcionamiento en comparación al sistema convencional además que usan refrigerantes ecológicos como es el caso del R-410a.

Otro punto evaluado es el uso de la energía solar para suplir los equipos de climatización, a través de paneles fotovoltaico con una potencia entregada de 270 W nominales por cada uno, y que se proyecta instalar a nivel de techo de dichos auditorios.

INDICE

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivos Generales	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Marco Teórico.....	4
4. Capítulo I: Diagnostico del Sistema Eléctrico para climatización en auditorios 12,27 y 52 de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua	31
4.1. Objetivos.....	31
4.2. Introducción	31
4.3. Sistema Eléctrico	32
4.4. Potencia Nominal de Aires Acondicionados	35
4.5. Consumo de energía eléctrica estimado	38
4.6. Calculo de carga térmica	39
4.7. Conclusión	45
5. Capitulo II: Evaluación de propuestas para reducir consumo de energía utilizada por climatización en Auditorios 12, 27 y 52	47
5.1. Objetivos	47
5.2. Introducción	47
5.3. Medidas de ahorro energético previas para incluir los equipos de climatización inverter en los auditorios 12, 27 y 52.....	48
5.4. Subtareas a realizar	49
5.4.1. Rediseño sistema de iluminación	49
5.4.2. Sellado de puertas y ventanas.....	50
5.4.3. Aislamiento térmico de paredes	51
5.5. Especificaciones	51

5.6. Conclusión	53
5.7. Evaluación comparativa de tecnologías actuales y propuestas a utilizar	54
6. Capítulo III: Evaluación técnica de la tecnología inverter en comparación con la tecnología convencional para la refrigeración de locales	63
6.1. Introducción	63
6.2. Características de los aires acondicionados.....	64
6.2.1. Prestaciones del sistema.....	64
6.2.2. Requisitos de potencia acústica máxima para el aire acondicionado .	64
6.2.3. Potencia térmica del equipo	65
6.2.4. Consumo energético	65
6.3. Aires acondicionados de eficiencia estándar vs alta eficiencia inverter	66
6.4. Relación de SEER con EER y COP general para ambas tecnologías	67
6.5. Descripción de funcionamiento de un Motor Inverter de Aire Acondicionado.....	70
6.6. Conclusión	71
7. Capítulo IV: Implementación de sistema fotovoltaico como fuente de energía eléctrica para emplearse en sistemas de climatización	72
7.1. Introducción	72
7.2. Pasos para el diseño fotovoltaico	73
7.2.1. Calculo de consumos estimados	73
7.2.2. Radiación solar disponible	76
7.2.3. Calculo de placas o paneles solares necesarios	78
7.2.4. Selección del convertidor	80
7.3. Conclusión	81
8. Capítulo V: Análisis financiero de las propuestas	83
8.1. Objetivos.....	83
8.2. Introducción	83
8.3. Elaboración del presupuesto estimado	84

8.4. Escenarios de inversión y ejecución de proyectos	88
8.5. Conclusión	108
9. Conclusiones y recomendaciones finales	109
10. Bibliografía	111

ANEXOS

1. Introducción

El presente trabajo tuvo como finalidad encontrar un estudio completo para la implementación de sistemas de energía renovables a pequeña o mediana escala en sistemas de climatización, para lo cual se hizo un estudio técnico y se evaluó cuáles son las ventajas de implementar las propuestas mencionadas a lo largo de este trabajo monográfico para disminuir el consumo energético en la UNAN Managua.

Para cumplir el objetivo antes expuesto fue necesario encontrar y detallar todos los aspectos relevantes de los consumos de energía, así como también evaluar si técnicamente era posible implementar dichas mejoras, tomando en cuenta la infraestructura de cada local, el sistema eléctrico, estado de las instalaciones y posibilidad de mejoras, etc. Se debe mencionar que no toda implementación se realiza directamente, sino que se evalúa si es necesario hacer modificaciones en las infraestructuras actuales y así facilitar el ingreso de este proyecto.

Otro aspecto importante para este proyecto es la posibilidad económica de llevar a cabo estas mejoras, por lo que es necesario evaluar todos los aspectos financieros como los costos de operación, elaboración de presupuestos, inversión inicial del proyecto, etc. según ciertos indicadores que se detallaran en el estudio financiero; para encontrar si la recuperación del capital invertido será a mediano o largo plazo y establecer una proyección de recuperación de la inversión a través del tiempo pronosticado.

Rentabilidad de la energía fotovoltaica

Los proyectos renovables de energía, siempre han estado enfocados en crear grandes centrales para proveer más energía limpia, independiente del

petróleo, tal es el caso de los campos eólicos en Rivas, la geotermia en León, la fotovoltaica en Diriamba, la hidroeléctrica en Jinotega etc.

El potencial de energía proveniente del sol en Nicaragua es considerable, gracias a que en cualquier lugar es fácil aprovecharla, por lo que es conveniente ocupar más esta fuente renovable. Una gran parte de la humanidad en los países en desarrollo, no tiene acceso a la electricidad por falta de una infraestructura eléctrica básica. En estos países la energía solar fotovoltaica resulta ser la fuente más rentable para obtener electricidad, en otros lugares viene siendo la única. En los países desarrollados que cuentan con una amplia infraestructura eléctrica, la situación es diferente. (InnvacionFce, 2011)

En términos económicos, los sistemas fotovoltaicos solo resultan rentables en lugares alejados de la red convencional, no obstante, la rentabilidad de estos sistemas también podría verse favorecida en caso de considerarse el aporte ambiental que representan, comparado con las fuentes convencionales para producción de electricidad. (InnvacionFce, 2011)

2. Objetivos

2.1. Objetivos Generales

- ❖ Realizar un análisis técnico y económico de la conveniencia de la utilización de energía solar para sistemas de climatización de bajo consumo con tecnología inverter, en los auditorios Roberto Gonzales, Fernando Gordillo y Carlos Martínez Rivas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua de la UNAN Managua.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Analizar las ventajas técnicas del uso de la tecnología inverter con sistema fotovoltaico como fuente de energía eléctrica, para emplearse en sistemas de climatización en los Auditorios Roberto Gonzales, Fernando Gordillo y Carlos Martínez Rivas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua
- ❖ Analizar económicamente el uso de energía fotovoltaica en un sistema de climatización con tecnología Inverter con la aplicación específica en los locales de la UNAN, a través de la evaluación de presupuesto, fuente de inversión, recuperación de capital a largo plazo, etc.

3. Marco Teórico

La eficiencia energética está directamente relacionada con la utilización racional de la energía, es la relación entre la cantidad de energía consumida, los productos y servicios finales obtenidos.

La evolución del consumo de energía tiene una estrecha relación con los cambios ocurridos en la actividad económica con la estructura económica como indicadores referentes a condiciones propicias para la implementación de estándares de eficiencia energética (CEPAL, 2015)

Se puede optimizar implantando una serie de medidas e inversiones. Son muy importantes dos cosas:

Por una parte aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, de las fuentes alternativas (Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles).

Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible, es decir, aprender a usar eficientemente la energía.

Una medida a tener en cuenta como técnica de ahorro en energía, puede ser el de invertir en mejorar el aislamiento de los locales con aire acondicionado, que a la larga puede significar un gran ahorro económico o bien el uso de equipos de bajo consumo energético con nuevas tecnologías que influyan de forma muy importante en el ahorro de energía.

Es imprescindible y urgente reducir el consumo de energías ambientalmente perjudiciales y sustituirlas por fuentes de energía limpia y renovable, además de mejorar radicalmente la eficiencia de nuestro consumo energético, se propone impulsar este cambio, promoviendo una de las muchas tecnologías renovables disponibles: la energía solar fotovoltaica, que es la de mayor potencial de utilización en forma dispersa y diversificada (por su carácter modular, puede aprovecharse en el campo y en la ciudad, en lugares poblados y

despoblados, en pequeños y grandes emplazamientos), pero, lamentablemente, es hoy en día la más marginada de las fuentes de energía (Greenpeace, 2003)

Reducir el consumo de energía, a través del ahorro y la eficiencia, es tan necesario como sustituir las fuentes de energía no amigables con el ambiente por limpias y renovables. Independientemente de que la energía solar fotovoltaica nos permita convertirnos en generadores de electricidad limpia, siempre debemos buscar una reducción del impacto de nuestro consumo energético sobre el medio ambiente local y global haciendo un uso más eficiente de la energía. (Greenpeace, 2003)

i. Análisis Técnico

Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se necesita. (Posas, 2007)

ii. Objetivos del Estudio Técnico

- **Demostrar técnicamente que el proyecto es factible**

Para llevar a cabo este objetivo, es necesario realizar una serie de tareas iniciales, el cual tiene como objetivo principal demostrar que los sistemas inverter son más eficientes. En esta parte también es muy importante poner atención a aquellas áreas en las que haya capacidad de innovación tecnológica para el mejoramiento y optimización. (*Ministerio de Minas y Energía, 2008*)

Luego de haber realizado el diagnóstico, se procede a elaborar un proceso guiado que se encargará de establecer los objetivos, tareas, procedimientos y metas a alcanzar en un periodo de tiempo.

Concluido esto, se procede a realizar una estructura técnica, la cual contempla la elaboración y análisis de censos de cargas.

iii. Tecnología Inverter

Considerada una buena propuesta para contribuir al ahorro energético y el cuidado del medioambiente, la tecnología inverter cuenta con características ampliamente recomendables a consecuencia de los beneficios que ofrece.

La tecnología o sistema Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico. En lugar de arrancar y parar frecuentemente, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala. Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor.

Un sistema de climatización tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura (24°C), lo hará repitiendo continuamente ciclos de encendido/apagado, mientras que uno con Inverter llevará más rápidamente la habitación a la citada temperatura sin necesitar después esos ciclos.

En el gráfico siguiente (**tiempo de trabajo vs. temperatura**) se explica de forma concisa:

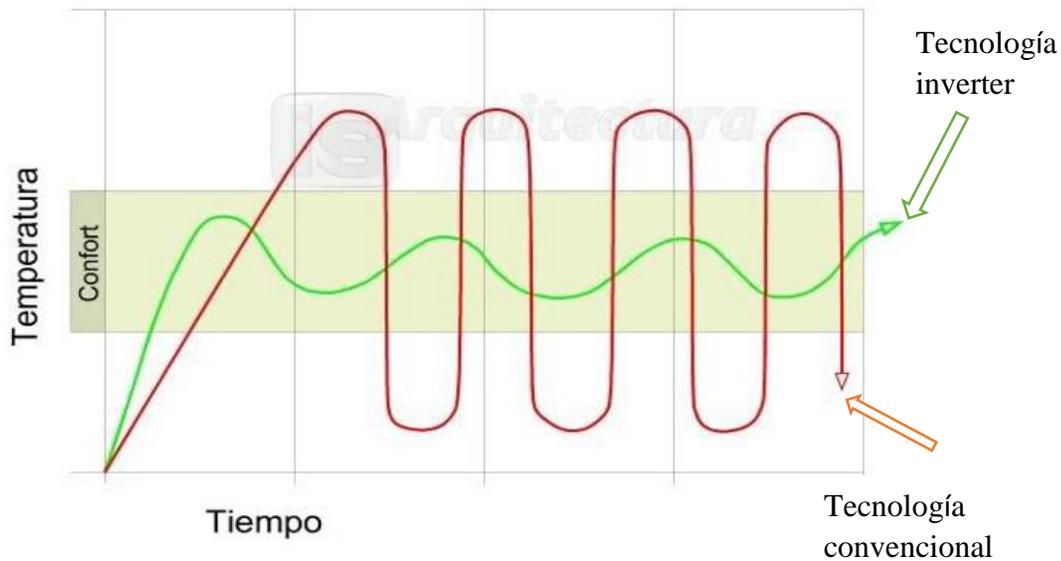


Fig. 1a Comparación Aire acondicionado inverter vs Convencional

La **línea roja** representa la temperatura en una habitación empleando un sistema **convencional**, y la **línea verde** la de uno con **Inverter**.

El **cuadrante amarillo** representa el área de confort térmico, es decir entre $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, los aires acondicionados convencionales (**línea roja**) mantienen la temperatura interna por encima o por debajo de esa temperatura dando al ocupante la sensación de frío excesivo y las maquinas tienden a trabajar mayor tiempo para alcanzar la zona de confort con sus continuos arranque y apagados, que se traduce en deterioro de la máquina. Algo que no ocurre con los sistemas inverter (**línea verde**) mantienen esta zona de manera precisa ya que no tienden a estar enciende y apaga el equipo, sino solo disminuye las revoluciones de acuerdo a la demanda por lo que una vez ubicado en esta temperatura se mantiene constante, sin apagar totalmente el compresor del equipo.

Actualmente Nicaragua está ampliando el mercado de aires acondicionados inverter, cada vez son más las casas comerciales que ofertan equipos con esta tecnología, que vendrá a sustituir el antiguo uso de la tecnología convencional.

Un inconveniente muy importante de estos sistemas es que su coste económico es mayor en comparación con otros equipos, pero el ahorro de energía a largo plazo es significativo ya que se traduce en dinero no pagado, por lo que también se traduce en dinero dentro del bolsillo del propietario.

Para elegir un aire acondicionado es preciso detallar algunos aspectos o características.

- ❖ **Potencia del equipo:** Esto nos permite saber cuál es la capacidad o potencia frigorífica necesaria para climatizar adecuadamente nuestro local.
- ❖ **Consumo energético:** A la hora de elegir un aire acondicionado, es importante tener en cuenta el consumo energético, lo que se traducirá en la factura energética a final de mes
- ❖ **Prestaciones del sistema:** los equipos de aire acondicionado cada vez se presentan con más prestaciones complementarias a la única función "sólo aire", como es el caso de los filtros purificadores de aire o los nuevos sistemas ionizadores, con filtros que depuran el aire de bacterias y polvo, ideal para los casos de alergias. Otro aspecto recomendable a revisar es el nivel de potencia sonora del aparato, que viene reflejado en un apartado de la etiqueta energética.

iv. **Carga Térmica de los Auditorios**

La determinación de las cargas de refrigeración permite conocer la cantidad de calor que el sistema gana, y cuyo fin es el de diseñar y/o seleccionar el equipo de aire acondicionado, para producir y mantener las condiciones de humedad y de temperatura, preestablecidas dentro de los locales acondicionados (Victorio Diaz, 2005).

La evaluación de la carga debe entonces tener en cuenta las ganancias por **radiación solar** a través de elementos que componen el contorno (exterior) del local estudiado, es decir ventanas, paredes, puertas, techos y pisos, las **ganancias por transmisión de calor** que se producen a través de paredes, ventanas, puertas, techos y pisos, las **ganancias por incorporación de aire exterior** (ya sea para que funcione correctamente el sistema o para cumplir con las normas de ventilación del local para conservar las condiciones de salubridad y confort) y las **ganancias por las cargas interiores** (personas, iluminación, motores, etc.). (Victorio Diaz, 2005)

v. **Definiciones**

Tonelada de refrigeración: La tonelada de refrigeración (TRF) es la unidad nominal de potencia empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado. Puede definirse como la cantidad de calor latente absorbida por la fusión de una tonelada corta de hielo sólido puro en 24 horas; en los equipos, esto equivaldría a una potencia capaz de extraer 12 000 BTU por hora, lo que en el Sistema Internacional de Unidades (SI) equivale a 3517 W.

Si partimos de que para convertir una libra de hielo en una libra de agua líquida se ocupan 144 BTU, y de que una tonelada corta equivale a 2000

libras, al multiplicar 144*2000, tenemos que durante el proceso se absorberán 288 000 BTU del ambiente. A efecto de convertir este valor en una medida nominal, se consideró un período de 24 horas, por lo que al dividir los 288 000 BTU por las 24 horas, el resultado es: 288 000/24 = 12 000 BTU/h.

No obstante que es una unidad llamada a desaparecer con la adopción global del SI, actualmente se sigue empleando de manera convencional en el medio. El cambio se está dando de manera gradual, pues los fabricantes e ingenieros ahora especifican la capacidad de los equipos tanto en BTU/h como en watt o vatios, mientras que algunos ya sólo lo hacen en watt.

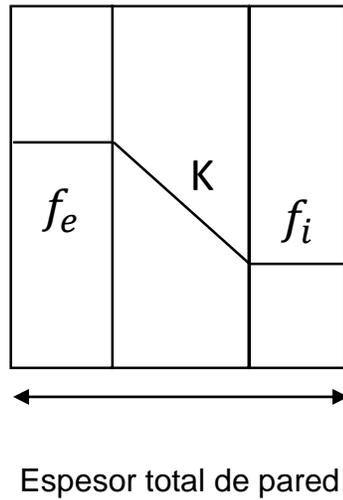
Para el cálculo de carga térmica se usa el coeficiente global de transferencia de calor, en el cual se suma el coeficiente de transferencia de cada material del cual está compuesto cada pared, techo, aislamientos, etc.

Unidad térmica británica (BTU); es la cantidad de calor que se necesita para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

Conductividad térmica (K); Es la cantidad de calor que pasa a través de un material en unidades BTU/ (h) (ft²) (°F DT) por pulgada de espesor. Varía dependiendo del material.

Resistividad térmica (R); es el recíproco de la conductancia

$$R = \frac{1}{f_e} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{1}{C} + \frac{1}{f_i} \quad \text{[Ec. 1]}$$



Dónde:

f_e = coeficiente de transferencia de la película exterior en BTU/h-pie²-°F

f_i = coeficiente de transferencia de la película interior en BTU/h-pie²-°F

X_1 = espesor del material (concreto)

K_1 = factor de conductividad térmica BTU/h-pie²-°F (concreto)

C = factor de conductividad térmica BTU/h-pie²-°F

Punto	Cantidad	Factor					Cantidad x Factor		
		Grados de diseño exterior							
		Zona norte		Centro	Zona sur		Frigorías/h		
		32	35	38	41	43			
1- Suelo	m ²	6	8	13	19	25			
2- Volumen de la habitación	m ³	5							
3- Ventanas expuestas al sol (usar sólo las de una pared, la que ofrezca el mayor resultado)	S o E	m ²	115	120	135	150	165		
	SO	m ²	210	220	230	240	260		
	O	m ²	285	300	315	330	345		
	NO o SE	m ²	155	165	175	190	205		
4- Todas las ventanas no incluidas en el punto 3	m ²	30	40	55	70	85			
5- Pared expuesta al sol (usar sólo la pared utilizada en el punto 3)	m ²	30	36	45	50	57			
6- Todas las paredes exteriores no incluidas en el punto 5	m ²	17	25	37	45	55			
7- Tabiques (todas las paredes interiores adyacentes a espacios sin acondicionar)	m ²	8	11	17	21	25			
8- Tejado o techo (sólo uno)	Techo con espacio sin acondicionar arriba		m ²	6	8	13	19	25	
	Techo	Sin aislamiento	m ²	22	27	35	40	45	
		50mm (2") o más de aislamiento	m ²	8	8	11	11	14	
	Tejado sin aislamiento		m ²	46	53	59	66	72	
9- Personas			120						
10- Luces y equipos eléctricos en uso	Incandescentes y equipos	w	0,86						
	Fluorescentes	w	1,0625						
Carga de refrigeración total			Frigorías/h						

Instrucciones:

Completar los campos de la columna "Cantidad" y utilizar como multiplicador el valor correspondiente de la columna "Grados de diseño exterior". El resultado de cada apartado se irá colocando en la columna "Cantidad x Factor" para después, al sumarlos, obtener el valor "Frigorías/h".

Tabla 1a Cálculo de carga térmica (www.elaireacondicionado.com)

Coefficiente total de transferencia de calor (U); es la cantidad de calor transmitido a través de un material compuesto de paredes paralelas, resulta después de considerar la conductividad, conductancia y coeficientes peliculares de la superficie se expresa en BTU/ (h) (ft²) (°F DT)

Resulta ineficiente aplicar tecnologías ahorrrativas si no se analiza el área que se desea mejorar, por lo que es necesario diagnosticar primeramente si es viable incorporar dichas tecnologías.

Primeramente debemos realizar un censo de carga eléctrico para determinar cuanta energía se está utilizando para cubrir la cantidad de equipos instalados actualmente y determinar si el sistema esta subutilizado o sobre utilizado. La ventaja del censo de carga también es el de encontrar debilidades en el sistema eléctrico (recalentamiento, sobrecargas, distribución de paneles, desbalance en paneles etc.), y por tanto esto es otra oportunidad de mejora.

Para saber si la capacidad térmica de los equipos actuales es la correcta, es necesario encontrar el balance térmico de cada local de acuerdo a sus requerimientos de diseño, para el cual está prevista la instalación.

Si se hallase que los equipos están sobre utilizado habrá que cambiar la capacidad actual de los equipos para un mejor diseño, es decir la capacidad frigorífica encontrada según los cálculos; dicha carga térmica cambiará si es necesario y aunque difiera de los equipos existentes.

Después de esto se procederá a calcular la energía necesaria para los equipos en el diseño y se plantea el alcance que este tiene, tomando en cuenta que los diagramas eléctricos solo se trazaran desde los equipos hasta el panel y del panel al inversor del sistema fotovoltaico.

vi. La Energía Eléctrica a partir de la Radiación Solar

Radiación solar: El sol es nuestra principal fuente de energía. Nos proporciona luz y calor, formas de energía básica para la vida sobre la tierra. La luz es una manifestación de la energía y es una radiación electromagnética. (Viloria, 2008)

vii. La luz que nos envía el sol sufre las siguientes pérdidas en el camino:

- ❖ El 50 % es reflejado por las nubes y la atmosfera
- ❖ El 40 % se pierde por reflexión especialmente por las superficies del agua de los mares y océanos
- ❖ El 10 % útil lo emplean las plantas y otros elementos de la naturaleza

viii. La radiación que llega a un panel fotovoltaico puede ser:

- ❖ Radiación directa (sin interferencia)
- ❖ Radiación difusa (con interferencia de nubes o niebla)
- ❖ Radiación albedo (reflejada) (Viloria, 2008)

Horas de sol pico: Se entiende como Hora Solar Pico (HSP) a la radiación solar que se recibe en un captador solar en un tiempo de una hora, con una irradiación igual a 1000 Wh/m^2 (1 kWh/m^2). (Viloria, 2011)

Celdas solares: La conversión de la radiación solar en corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica. Una célula o celda fotovoltaica es un dispositivo formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre los 0,25 mm y los 0,35 mm, generalmente de forma cuadrada, con una superficie de aproximadamente 100 cm^2 . Estas celdas están

elaboradas de delgadas capas de material semiconductor usualmente de silicio, que van unidas a contactos de metal logrando así un circuito eléctrico encapsulado en vidrios o plástico.



Fig. 1b Detalle de una celda solar;
<http://www.cemaer.org/>

Las celdas FV individuales tienen una producción eléctrica limitada, es por eso que pueden ser utilizadas en equipos o aparatos pequeños como son juguetes, relojes y las calculadoras de bolsillo. Si se desea aumentar la salida de voltaje y amperaje de una fuente FV, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas como son módulos, paneles y arreglos fotovoltaicos. (Muñiz, 2007)

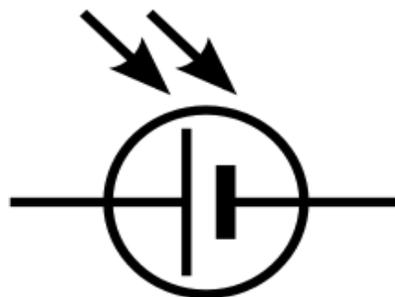


Fig. 2b Símbolo de la célula fotovoltaica

Tipos de células: las partes más importantes de una célula solar son las capas del semiconductor ya que es en ellas donde se liberan los electrones y se produce la corriente eléctrica. Para hacer las capas de las distintas células solares se utilizan diferentes materiales semiconductores y cada uno de ellos tiene sus ventajas y sus inconvenientes (Muñiz, 2007)

Células de Silicio	
Monocristalino	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta una estructura completamente ordenada. • Su comportamiento uniforme lo hace buen conductor. • Es de difícil fabricación. • Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro. • Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica. • Su rendimiento oscila entre 15 – 18 %.
Policristalino	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta una estructura ordenada por regiones separadas. • Los enlaces irregulares de las fronteras cristalinan disminuyen el rendimiento de la célula. • Se obtiene de igual forma que la de silicio monocristalino pero con menos fases de cristalización. • Su superficie está estructurada en cristales con distintos tonos de azules y grises metálicos. • Su rendimiento oscila entre 12 – 14 %.
Amorfo	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta un alto grado de desorden. • Contiene un gran número de defectos estructurales y de enlaces. • Su proceso de fabricación es más simple que en los anteriores y menos costoso. • Se deposita en forma de lámina delgada sobre vidrio o plástico. • Son eficientes bajo iluminación artificial. • Tiene un color marrón homogéneo. • Su rendimiento es menor del 10 %.

Tabla 1b Tipos de Células solares (Muñiz, 2007)

ix. Los materiales para la fabricación de los módulos fotovoltaicos

Actualmente, el material más utilizado es el silicio Monocristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

Las células fotovoltaicas pueden ser de 3 tipos: Monocristalino, Policristalino, Amorfo

Paneles Fotovoltaicos: un panel fotovoltaico está constituido por un determinado número de módulos fotovoltaicos. Hay paneles que contienen más de cien módulos fotovoltaicos con potencia instalada de más de 25 kW.

La forma más popular de arreglo FV está hecha de paneles planos y puede responder a la luz difusa de todo el cielo (esto es, puede producir electricidad aun en días nublados). Los paneles FV planos pueden estar fijos en un soporte o moverse para seguir la trayectoria del sol.

x. La vida útil de un panel solar fotovoltaico

Un panel carece de partes móviles. Las celdas y contactos van encapsulados con resina sintética, permitiendo una larga vida útil del orden de 30 años o más. Otra ventaja que tiene es que si una de las celdas falla no afecta al funcionamiento de las demás y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo celdas.

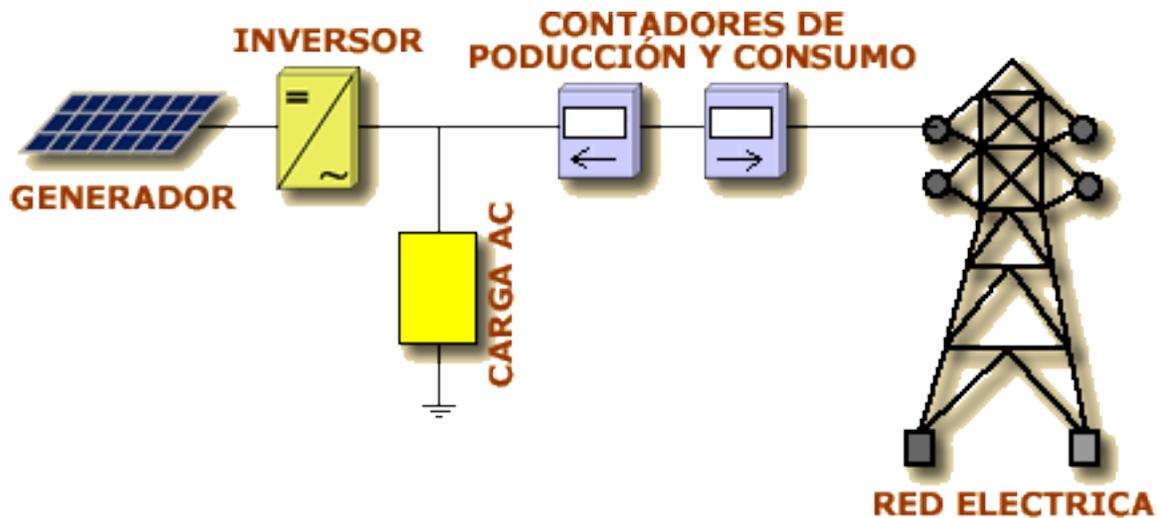


Fig. 3b Diagrama de Sistema FV conectado a red comercial

(<https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/>)

Uno de los factores favorables de los sistemas conectados a la red, es la posibilidad de mejorar la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, ya que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincide con horas en que los problemas de suministro para las compañías eléctricas son más graves. Un sistema fotovoltaico conectado a la red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional.

El concepto de inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilowatt pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales de varios Mega watt pico (MWp). En la **figura 3b** se muestra un diagrama de los componentes principales de un sistema de conexión a la red.

El generador fotovoltaico o campo de paneles se puede integrar a techos o fachadas en las viviendas y edificios, o en estructuras especiales

xi. Parámetros Eléctricos Característicos de los paneles Fotovoltaico

- ❖ Corriente de cortocircuito (I_{sc})
- ❖ Voltaje de circuito abierto (V_{oc})
- ❖ Potencia máxima (P_{max})
- ❖ Corriente en el punto de máxima potencia (I_{pmp})
- ❖ Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{pmp})
- ❖ Factor de forma (FF)

xii. Efecto de la temperatura sobre el modulo fotovoltaico

Las curvas características de los módulos fotovoltaicos también dependen de la temperatura de trabajo de las células. Cuando aumenta la temperatura de trabajo de las células, disminuye la tensión de circuito abierto y aumenta ligeramente la intensidad en cortocircuito del módulo.

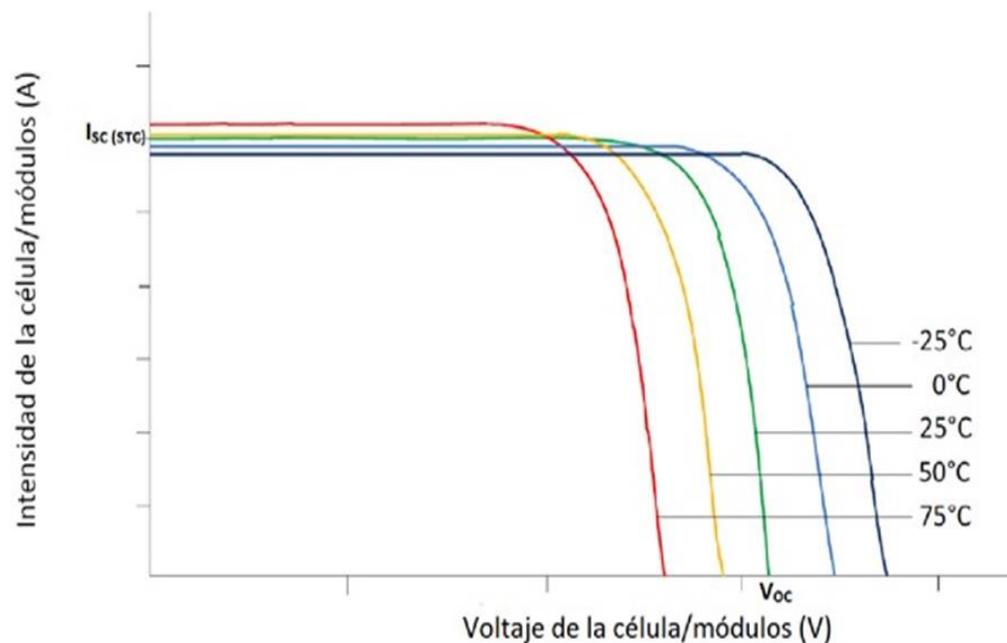


Fig. 4b Curva Intensidad-Tensión de un módulo fotovoltaico para distintos valores de temperatura (Mateo, 2016)

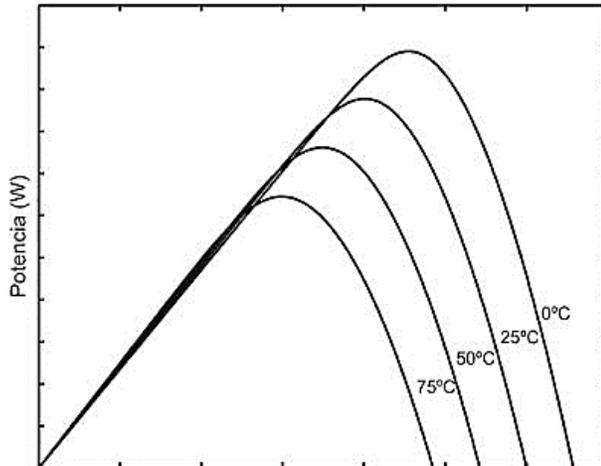


Fig. 5b Curva Potencia-Tensión de un módulo fotovoltaico para distintos valores de temperatura (Mateo, 2016)

La electricidad generada por el sistema Fotovoltaico depende fundamentalmente del tipo y cantidad de módulos instalados, de su orientación e inclinación, y de la radiación solar que les llegue, así como de la bondad técnica de la instalación. La potencia nominal (en vatios pico o kilovatios pico) de los módulos nos indica la energía que producirían al mediodía de un día soleado, más o menos. En esas condiciones, un módulo de 40 Wp de potencia nominal produciría 40 Wh (vatios-hora) de energía si durante una hora recibe esa radiación máxima; el resto del día, en que la radiación es menor, la potencia real (y por tanto la energía producida) será menor. (Greenpeace, 2003)

En el caso de una instalación de energía solar fotovoltaica es fundamental un correcto dimensionamiento tanto para poder abastecer con garantías la demanda energética que tengamos, como también para acotar el coste económico de la instalación.

xiii. Mantenimiento de un sistema fotovoltaico

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones:

Paneles: requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 o 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente utilizar agua y algún detergente no abrasivo.

Regulador: la simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación del conexionado y cableado del equipo; observación de los valores instantáneos del voltímetro y amperímetro (dan un índice del comportamiento de la instalación.)

xiv. Componentes del diseño fotovoltaico

Separación entre filas: la distancia entre diferentes filas de colectores será tal que garantice un mínimo de 4 horas de sol alrededor del solsticio de invierno

$$d = l * \left(\frac{\text{sen}(\beta)}{\text{tan}(61-\varphi)} + \text{cos}(\beta) \right) \quad [\text{Ec. 2}]$$

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos

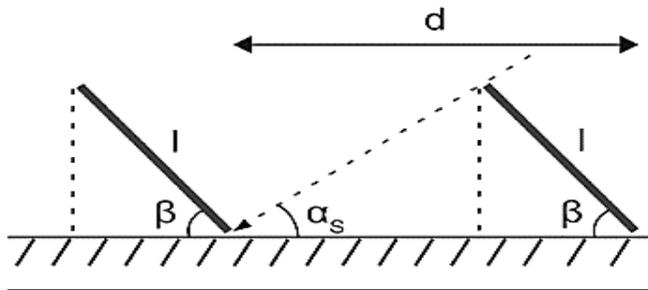


Fig. 6b Distancia entre filas de módulos (Mateo, 2016)

Estructuras soporte: un componente muy importante en la construcción de un sistema fotovoltaico es la estructura sobre la que se monta el conjunto de módulos fotovoltaicos que forman el generador. La estructura que soporta a un generador fotovoltaico cumple dos funciones:

- ❖ Dotar a la estructura del generador de la consistencia mecánica adecuada y un buen sistema de anclaje
- ❖ Proporcionar la orientación e inclinación óptimas para la aplicación diseñada

xv. El Inversor

El inversor de un sistema fotovoltaico es un dispositivo electrónico de potencia que transforma en corriente alterna la corriente continua proveniente de los módulos. Esta corriente alterna puede inyectarse en la red eléctrica o consumirse directamente en el propio edificio. Existen diversos tipos de inversores, pero cualquiera de ellos debe cumplir con las normas de seguridad y protección a las personas, los equipos y la red eléctrica. (Chivelet, 2007)

Las tres principales características que definen el comportamiento del inversor son: el rendimiento, el seguimiento de del punto de máxima potencia y la calidad de la onda (Chivelet, 2007)

xvi. Para Calcular la Cantidad de Módulos Solares

- ❖ **Estimación de consumos:** en este apartado tendremos que estimar los consumos para nuestro caso concreto que son los aires acondicionados, también se aplica un rendimiento de instalación de 75% para calcular la energía total necesaria
- ❖ **Radiación solar disponible:** dimensionaremos la instalación para las condiciones mensuales más desfavorables de insolación y así asegurar cubrir la demanda durante todo el año.
- ❖ **Cálculos de paneles solares:** los cálculos para establecer el número de módulos solares se realizan para las condiciones de radiación más desfavorables, y según las características técnicas de los módulos elegidos.
- ❖ **Calculo del convertidor:** Los reguladores de carga vienen determinados por la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que hayamos diseñado nuestra instalación. La potencia del convertidor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos. (Clickrenovables, 2015)

xvii. Resumen Sistema Fotovoltaico

Se trata de un sistema de generación de energía eléctrica que cuenta con los siguientes elementos:

Paneles fotovoltaicos: encargados de la generación eléctrica, existen distintos tipos, siendo los más usados los Monocristalino y los policristalino

Regulador de carga: encargado de regular la cantidad de energía procedentes de los paneles y que se almacena en las baterías para su posterior

uso. Estos elementos evitan cargas o descargas excesivas y protegen la vida de las baterías

Inversor: encargado de transformar la corriente continua que proviene de los módulos/ baterías, en corriente alterna las para posteriormente ser utilizada.

Baterías: encargadas de acumular la energía eléctrica generada para poder disponer de ella por la noche o en momentos del día cuando exista una falta de radiación.

xviii. Clasificación de las Instalaciones

Las instalaciones generadoras fotovoltaicas se clasifican en tres grupos:

Instalaciones generadoras aisladas: Se utilizan exclusivamente para alimentar cargas en baja tensión a partir del generador. No existe ninguna conexión con la red de distribución eléctrica.

Los sistemas aislados convencionales hasta hace pocos años han sido sistemas de poca potencia (entre 3 y 10 KW) y que tenían una distancia aproximadamente de 500 metros al tendido eléctrico para abastecerse.

Estos sistemas han ido evolucionando en los últimos años, siendo posible la realización de sistemas de mayor potencia, siempre con respaldo de grupos electrógenos para ayudar a la generación en aquellos días donde la producción solar es escasa.

Los sistemas fotovoltaicos aislados pueden ser instalados para cubrir un gran número de necesidades de abastecimiento de energía eléctrica. Dentro de los usos cubiertos por este tipo de instalaciones es importante destacar los siguientes:

- Instalaciones aisladas para suministro eléctrico en viviendas y hoteles
- Instalaciones aisladas para suministro eléctrico de uso agrícola y ganadero
- Instalaciones aisladas para pequeña industria

Dependiendo del tipo de sistema y de su utilidad los sistemas pueden tener: 12 V, 24 V o 48 V.



Fig. 7b Instalación Fotovoltaica Aislada (Mateo, 2016)

xix. Ventajas y desventajas de los sistemas aislados

- ❖ Completa independencia de las redes de distribución.
- ❖ Almacenamiento de energía en baterías.
- ❖ En lugares con red disponible, aseguran energía disponible en caso de corte de la red.
- ❖ Permiten tener precio estable en el tiempo para su energía, independiente de constantes alzas en precios de combustibles.
- ❖ Energía 100% renovable y limpia.
- ❖ Necesita baterías que son caras.
- ❖ El rendimiento del sistema baja en periodos de baja radiación solar.
- ❖ Si falla la batería, el usuario se queda sin servicio.

xx. Tipos de instalaciones

Instalaciones generadoras interconectadas con instalación receptora asociada: son aquellos que funcionan normalmente en paralelo con la red de distribución eléctrica. Tiene lugar un traspaso de energía entre la instalación generadora y la red de distribución



Fig. 8b Instalación Fotovoltaica Interconectada con instalación receptora asociada (Mateo, 2016)

Instalaciones generadoras asistidas: se utilizan exclusivamente para alimentar cargas en baja tensión a partir del generador o a partir de la red de distribución eléctrica, alternativamente, sin que puedan funcionar en paralelo. Una de las fuentes es la preferentemente para el suministro, mientras que la otra fuente actúa como alimentación de socorro o apoyo. Pueden ser instalaciones interconectadas con consumo parcial o total, es decir parte de la energía producida puede ser vertida a la red de distribución o consumir toda la energía la instalación receptora o interior



Fig. 9b Instalación Fotovoltaica interconectada asistida (Mateo, 2016)

xxi. Generalidades de las Evaluaciones Financieras

Para la ejecución de cualquier proyecto, existe la necesidad de una inversión inicial con la cual se pueda ser capaz de adquirir todos los elementos necesarios para esta actividad. Estos elementos, desde el punto de vista financiero, se denominan como activos fijos o tangible y activos diferidos o intangibles.

Según Gabriel Baca Urbina, en su libro "*Evaluación de Proyectos*" (5ta Edición), los activos tangibles o fijos son todos aquellos bienes que se pueden tocar y de los cuales la empresa no puede prescindir tan fácilmente porque ocasionaría problemas en las diferentes actividades de la misma, tales como edificios, maquinaria, mobiliario, herramientas, etc.; mientras que los activos intangibles o diferidos están conformados por todos aquellos bienes de propiedad que la universidad necesita para funcionar. Por lo tanto, se puede decir que todos los equipos a utilizar para reducir el costo de la factura de energía eléctrica en la UNAN, representa activos tangibles y que por otro lado, la documentación, implementación y herramientas, representan activos intangibles para la misma.

La capitalización de los bienes de una empresa sirve también para establecer un punto de partida para la depreciación, término a través del cual se establece la pérdida de valor que los bienes van sufriendo debido a su tiempo de utilización. No obstante, la depreciación es aplicable únicamente a activos tangibles o fijos, por lo que para activos intangibles o diferidos se utiliza la amortización, el cual es un término que posee la misma connotación aunque en este caso el tiempo no degrada el valor de los activos intangibles sino que se paga un cargo anual para recuperar la inversión realizada en el activo intangible.

Por otro lado, además del costo que representan los activos fijos e intangibles a adquirir para llevar a cabo un proyecto, existen otros tipos de costos necesarios dentro de las evaluaciones financieras, los cuales son:

Costos de mano de obra: Se refiere al costo de todo el personal que intervendrá en la planeación y ejecución del proyecto

Costos por combustible: Cualquier tipo de combustible utilizado para llevar a cabo algún proceso del proyecto, tales como gas, diesel, gasolina, etc.

Costos por mantenimiento: Se debe decidir si esta actividad se llevara a cabo por personal interno o externo a la empresa. Indistintamente, las herramientas y el personal a contratar estarán en dependencia del tipo de mantenimiento a realizar

Costos financieros: Este tipo de costos se refiere a los intereses a pagar debido a la utilización de capitales obtenidos en calidad de préstamos (Créditos Bancarios).

Otros costos: Estos están relacionados a elementos o situaciones imprevistas que se pueden dar en la ejecución de cualquier proyectos, tales como compra de dispositivos de protección para los trabajadores, compra de detergentes para limpiar, compra de refrigerantes, etc. Sin embargo, algunas veces su costo es tan pequeño en relación con los otros tipos de costos que no es necesario detallarlos.

No obstante, antes de toda inversión siempre existe en la mente del inversionista una tasa de ganancia sobre la inversión a realizar. Tal tasa de ganancia es llamada la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), la cual tiene su referencia en el índice inflacionario vigente en el país y cuya función es mantener el valor del dinero a lo largo del proyecto. Así, si la inversión gana un rendimiento igual al índice inflacionario (por así decirlo) entonces la misma mantendrá su poder adquisitivo, disminuyendo el riesgo por depositar su dinero en determinada inversión.

Pero si la inversión gana más dinero que el índice inflacionario, el dinero de la inversión crece y empieza a tener un rendimiento positivo para el inversionista, al cual se le denomina premio al riesgo, ya que el inversionista siempre arriesga su dinero. Por lo tanto, el significado de la TMAR es el

porcentaje que el inversionista quiere obtener por arriesgar su capital, el cual se encuentra entre un 10 y 15% para considerarse como tal. Sin embargo, este porcentaje puede ser establecido mediante condiciones necesarias para fijar el valor del mismo, las cuales deben de ser muy bien consideradas por el inversionista en dependencia del tipo de proyecto a ejecutar.

De la misma forma, al igual que la TMAR, el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de rendimiento (TIR) son datos necesarios para tomar decisiones correctas al momento de llevar a cabo un proyecto e invertir dinero en él. El VPN es “el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial” (Baca, 2006, pág. 221) y funciona de la siguiente manera:

Si el valor del VPN > 0: La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida (TMAR), lo cual se traduce en altas probabilidades de una aceptación del proyecto.

Si el valor del VPN < 0: La inversión producirá ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (TMAR), lo cual se traduce en altas probabilidades de un rechazo del proyecto.

Si el valor del VPN = 0: La inversión no produce ni ganancias ni pérdidas, lo que lleva al inversionista a buscar otros criterios de aceptación para el proyecto.

Como se puede observar aquí, es importante establecer una TMAR adecuada ya que la decisión a tomar en base al VPN encontrado para un proyecto estará basada en ese valor establecido en la TMAR.

Por otro lado, TIR “es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial” (Baca, 2006, pág. 224) lo cual se refiere a la suposición de que el dinero obtenido cada año, es reinvertido en su totalidad. Por lo tanto, si la TIR es mayor que la TMAR, el proyecto es aceptado y la inversión se da debido a que el rendimiento, es mayor que el mínimo fijado como aceptable, por lo que la inversión será económicamente rentable.

ANÁLISIS Y DESARROLLO



4. Capítulo I: Diagnóstico del sistema eléctrico para climatización en auditorios 12, 27 y 52 de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua

4.1. Objetivos

Describir el Sistema eléctrico de los auditorios y el comportamiento del consumo de energía en la UNAN Managua, a través de tablas y gráficos

4.2. Introducción

En este acápite se analizan igualmente los elementos que tienen que ver con la ingeniería básica del sistema, para ello se tiene que hacer la descripción detallada del mismo con la finalidad de mostrar todos los requerimientos para hacer que funcione.

Para esto, cobra vital importancia hacer el análisis del tamaño óptimo, el cual debe justificar la producción y el número de equipos que se tendrá para no arriesgar la creación de una estructura que no esté soportada por la demanda, con lo que puede generarse un sobredimensionamiento de la “capacidad instalada”, la cual en el estudio financiero se verá reflejado al haber un incremento sustancial en los costos y gastos.

Debido a que la energía es un rubro muy importante en una empresa, su uso adecuado puede traducirse en un aumento de utilidades, precios más competitivos en el mercado y mayor disponibilidad de recursos. El objetivo de hacer propuestas para mejorar el uso y consumo de energía debe ser ajustada a las necesidades inmediatas de la UNAN y debe de estar basada principalmente en la realización de un análisis de los costos y uso de la energía, para de esa manera comprender la mejor forma de emplearla e identificar donde ocurren desperdicios de energía en cada una de sus áreas

4.3. Sistema eléctrico

El auditorio 12 se ubica entre los pabellones 14 y 30, en el ala este del recinto universitario. El sistema eléctrico del auditorio se divide en un subpanel de climatización y subpanel de iluminación y cargas varias

El panel de aires acondicionados del auditorio 12, es marca Cutler Hammer de 42 espacios que esta alimentado por un arreglo de tres transformadores monofásicos de 25 KVA cada uno para obtener un banco trifásico de 3 x 25 KVA y se deriva con un cableado subterráneo 4 x 4/0 AWG, en el costado este del edificio a una distancia de 15 m. Cada unidad de aire se encuentra conectada a un circuitos 208 V, con cableado #8 AWG y con breaker de 2x50 A.

DIAGRAMA UNIFILAR AUDITORIO #12 UNAN MANAGUA

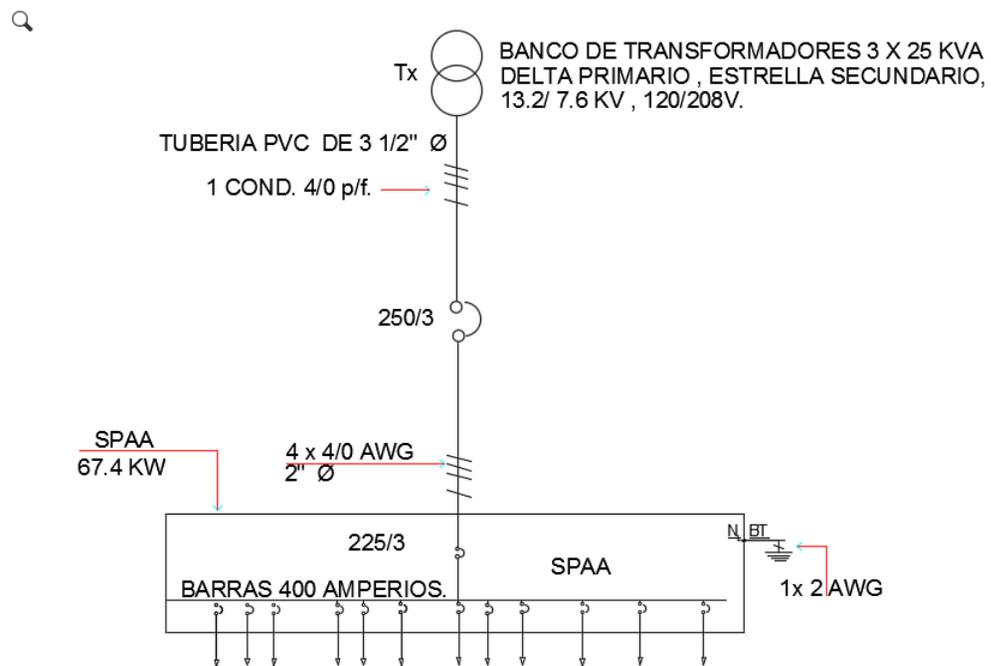


Fig.1.1 Diagrama unifilar auditorio 12 UNAN Managua

Auditorio 27

El auditorio 27 se ubica en el costado oeste de la cancha de baloncesto Marlon Zelaya y contiguo al pabellón 25. El panel de aires acondicionados es marca Cutler Hammer de 32 espacios, esta alimentado por un arreglo de tres transformadores monofásicos de 15 KVA cada uno para obtener un banco trifásico de 3 x 15 KVA, pero de estas tres fases solo se derivan dos al auditorio con cableado subterráneo 3 x 2/0 AWG. El cableado de los circuitos para cada unidad es #8 AWG y breaker de 2x40 A

DIAGRAMA UNIFILAR AUDITORIO #27 UNAN MANAGUA

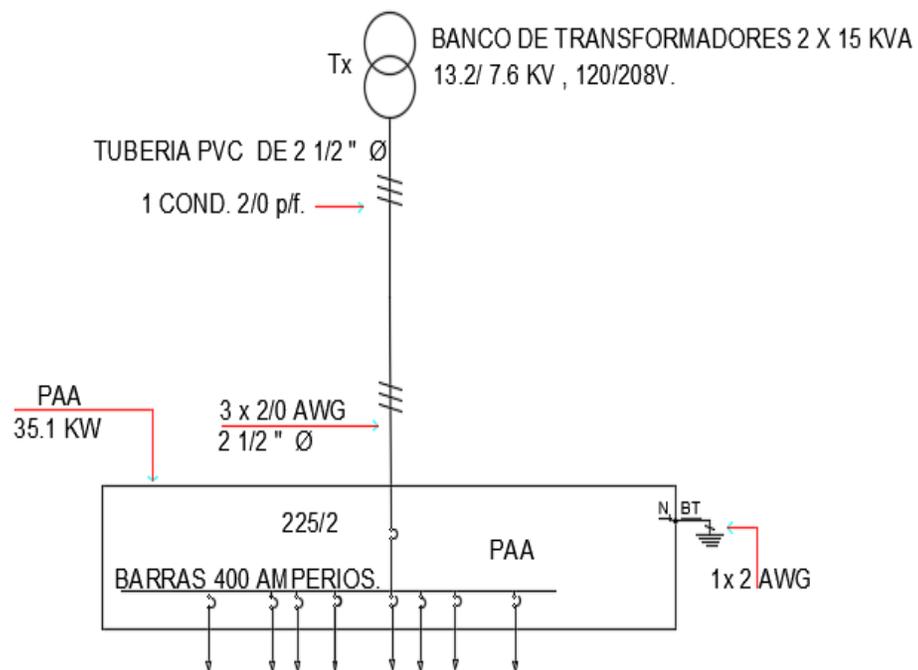


Fig.1.2 Diagrama unifilar auditorio 27 UNAN Managua

Auditorio 52

El auditorio 52, se encuentra contiguo a los pabellones 56 y 58 en el costado este del recinto universitario. El subpanel de aire acondicionado consta de 24 espacios con breaker de 2x50 A para cada unidad de aire. Este auditorio es alimentado por un transformador monofásico de 50 KVA.

DIAGRAMA UNIFILAR AUDITORIO #52 UNAN MANAGUA

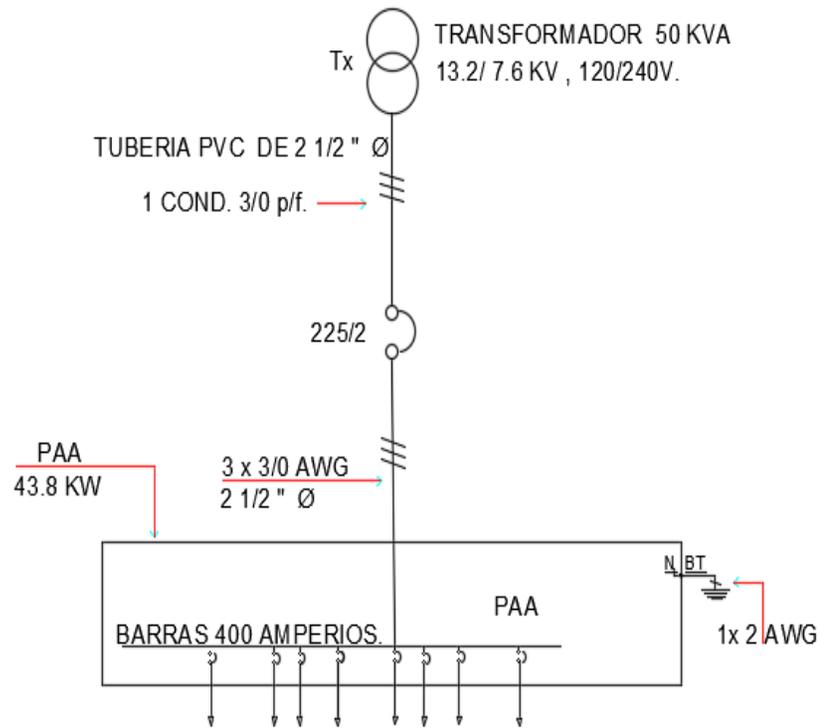


Fig.1.3 Diagrama unifilar auditorio 52, UNAN Managua

4.4. Potencia nominal de aires acondicionados

A continuación se presentan las tablas correspondientes al Censo de carga según cada auditorio:

Auditorio 12, Fernando Gordillo						
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Potencia (W)	Pot. Total (kW)
A.A. (60,000 BTU)	12	208	27.0	324.0	5616.00	67.4
luminarias Fluorescente 4x32 W	44	110	1.2	52.8	128.00	5.632
luminarias fluorescente 15 W	24	110	0.14	3.36	15.00	0.4
Luminaria incandescente 50 W	12	110	0.5	6	50.00	0.6
Sonido	4	110	0.7	2.7	75.00	0.3
Data show	1	110	3.2	3.2	350.00	0.4
total						74.732

Tabla 4.1 Potencia Instalada Auditorio 12

Se presenta el gráfico 4.1 que muestra la división de la carga monofásica según su tipo en porcentajes. Estos porcentajes corresponden a los siguientes valores de potencia (Ver Tabla 4.1):

- ❖ Aires Acondicionados: 67.4 kW
- ❖ Iluminación: 6.632 kW
- ❖ Varias: 0.7 kW

Potencia según Carga Instalada Auditorio 12

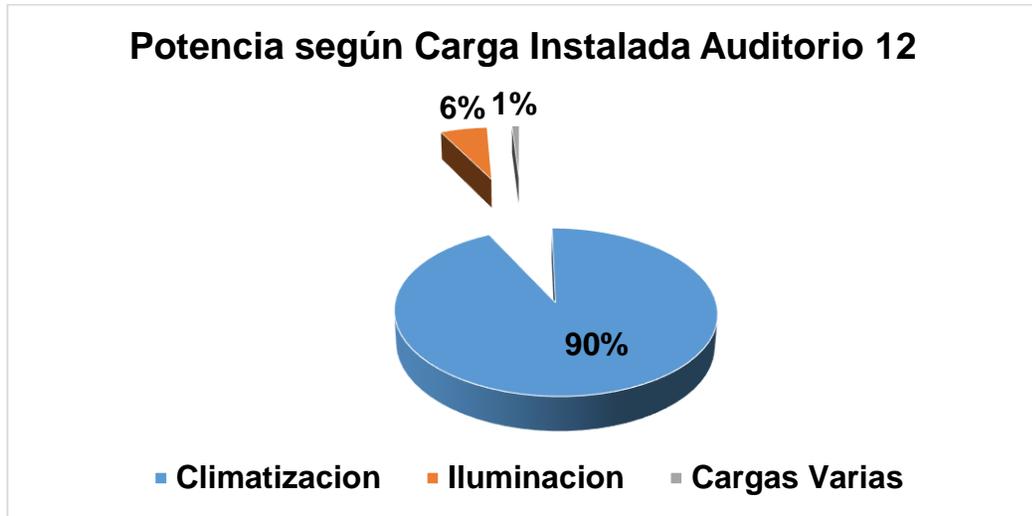


Grafico 4.1 Porcentaje de Carga Instalada Auditorio 12

Auditorio 27, Carlos Martínez						
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)
A.A. (60,000 BTU)	2	208	27.1	54.2	5636.80	11.3
A.A. (48,000 BTU)	6	208	19.0	114.0	3952.00	23.7
luminarias Fluorescentes 4x32 W	27	110	1.2	32.4	128.00	3.564
luminarias Fluorescentes 20 W	28	110	0.2	5.6	20.00	0.6
Luminaria incandescentes 50 W	7	110	0.5	3.2	50.00	0.4
Sonido	1	110	0.7	0.7	75.00	0.1
Data show	1	110	3.2	3.2	350.00	0.4
Total						40.064

Tabla 4.2 Auditorio 27 Carlos Martínez

Valores de potencia (Ver Tabla 4.2):

- ❖ Aires Acondicionados: 35 kW
- ❖ Iluminación: 4.564 kW
- ❖ Varias: 0.5 kW

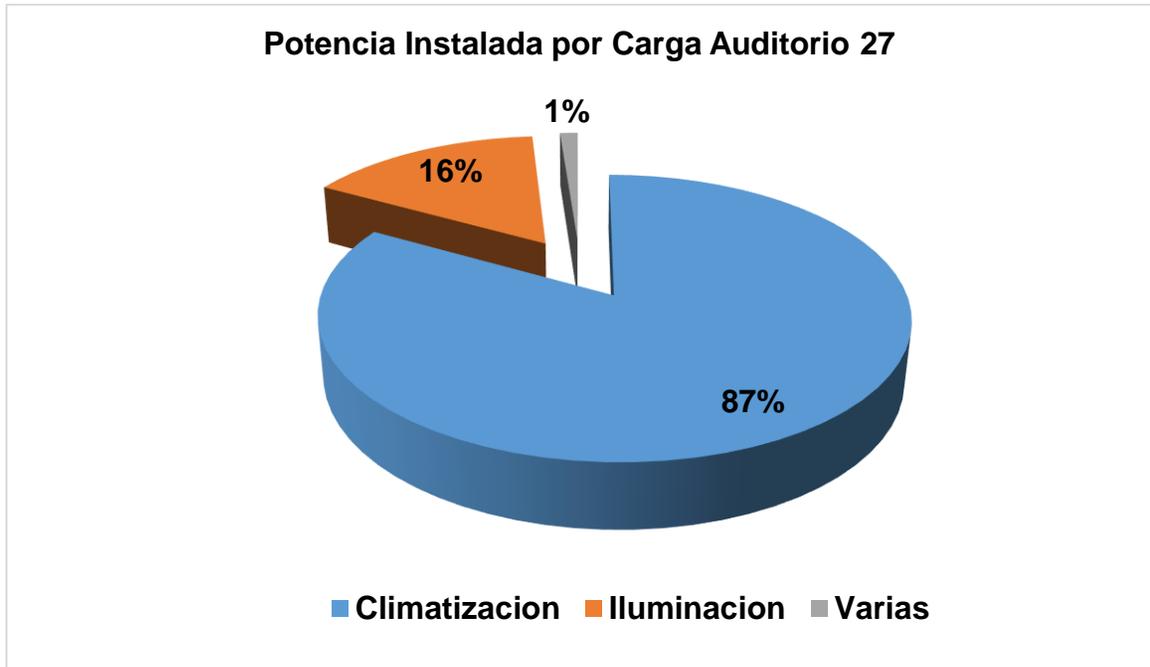


Grafico 4.2 Porcentaje de Carga Instalada Auditorio 27

Auditorio 52, Roberto González						
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)
A.A. (60,000 BTU)	6	208	27.1	162.6	5636.80	33.8
A.A. (60,000 BTU)	2	208	24.0	48.0	4992.00	10.0
luminarias Fluorescente 4x40 W	44	110	1.5	64.0	160.00	7.0
Sonido	1	110	0.7	0.7	75.00	0.1
Data show	1	110	3.2	3.2	350.00	0.4
Total						51.3

Tabla 4.3 Auditorio 52 Roberto González

Valores de potencia (Ver Tabla 4.3):

- ❖ Aires Acondicionados: 43.8 kW
- ❖ Iluminación: 7 kW
- ❖ Varias: 0.5 kW

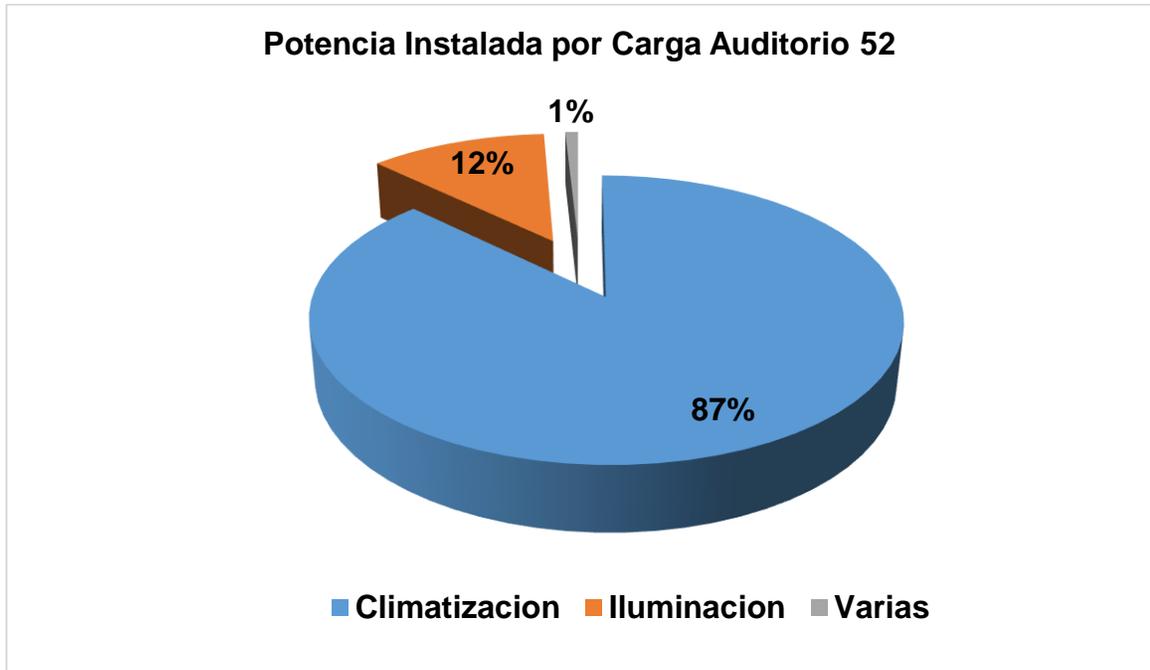


Grafico 4.3 Porcentajes de carga instalada Auditorio 52

4.5. Consumo de energía eléctrica estimado

CONSUMO DE ENERGIA			
Auditorio	Pot. Total (kW)	Horas uso (H)	Energía (kW/H)
Fernando Gordillo	74.732	8	597
Carlos Martínez	40.064	8	320
Roberto González	51.3	8	328
Total	166.096		1245

Tabla 4.4 Consumo de Energía diario por Auditorio

En la siguiente tabla se muestra el consumo eléctrico por iluminación en los diferentes locales. El tipo de luminaria en cada lugar varía de tecnología fluorescente e incandescente, con diferencia de potencia de cada luminaria.

El sistema de iluminación no es cuestión del presente trabajo, sin embargo es necesario recalcar la influencia que este tiene sobre la carga térmica total de cada auditorio. El método para determinar la carga térmica por iluminación es por equivalencia de potencia la cual es proporcional al calor generado por medio de un factor de conversión:

$$1 \text{ kW} = 3413 \text{ BTU/H}$$

TIPO DE ILUMINACION	Carlos Martínez	Roberto González	Fernando Gordillo
Bombillos 15 w, tubos de 32 w, tubos de 40 w	Potencia watts	Potencia watts	Potencia watts
fluorescente	4016	7040	5992
Incandescente	350		600
Total watts	4366	7040	6592
Energía kW/h	34.928	56.32	52.736
Carga total en Btu/h	14901.16	24027.52	22498.50

Tabla 4.5 Potencia de Iluminación existentes en auditorios

4.6. Cálculo de Cargas térmicas

En nuestro caso, el cálculo de la carga térmica se ha plasmado en una tabla con la capacidad requerida de los equipos:

Para resumir los cálculos de la ganancia de calor en los locales, se utilizó la tabla de carga térmica proporcionada por www.elaireacondicionado.com, el cual toma en cuenta los grados de diseño exterior y según esto, se multiplica por un factor dado para esta temperatura resultando el producto del valor en

frigorías/h y al final se hace la conversión: 1 BTU = 0.252 Frigorías/h, dando como total el valor en BTU/h necesario para dicho local:

			Grados de Diseño Exterior					Frigorías/h	
			Zona Norte		Centro	Zona Sur			
			32	35	38	41	43		
1- Suelo	480	m ²	6	8	13	19	25	6240	
2- Volumen de la Habitación	2880	m ³	5					14400	
3- Ventanas Expuestas al sol (Usar solo las de una pared, la que ofrezca el mejor resultado)	S o E		m ²	115	120	135	150	165	
	SO	29.8	m ²	210	220	230	240	260	6854
	O		m ²	285	300	315	330	345	
	NO o SE		m ²	155	165	175	190	205	
4- Todas las Ventanas no incluidas en el punto 3	28	m ²	30	40	55	70	85	1540	
5- Pared expuesta al sol (Usar solo la pared utilizada en el punto 3)	150.2	m ²	30	36	45	50	57	6759	
6- Todas las Paredes exteriores no incluidas en el punto 5	172.8	m ²	17	25	37	45	55	6393.6	
7- Tabiques (Todas las Paredes Interiores adyacentes a espacios sin acondicionar)		m ²	8	11	17	21	25		
8- Tejado o techo (solo uno)	Techo con espacio sin acondicionar arriba		m ²	6	8	13	19	25	
	Techo sin aislamiento	480	m ²	22	27	35	40	45	16800
	Techo 50 mm(2") o más de aislamiento		m ²	8	8	11	11	14	
	Tejado sin Aislamiento		m ²	46	53	59	66	72	
9- Personas	800	UN D	120					96000	
10- Luces y equipo eléctricos en uso	Incandescente y Equipos	975	W	0.86					838.5
	Fluorescente	5632	W	1.0625					5984
Carga de Refrigeración Total			Frigorías/h					161809.1	
		1 BTU = 0.252 Frigorías/h		FS:		Factor de Seguridad		10%	
Capacidad Requerida sin FS	642,099.6	BTU							
Capacidad Requerida con FS	706,309.6	BTU							

Tabla 4.6 Carga térmica auditorio 12

Teniendo la capacidad requerida para el local se determina cuantos equipos se necesitan y la capacidad de cada uno de ellos:

Si se elije instalar equipos de $60,000 \text{ BTU/H} = 5 \text{ toneladas}$ refrigeracion, se obtiene:

$$\text{Cantidad Equipos} = \frac{706309 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}}{60000 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}} = 11.77 \approx 12 \text{ Equipos}$$

El auditorio 12, cuenta con 12 equipos de 5 toneladas cada uno.

			Grados de Diseño Exterior					Frigorías/h	
			Zona Norte		Centro	Zona Sur			
			32	35	38	41	43		
1- Suelo	347.9	m ²	6	8	13	19	25	4522.7	
2- Volumen de la Habitación	1409.0	m ³	5					7044.98	
3- Ventanas Expuestas al sol (Usar solo las de una pared, la que ofrezca el mejor resultado)	S o E	17.64	m ²	115	120	135	150	165	2381.4
	SO		m ²	210	220	230	240	260	0
	O		m ²	285	300	315	330	345	
	NO o SE		m ²	155	165	175	190	205	
4- Todas las Ventanas no incluidas en el punto 3	17.64	m ²	30	40	55	70	85	970.2	
5- Pared expuesta al sol (Usar solo la pared utilizada en el punto 3)	95.96	m ²	30	36	45	50	57	4318.2	
6- Todas las Paredes exteriores no incluidas en el punto 5	49.61	m ²	17	25	37	45	55	1835.66	
7- Tabiques (Todas las Paredes Interiores adyacentes a espacios sin acondicionar)		m ²	8	11	17	21	25	0	
8- Tejado o techo (Solo uno)	Techo con espacio sin acondicionar arriba		m ²	6	8	13	19	25	0
	Techo sin aislamiento		m ²	22	27	35	40	45	
	Techo 50 mm(2") o más de aislamiento	347.9	m ²	8	8	11	11	14	3826.9
	Tejado sin Aislamiento		m ²	46	53	59	66	72	
9- Personas	300	UND	120					36000	
10- Luces y equipo eléctricos en uso	Incandescente y Equipos	3000	W	0.86					2580
	Fluorescente	3348	W	1.0625					3557.25
Carga de Refrigeración Total			Frigorías/h					67037.3	
	1 BTU = 0.252 Frigorías/h	FS:	Factor de Seguridad	10%					
Capacidad Requerida sin FS	266,021	BTU							
Capacidad Requerida con FS	292,623.08	BTU							

Tabla 4.7 Carga térmica auditorio 27

Teniendo la capacidad requerida para el local se determina cuantos equipos se necesitan y la capacidad de cada uno de ellos:

Si se elije instalar equipos de $60,000 \text{ BTU/H} = 5 \text{ toneladas}$ de refrigeración se obtiene:

$$\text{Cantidad Equipos} = \frac{292\,623 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}}{60\,000 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}} = 4.8 \approx 5 \text{ Equipos}$$

El auditorio 27, cuenta con 2 equipos de 5 toneladas y 6 equipos de 4 toneladas sumando una capacidad frigorífica instalada total de: $408,000 \text{ BTU/H}$, lo cual según la carga térmica determinada es $266,021 \text{ BTU/H}$ está sobredimensionado el total de equipos casi en un 34.8% sobre el cálculo estimado para este auditorio.

La energía eléctrica necesaria según el balance de carga térmica obtenido es de 189.70 kW/H por día, lo que corresponde solo a los 6 equipos de 4 toneladas.

Actualmente en concepto de energía se consume 279.88 kW/H lo que significa que se gasta 90.18 kW/H más de lo necesario para cubrir la demanda de energía. Lo que se sugiere es inhabilitar los 2 equipos de 5 toneladas, y que trabajen solo los 6 equipos de 4 toneladas.

				Grados de Diseño Exterior					
				Zona Norte		Centro	Zona Sur		Frigorías/h
				32	35	38	41	43	
1- Suelo		344.04	m ²	6	8	13	19	25	4472.52
2- Volumen de la Habitación		1376.16	m ³	5					6880.8
3- Ventanas Expuestas al sol (Usar solo las de una pared, la que ofrezca el mejor resultado)	S o E	17.64	m ²	115	120	135	150	165	2381.4
	SO		m ²	210	220	230	240	260	0
	O		m ²	285	300	315	330	345	
	NO o SE		m ²	155	165	175	190	205	
4- Todas las Ventanas no incluidas en el punto 3		17.64	m ²	30	40	55	70	85	970.2
5- Pared expuesta al sol (Usar solo la pared utilizada en el punto 3)		95.16	m ²	30	36	45	50	57	4282.2
6- Todas las Paredes exteriores no incluidas en el punto 5		49.61	m ²	17	25	37	45	55	1835.66
7- Tabiques (Todas las Paredes Interiores adyacentes a espacios sin acondicionar)			m ²	8	11	17	21	25	0
8- Tejado o techo (solo uno)	Techo con espacio sin acondicionar arriba		m ²	6	8	13	19	25	0
	Techo sin aislamiento		m ²	22	27	35	40	45	
	Techo 50 mm(2") o más de aislamiento	344.4	m ²	8	8	11	11	14	3784.44
	Tejado sin Aislamiento		m ²	46	53	59	66	72	
9- Personas		400	UND	120					48000
10- Luces y equipo eléctricos en uso	Incandescente y Equipos	400	W	0.86					344
	Fluorescente	7040	W	1.0625					7480
Carga de Refrigeración Total				Frigorías/h					80431.22
		1 BTU = 0.252 Frigorías/h		FS:	Factor de Seguridad		10%		
Capacidad Requerida sin FS		319,172	BTU						
Capacidad Requerida con FS		351,088.67	BTU						
Capacidad Recomendada			BTU						

Tabla 4.8 Carga térmica auditorio 52

Teniendo la capacidad requerida para el local se determina cuantos equipos se necesitan y la capacidad de cada uno de ellos:
Si se elije instalar equipos de $60,000 \text{ BTU/H} = 5 \text{ toneladas}$ refrigeracion se obtiene:

$$\text{Cantidad Equipos} = \frac{351,088 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}}{60000 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}} = 5.8 \approx 6 \text{ Equipos}$$

El auditorio 52, cuenta con 8 equipos de 5 toneladas cada uno sumando una capacidad termica de 480, 000 BTU/h lo cual según la carga térmica estimada es de 319, 172 BTU. La climatizacion esta por encima de los cálculos estimados en 22.01 %. El excedente corresponde a 2 equipos de 5 toneladas por lo que se propone inhabilitarlos y dejar en funcionamiento solo 6 equipos de acuerdo al cálculo de cantidad de equipos necesario para la demanda térmica del auditorio.

Auditorio 12, Fernando Gordillo								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Potencia (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU) tipo Split ducto	12	208	27.0	324.0	5616.00	67.4	16	R-410a
Auditorio 27, Carlos Martínez								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU)	2	208	27.0	54.0	5616.00	11.2	13	R-410a
A.A. (48,000 BTU)	6	208	19.0	114.0	3952.00	23.7	10	R-22
Auditorio 52, Roberto Gonzáles								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU)	6	208	27.0	162.0	5616.00	33.7	10	R-22
A.A. (60,000 BTU)	2	208	24.0	48.0	4992.00	10.0	13	R-410a

Tabla 4.9 Resumen de Equipos instalados en cada Auditorio

4.7. Conclusión

Existen instalados los siguientes equipos de acondicionamiento tipo piso-techo:

- ❖ Auditorio Fernando Gordillo **12** unidades de 60,000 BTU/H
- ❖ Auditorio Carlos Martínez **2** equipos de 60,000 BTU/H y **6** equipos de 48,000 BTU/H
- ❖ Auditorio Roberto González **8** equipos de 60,000 BTU/H

El balance térmico recomienda el uso de las siguientes potencias frigoríficas para fines de climatización:

- ❖ Auditorio Fernando Gordillo **12** unidades de 60,000 BTU/H
- ❖ Auditorio Carlos Martínez **2** equipos de 60,000 BTU/H y **4** equipos de 48,000 BTU/H
- ❖ Auditorio Roberto González **6** equipos de 60,000 BTU/H

Actualmente los auditorios trabajan a su capacidad nominal, pero el régimen de trabajo de los locales permite un descanso de los equipos cuando es fin de semana ya que las clases en los auditorios solo se imparten los días de semana. La mayor demanda de potencia se ubica en el auditorio 12 debido a sus dimensiones estructurales y al tipo de evento que está sometido, el número de personas también es mayor comparado a los otros auditorios.

El auditorio 12 tiene una remodelación relativamente nueva, el cual se realizó en diciembre del año 2014 y que consiste una pequeña partición interna con un aislante térmico sobre las paredes para reducir la carga térmica, también tiene un cielo falso con protección acústica. Debido a esto la carga térmica no será cuestión de cambio sino solo con propósito de análisis para el cambio de los equipos inverter.

Otro problema encontrado, es la cantidad de equipos instalados en los auditorios 27 y 52, encontrándose que no corresponde a los cálculos estimados. Al encontrarse más equipos de los debidos, esto se refleja en el consumo del medidor y es energía facturada, sin embargo esta no se está usando

eficientemente en los locales. El uso de los auditorios no es continuo, por lo que no es necesario mantener esta cantidad excedente de equipos.

Los auditorios 12 y 27 serán analizados para sugerir cual es la mejor opción de cambio de equipos inverter y aislamiento térmico de paredes. Una observación a mencionar es el sistema de iluminación que además de usar tecnología incandescente se pretende sustituir por otras más ahorrativas y eficientes, al mismo tiempo que se reducirá significativamente la carga térmica por iluminación.

5. Capítulo II: Evaluación de Propuestas para Reducir Consumo de energía utilizada por Climatización en Auditorios 12, 27 y 52

5.1. Objetivos

Valorar técnicamente la aplicación de tecnologías de alta eficiencia energética como alternativa futura en el ahorro energético en los Auditorios 12, 27 y 52

5.2. Introducción

Definimos el término tecnología, de la manera más sencilla, como la convergencia existente entre la técnica y la ciencia. La técnica, en su caso particular, comprende todos los procedimientos (o conjunto de ellos) necesarios para materializar un objetivo determinado; cabe mencionar que al hablar de procedimientos nos referimos a actividades físicas meramente.

Por otro lado, la ciencia se enfoca a desarrollar actividades de conocimiento o de estudio en base a sus principios, causas o efectos. Juntas, la técnica y la ciencia, conforman lo que hoy en día conocemos como tecnología, que no es más que la aplicación de conocimientos (previos o adquiridos) a una actividad determinada con el propósito de hacer de la misma una más sistematizada, compleja y adecuada que ayude a su desarrollo más efectivo (Gay, 2012)

Hoy en día, la tecnología avanza a pasos agigantados, proveyendo a las personas de mayor comodidad, seguridad y confort. Además, la tecnología de nuestros días viene acompañada de una mayor eficiencia para desempeñar el trabajo para el que fue diseñada o construida aún cuando se trata de equipos estándares (ya que estos son mucho más eficientes que aquellos concebidos hace 15 o 20 años atrás).

Sin embargo, las tecnologías de alta eficiencia son todos aquellos equipos, dispositivos o maquinarias concebidos con materiales de alta calidad y procesos especiales para poder obtener de ellos un desempeño más allá del promedio o estándar aceptado para los mismos.

Esto quiere decir que su proceso de diseño y manufactura fue realizado con las más recientes técnicas de fabricación y eliminando las consideraciones más mínimas para aumentar su desempeño y funcionalidad (Gay, 2012)

Además de esto, la alta eficiencia también se ha empezado a medir (en los últimos años) no sólo en base a su alto desempeño, sino también en base a su capacidad de no contaminar y no dañar el medio ambiente. Por lo tanto, el aprovechamiento de recursos naturales como fuente de generación de energía eléctrica y la utilización de materiales no-contaminantes, o poco contaminantes, es también parte de una tendencia eficiente y verde.

5.3. Medidas de ahorro energético previas para incluir los equipos de climatización inverter en los auditorios 12,27 y52

Para lograr incluir los equipos inverter en los auditorios, es necesario sugerir que se deben realizar ciertas modificaciones previas en cada uno de los locales con respecto al ahorro energético actual. El objetivo de esto es tratar de reducir el consumo de energía y carga térmica, y así también la cantidad de equipos a instalar o sustituir.

Por otro lado al incluir energías renovables como es el caso de la energía solar, es imprescindible contar con una eficiencia energética aceptable para dimensionar adecuadamente el sistema, reduciendo así la cantidad de paneles solares y calculando el regulador lo más eficiente posible.

Se presenta a continuación un diagrama que refleja las debilidades encontradas para cada uno de los auditorios. Seguidamente se enumeran una serie de soluciones propuestas para solventar estas mismas, las cuales permitirán obtener un ahorro (tanto energético como monetario), al igual que mejora el desempeño del Sistema Eléctrico de la misma.

A continuación, se presenta el diagrama correspondiente al detalle de las mejoras a implementar:

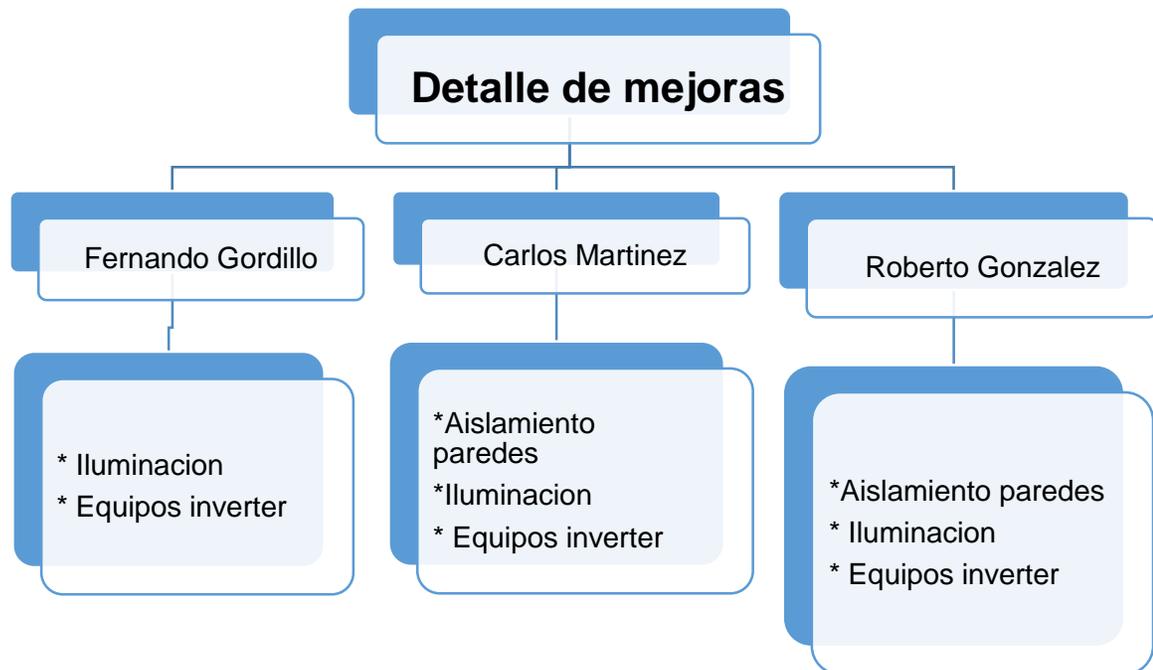


Gráfico 2.1 Subtareas de mejoras para auditorios

5.4. Subtareas a Realizar

5.4.1. Rediseñar iluminación del lugar

Utilizando luminarias de alta eficiencia. Para esto, se sustituirán los tubos fluorescente T8, por tubo LED T8, con las cuales se puede obtener un ahorro en energía eléctrica consumida del 25% al 42% por lámpara sustituido (Energy.Star, 2008)

El sistema de iluminación actual se basa en luminarias con tubos T8 de 40 watts, los cuales serán sustituidos por tubos LED de 18 watts, y bombillos de 27 watts, que serán sustituidos por bombillos LED de 9 watts.

La iluminación LED teóricamente puede alcanzar una eficiencia de conversión de energía eléctrica a luz visible del 100%. Con el desarrollo actual, esta tecnología sobrepasaría los 200 lúmenes por Watt en un corto plazo, con diferentes temperaturas de color y un alto mantenimiento de lúmenes. Las ventajas de los LED son su pequeño tamaño, robustez, expectativa de vida útil larga, alta eficacia luminosa y no provocan radiación térmica.

Sin embargo, la dificultad principal para cambiar a esta tecnología radica en su alto costo, falta de estandarización en los modelos de luminaria existentes y la necesidad de control de temperatura en los ambientes donde son utilizadas. Por el momento, la eficacia lumínica de los dispositivos LED comercial ronda los 62-78 lm/W, pero esta eficiencia continua en ascenso con el importante desarrollo que está teniendo la tecnología de estado sólido.

Hoy en día, existen prototipos que han alcanzado hasta 735 lúmenes de salida con una eficacia de 83 lm/W, como es el caso de compañía Philips Lumileds Lighting (DOE, 2012)

Las características de las lámparas a utilizar para esta propuesta se enlistan a continuación (los datos técnicos se obtuvieron de ficha técnica de los productos en Sitio Web Sylvania (sylvania, 2015)

- Bombillo LED, 9W, 850 Lúmenes, 110-220V, 6500K
- Tubo LED T8 18W, 1700 Lúmenes, 6500K, 48 pulgadas.

Para esto, se sustituirán los tubos fluorescente T8, por tubo LED T8, con las cuales se puede obtener un ahorro en energía eléctrica consumida del 25% al 42% por lámpara sustituida (Energy.Star, 2008).

5.4.2. Sellado de puertas y ventanas

Se deben sellar puertas y ventanas apropiadamente de forma que no se den fugas de aire acondicionado. De esta manera, se evita el excesivo trabajo que tienen que llevar a cabo las unidades de climatización para mantener la

temperatura establecida para el ambiente donde están, provocando un consumo mayor de energía, un mal manejo del equipo y un desgaste mayor del mismo.

5.4.3. Mejorar aislamiento térmico de paredes

Se debe aislar las paredes con material aislante y bajo valor de conductividad (k), para lograr una reducción de carga térmica aportada por la diferencia de temperatura externa y el efecto solar sobre las paredes y cristales. Con el objetivo de disminuir el coeficiente de transferencia térmica a través de paredes. Se plantea el uso de aislamiento R-11, el cual se compone de secciones flexibles de fibra de vidrio cubiertas con papel kraft, y el cual se instalara con cable galvanizado sobre las paredes, y bajo el techo de láminas de zinc (Sistegua, 2011)

5.4.4. Especificaciones

Partición liviana: Partición utilizando Densglass de 1/2" con estructura galvanizada a cada 0.40 cm amarrada a columnas en alto relieve existente con una altura total de forro según nivel de piso terminado, incluyendo jambas. Entre pared de ladrillo de barro o concreto y lámina de densglass se le instalará aislante R11, estructurado con alambre de acero galvanizado cal. 12, En forma de zigzag

NUEVA CARGA TÉRMICA

El auditorio 12 no es objeto de estudio en este apartado, debido a que dichas mejoras ya están instaladas en las paredes y techos.

Para disminuir la cantidad de calor a extraer por los aires acondicionado, se planteó las propuestas anteriores para obtener una menor carga térmica por ende una menor cantidad de equipos necesarios para enfriar el mismo local, y la cual se expone en las siguientes tablas:

Detalle de Carga Térmica Auditorio Carlos Martínez		
Descripción	Carga térmica	
Por diferencial de temperatura	5519	BTU/H
efecto solar sobre paredes	13338	BTU/H
cristales	14556	BTU/H
Techo	47150	BTU/H
Equipos misceláneos	25031	BTU/H
Ocupantes	105000	BTU/H
Infiltración por puertas y ventanas	17622	BTU/H
Total	228216	BTU/H

Tabla 2.1 Nueva carga térmica auditorio 27 con propuestas de mejora en paredes, techo e iluminación

$$\text{Cantidad Equipos} = \frac{228216 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}}{60000 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}} = 3.8 \approx 4 \text{ Equipos}$$

Detalle de Carga Térmica Auditorio Roberto González		
Descripción	Carga térmica	
Por diferencial de temperatura	5600	BTU/H
efecto solar sobre paredes	2930	BTU/H
cristales	13680	BTU/H
Techo	7578	BTU/H
Equipos misceláneos	20942	BTU/H
Ocupantes	140000	BTU/H
Infiltración por puertas y ventanas	40394	BTU/H
Total	231124	BTU/H

Tabla 2.2 Nueva carga térmica auditorio 52, con propuestas de mejora en paredes, techo e iluminación

$$\text{Cantidad Equipos} = \frac{231124 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}}{60000 \frac{\text{BTU}}{\text{H}}} = 3.8 \approx 4 \text{ Equipos}$$

5.5. Conclusión

Auditorio 27, Carlos Martínez						
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)
A.A. (60,000 BTU)	4	208	27.0	108	5616.00	22.464
Auditorio 52, Roberto Gonzáles						
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)
A.A. (60,000 BTU)	4	208	27.0	108	5616.00	22.464

Tabla 2.3 Consumo de energía previsto después de las mejoras propuestas Auditorios 27 y 52

Este cálculo ha demostrado que en un recinto aislado se necesita un equipo de menor capacidad frigorífica, que en lugar de uno que no esté aislado con el mismo rendimiento en cuanto al desalojo de la carga térmica o de calor, pero solo con la ventaja que tiene más beneficios por costos del equipo y consumo de energía; con esto nos damos cuenta de la importancia de usar materiales aislantes con lo cual se disminuye los factores que aumentan la carga de calor por transmisión tanto en muros y techos, quedando como sugerencia inequívoca el uso de este tipo de materiales aislantes en lugares a climatizar.

El cambio de luminarias aporta un poco en la reducción tanto de energía como de calor, puesto que el calor que produce una lámpara incandescente de 25W es similar a la carga térmica de 85.32 Btu/h.

Así que utilizar fuentes luminosas más eficientes también ayuda a reducir el gasto de energía en los equipos de aire acondicionado. Este es un punto a favor

del LED, que es mucho más eficiente transformando electricidad en luz, comparado con la mayoría de las demás fuentes luminosas usadas actualmente.

5.6. Evaluación Comparativa de Tecnologías Actuales y Propuestas a Utilizar

Descritas las propuestas:

- ❖ Iluminación eficiente
- ❖ Sellado de puertas y ventanas
- ❖ Aislamiento de paredes y techo

Se procede hacer una evaluación de las mismas para determinar los porcentajes de ahorro y las opciones más factibles a aplicar.

Auditorio Fernando Gordillo:

Empezando, se evalúa implementar las mejoras para reducir el consumo de energía.

- Utilización de Tecnología de Alta Eficiencia (Lámparas y Aire Acondicionados de Alta Eficiencia)

Según el primer capítulo, en el auditorio, tenemos una potencia total instalada de 74.732 kW, la cual corresponde a los siguientes tipos de carga:

- Iluminación: 6.632 kW
- Aire Acondicionado: 67.4 kW

Por lo tanto, usaremos la propuesta mencionada anteriormente, utilizando tecnologías de alta eficiencia como lo son:

- Iluminación: 3.984 kW, Lámparas T8 LED de 18 W, **tabla 2.4**
- Aire Acondicionado 52.2 kW , Tecnología Inverter (según **tabla 2.13**)

ILUMINACION LED	Fernando Gordillo
Bombillos 9w, tubos 18 w	Potencia watts
Total watts	3984
Energía kWh	31.872
Carga total en Btu/h	13597.39
Ahorro energético	39.56%

Tabla 2.4 Propuesta con iluminación LED auditorio Fernando Gordillo

Se obtendrán los siguientes ahorros en materia de energía consumida por las cargas de climatización.

Descripción	Existente no Inverter	Tecnología alta eficiencia Inverter Propuesta
Potencia Instalada	67.4 kW	52.2 kW
Consumo de energía en 8 horas	539.2 kW/h	417.6 kW/h
Ahorro en %	0%	22.55%

Tabla 2.5 Potencia, Energía consumida y porcentaje de ahorro antes y después en Auditorio Fernando Gordillo

Como podemos notar, implementando solo tecnologías de alta eficiencia en el auditorio, se puede lograr un ahorro total del 22.5 %, lo cual se traduce en 122 kW/H diarios no consumidos. Este ahorro, aunque parezca bastante insignificante, mensualmente significaría un ahorro sustancial en la factura de energía de 2684 kW/H.

Auditorio Carlos Martínez

Empezando, se evalúa implementar las mejoras para reducir el consumo de energía.

- Utilización de Tecnología de Alta Eficiencia (Lámparas y Aire Acondicionados de Alta Eficiencia)

Según el primer capítulo, en el auditorio tenemos una potencia total instalada de 40.064 kW, la cual corresponde a los siguientes tipos de carga:

- Iluminación: 4.564 kW (luminarias de 4 x 32 w)
- Aire Acondicionado: 35 kW

Por lo tanto, usaremos la propuesta mencionada anteriormente, utilizando tecnología de alta eficiencia como lo son:

- Iluminación: 2.546kW (Lámparas T8 LED de 18 W y bombillos LED 9W)
- Aire Acondicionado 21.7 kW

ILUMINACION LED	Carlos Martínez
Bombillos 9w, tubos 18 w	Potencia watts
Total watts	2546
Energía KWh	20.368
Carga total en Btu/h	8689.50
Ahorro energético	41.69%

Tabla 2.6 Propuesta con iluminación LED auditorio Carlos Martínez

Se obtendrán los siguientes ahorros en materia de energía consumida por las cargas de climatización.

Descripción	Existente no Inverter	Tecnología alta eficiencia Inverter Propuesta
Potencia Instalada	35 kW	21.7 kW
Consumo de energía en 8 horas	280 kW/h	174 kW/h
Ahorro en %	0%	38%

Tabla 2.7 Potencia, Energía consumida y porcentaje de ahorro antes y después en Auditorio Carlos Martínez

Como podemos notar, implementando solo tecnologías de alta eficiencia en el auditorio, se puede lograr un ahorro total del 38% lo cual se traduce en 106 kW/H diarios no consumidos. Este ahorro, significaría un ahorro sustancial en la factura de energía de 2332 kW/H.

Auditorio Roberto González

Se evalúa implementar las mejoras para reducir el consumo de energía.

- Utilización de Tecnología de Alta Eficiencia (Lámparas y Aire Acondicionados de Alta Eficiencia)

Según el primer capítulo, en el auditorio tenemos una potencia total instalada de 51.3 kW, la cual corresponde a los siguientes tipos de carga:

- Iluminación: 7 kW (luminarias de 4 x 40 w)
- Aire Acondicionado: 43.8 kW

Por lo tanto, usaremos la propuesta mencionada anteriormente, utilizando tecnologías de alta eficiencia como lo son:

- Iluminación: 3.168 kW (Lámparas T8 LED de 18 W)
- Aire Acondicionado 21.7 kW

ILUMINACION LED	Roberto González
Bombillos 9w, tubos 18 w	Potencia watts
Total watts	3168
Energía KWh	25.344
Carga total en Btu/h	10812.38
Ahorro energético	55%

Tabla 2.8 Propuesta con iluminación LED auditorio Roberto González

Se obtendrán los siguientes ahorros en materia de energía consumida por las cargas de climatización.

Descripción	Existente no Inverter	Tecnología alta eficiencia Inverter Propuesta
Potencia Instalada	43.8 kW	21.7 kW
Consumo de energía en 8 horas	350 kW/h	174 kW/h
Ahorro en %	0%	50%

Tabla 2.9 Potencia, Energía consumida y porcentaje de ahorro antes y después en Auditorio Roberto González

Como podemos notar, implementando solo tecnologías de alta eficiencia en el auditorio, se puede lograr un ahorro total del 50 %, lo cual se traduce en 176 kW/H diarios no consumidos.

Propuesta 1

Descripción: La propuesta es sustituir todos los aires acondicionados convencionales por equipos con tecnología inverter

Auditorio 12, Fernando Gordillo								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Potencia (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU) piso - techo	12	208	20.9	250.8	4347.20	52.2	16	R-410a
Auditorio 27, Carlos Martínez								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU) piso - techo	5	208	20.9	104.5	4347.20	21.7	16	R-410a
Auditorio 52, Roberto González								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU) piso - techo	5	208	20.9	104.5	4347.20	21.7	16	R-410a

Tabla 2.10 Propuesta 1, Sustituir equipos existentes

Propuesta 2

Descripción: Se pretende aislar el 100% de los equipos inverter hacia un sistema fotovoltaico destinado solo a climatización. Estas cargas corresponden a la mostrada en la **tabla 2.10**

Propuesta 3

Descripción: Se pretende sustituir el 50% de los equipos convencionales por equipos inverter y adicional, aislar el consumo de estos inverter hacia un sistema fotovoltaico destinado solo a climatización

Auditorio 12, Fernando Gordillo								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Potencia (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU) piso - techo	7	208	20.9	146.3	4347.20	30.4	16	R-410a
Auditorio 27, Carlos Martínez								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU)	3	208	20.9	62.7	4347.20	13.0	16	R-410a
Auditorio 52, Roberto Gonzáles								
Elemento	Cantidad	Volt (V)	I. Ind (Amps)	I. Total (Amps)	Pot. Ind. (W)	Pot. Total (kW)	Eficiencia	Refrigerante
A.A. (60,000 BTU)	3	208	20.9	62.7	4347.20	13.0	16	R-410a

Tabla 2.11 Propuesta 3, respaldo de consumo con 50% fotovoltaico

RESUMEN

En el siguiente grafico de barras se detalla cada propuesta y se visualiza cómo se comporta el consumo antes y después de implementar dichas mejoras

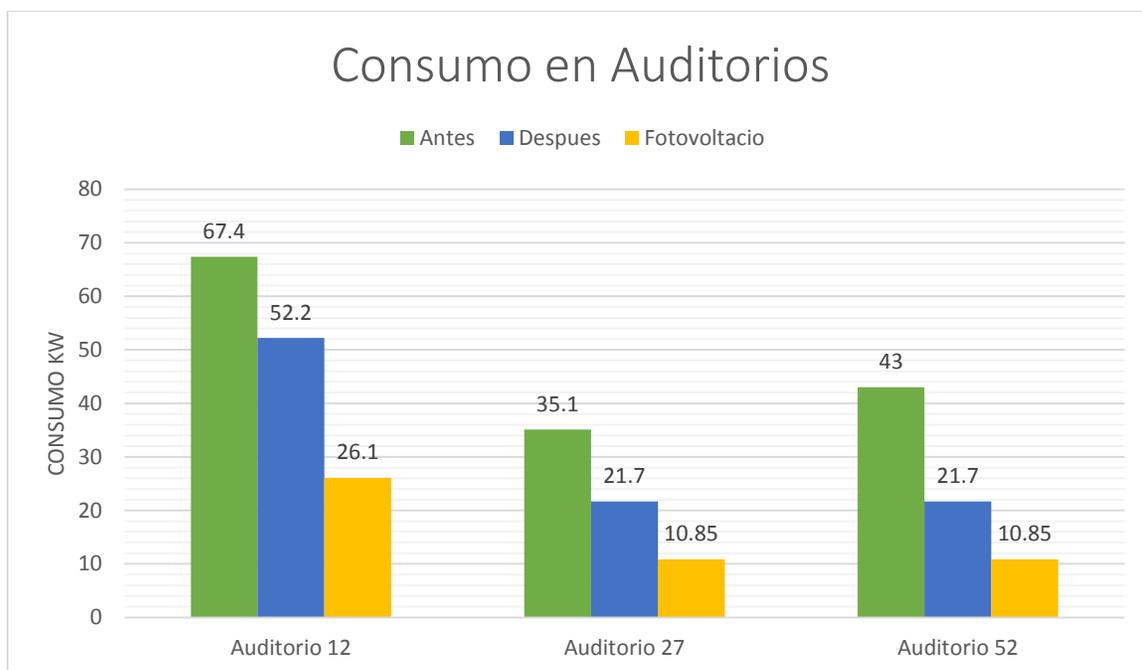


Grafico 2.12 Consumo potencia antes y después de las mejoras

En la gráfica anterior se puede notar como cambia el comportamiento de consumo eléctrico, la barra **color verde** representa la carga de los equipos instalados actualmente en los auditorios. La cantidad de equipos es dispersa ya que existen equipos con diferentes capacidades frigoríficas entre 4 y 5 toneladas.

Este consumo indica como los equipos convencionales ocupan demasiada energía para funcionar por lo que se propone una segunda opción representada por la barra **color azul**, esta iniciativa consiste en sustituir todos los equipos convencionales con equipos tecnología inverter, los cuales además de consumir menos energía permiten un mayor control de la temperatura en el ambiente, se eliminan los picos de arranque, menor ruido, etc... Otro alcance de esta propuesta es estandarizar las capacidades de los aires a equipos de 5 toneladas, balanceando de esta forma los circuitos en los paneles.

Hasta este punto se reduce en gran manera la potencia instalada por lo que al tener todo los consumos al mínimo podemos insertar otro dato y es aquí

tenemos la **propuesta 2** el cual incorpora todas las mejoras descritas en las propuestas anteriores, excepto que la demanda del 100 % del sistema de climatización de cada auditorio, será cubierta por energía solar. La potencia a suplir a través del sistema solar es la misma de la propuesta 1 y para no redundar en el grafico se omitió este cálculo innecesario

En el caso que no fuese posible alimentar el 100 % de la carga por el sistema fotovoltaico, se inserta una **propuesta 3** representada por la **barra amarilla**. Cabe mencionar que con energía solar solo se pretende cubrir la demanda del 50% de equipos inverter y el otro 50% restante estaría siempre conectado a la red comercial.

6. Capítulo III: Evaluación Técnica de la Tecnología Inverter en comparación con la Tecnología Convencional para la Refrigeración de locales

6.1. Introducción

Escoger el aire acondicionado, más adecuado para nuestro local es sencillo. Lo primero que tenemos que valorar es la estancia donde lo vamos a colocar y el nivel de eficiencia energética del aparato, que nos permitirá saber cuál es el que menos consume y que menos impacto tiene sobre el medio ambiente.

El mercado de aire acondicionado es amplísimo, se trata de analizar primero las ofertas de los distintos fabricantes y analizar las características técnicas de cada aparato. Un aire acondicionado puede durar más de 10 años con un correcto mantenimiento, por lo que para tomar la decisión adecuada y escoger bien el equipo de aire acondicionado correcto es importante tener claras las necesidades.

Un aire acondicionado Split es uno de los sistemas de climatización más extendidos a nivel doméstico y comercial. Cuando hablamos de Split nos referimos a la unidad interior de la instalación que requiere también de una unidad exterior que se instala en la fachada, balcón o techo de la vivienda para extraer el aire caliente hacia el ambiente exterior. Una instalación de este tipo también puede contar con varias unidades Split. En este caso, hablaríamos de un sistema Multi-Split.

Los equipos de aire acondicionado Split requieren perforar la pared o techos para conectar la tubería de cobre y la interconexión eléctrica señal de mando de la unidad exterior con la interior e instalar un desagüe para la evacuación de la condensación que se forma en la evaporadora.

Los Split de aire acondicionado se comercializan en un amplio rango de potencias, consiguen buenos rendimientos y según el modelo son bastante silenciosos.

6.2. Características de los Aires Acondicionados

6.2.1. Prestaciones del Sistema

La mayoría de instalaciones de aire acondicionado funcionan hoy en día con la tecnología Inverter. La tecnología o sistema Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico. En lugar de arrancar y parar frecuentemente como es el caso de los aires acondicionados convencionales eficiencia estándar, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura del local. Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor.

6.2.2. Requisitos de potencia acústica máxima para el aire acondicionado

Antes de la compra también se recomienda fijarse en el **nivel de potencia sonora** del aparato, que viene reflejado en un apartado de la etiqueta energética. Si el equipo va a instalarse y utilizarse en un dormitorio, no se recomienda superar los 24 decibelios.

POTENCIA NOMINAL		POTENCIA ACÚSTICA EN dB(A)
≤ 6kW	Interior	60
	Exterior	65
≤ 12kW	Interior	65
	Exterior	70

3.1 Potencia acústica de aires acondicionado <https://www.caloryfrio.com>

6.2.3. Potencia Térmica del Equipo

Para elegir el aire acondicionado que necesitamos, debemos calcular las frigorías o potencia frigorífica necesarias para absorber el calor de la vivienda o local. En este cálculo intervienen numerosos factores: superficie de las paredes, el techo, temperatura exterior, superficie acristalada, orientación de la habitación, sombras exteriores, ubicación geográfica, época del año, materiales de construcción... etc. En la práctica se utiliza como base del cálculo unas 100 frigorías por metro cuadrado, es decir, un recinto de 40 m² necesitaría un aparato de 4000 frigorías, entendemos que 1KW equivale aproximadamente a 860 Frigorías/ horas.

En cuanto a la potencia necesaria para la habitación anterior bastaría con un aire acondicionado de 4,65 kW.

6.2.4. Consumo Energético

Los equipos de aire acondicionado, como aparatos consumidores de energía, deben traer a la vista una etiqueta energética que indique su nivel de eficiencia energética, con una valoración en colores y letras de la A++ para los más eficientes a la G para los que más energía consumen. A la hora de elegir un aire acondicionado, es importante tener en cuenta el consumo energético, lo que se traducirá en la factura energética a final de mes pero también en reducir las emisiones al medio ambiente.

Esta etiqueta también muestra los valores de rendimiento estacional (SEER en el caso de aire frío y SCOP en el caso de aire caliente), sin embargo por efecto de aplicación en nuestro país sólo nos interesa el primero, ya que cuanto más alto sea este valor, menor será el consumo.

Las clases de **eficiencia** exigen diferentes valores según el rendimiento del Split:

	SEER	SCOP
A+++	SEER \geq 8,50	SCOP \geq 5,10
A++	6,10 \leq SEER < 8,50	4,60 \leq SCOP < 5,10
A+	5,60 \leq SEER < 6,10	4,00 \leq SCOP < 4,60
A	5,10 \leq SEER < 5,60	3,40 \leq SCOP < 4,00
B	4,60 \leq SEER < 5,10	3,10 \leq SCOP < 3,40
C	4,10 \leq SEER < 4,60	2,80 \leq SCOP < 3,10
D	3,60 \leq SEER < 4,10	2,50 \leq SCOP < 2,80
E	3,10 \leq SEER < 3,60	2,20 \leq SCOP < 2,50
F	2,60 \leq SEER < 3,10	1,90 \leq SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

Tabla 3.2 Clasificación energética de aires acondicionados

<https://nergiza.com>

6.3. Aires Acondicionados de Eficiencia Estándar Vs Alta Eficiencia Inverter

La alta eficiencia en Aires Acondicionado viene definida hoy en día por dos factores importantes a tener en cuenta al momento de elegirlos: el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y el EER (Energy Efficiency Ratio). Ambos factores se encargan de medir que tan bien las unidades de aire enfrían el área destinada y la cantidad de energía necesaria para este propósito (PG.&.E, 2006)

6.4. Relación de SEER con EER y COP General para ambas tecnologías

El **SEER** (Seasonal Energy Efficiency Ratio) viene a sustituir a una especificación previa como es el **EER** (Energy Efficiency Ratio), que se considera en la actualidad menos completa y estricta que la primera.

En el caso de los aparatos de aire acondicionado con bomba de calor, se empleaba el coeficiente de rendimiento **COP** (Coefficient Of Performance), como sucede en el caso anterior, se sustituirá por otro más preciso: el Coeficiente de Rendimiento Estacional (**SCOP**), ambos podemos encontrarlos en la **tabla 3.2**, como se mencionaba anteriormente por efectos de uso este último no se tomara en cuenta como objeto del presente estudio.

Como se mencionaba en el punto **6.2.4**, el SEER ya viene especificado en las etiquetas de los aparatos, por lo que resulta mucho más sencillo calcular el nivel de eficiencia energética del aire acondicionado. Para establecerlo, se divide la producción de energía de refrigeración durante su uso anual normal entre la entrada de energía eléctrica total en vatios-horas durante el mismo periodo.

La gran ventaja de confiarnos del **SEER** y no del **EER** para averiguar la verdadera eficiencia energética de nuestro aparato de aire acondicionado, es que en el último de los casos se medía la potencia del aparato a plena carga, es decir, enfriando al máximo de su capacidad, mientras que con el **SEER** se mide con cargas parciales (100%, 74%, 47%, 21%) que, en realidad, se ajusta más al uso que le podemos dar en nuestro caso a los auditorios, oficinas, salones de clase o nuestra propia casa; cuanto más alto sea el **SEER**, más eficiente será el equipo que vayamos a comprar, pero también su costo será más elevado.

Por este motivo, es importante encontrar el equilibrio, porque un equipo barato pero con un **SEER** muy bajo, a largo plazo, nos resultará menos rentable.

El **EER** típico para unidades de refrigeración centrales residenciales = $0.875 \times$ SEER, el SEER es un valor más alto que EER para el mismo equipo (AHRI, 2008)

Para unidades estándar no Inverter eficiencia 10 (existentes 6 en el Auditorio Roberto Gonzáles # 52), podemos determinar de la teoría anterior que cuenta con un EER de 8.75, en cambio con una unidad Inverter de alta eficiencia 16 el EER nos daría un valor de 14, ambas unidades con su respectiva unidad de medida que es el BTU / W · h.

Análisis SEER Para ambas eficiencias:

Por ejemplo, considerando una unidad de aire acondicionado existente en el auditorio Roberto Gonzáles # 52, de 60.000 BTU/H, partiendo de la equivalencia que 1 W es igual a 3.413 BTU/h podemos decir que el equipo puede tener una potencia de (17,585W), con un SEER de **10** BTU / W · h, que funciona durante un total de 2112 horas durante una temporada de enfriamiento anual (por ejemplo, 8 horas por día durante 264 días).

La producción anual de refrigeración total sería:

$$60,000 \frac{BTU}{H} * 8 \frac{H}{DIA} * 264 \frac{dias}{año} = 126,720,000 \frac{BTU}{año}$$

Con un SEER de **10** BTU / W · h, el uso anual de energía eléctrica sería aproximadamente:

$$\frac{126,720,000 \frac{BTU}{año}}{10 \frac{BTU}{W \cdot h}} = 12,672,000 \frac{W \cdot h}{año}$$

El uso de energía promedio también puede ser calculado más simplemente por:

Energía Promedio:

$$\frac{\left(\frac{BTU}{H}\right)}{SEER} = \frac{60,000}{10} = 6,000 W$$

Tomando en cuenta el costo de electricidad aproximado para UNAN Managua es de 3.9687 C\$ / kW · h, entonces su costo por hora de operación es:

$$6 kW * \frac{3.9687C\$}{kW.h} = 23.8122 \frac{C\$}{h}$$

En cambio utilizando estos mismos parámetros con un equipo INVERTER de un SEER **16** el uso de energía promedio puede transformarse en:

$$\frac{\left(\frac{BTU}{H}\right)}{SEER} = \frac{60,000}{16} = 3750 W$$

El costo por hora de operación con esta nueva tecnología sería:

$$3.75 kW * \frac{3.9687C\$}{kW.h} = 14.882625 \frac{C\$}{h}$$

Podemos notar que la diferencia en el primer ejemplo (Eficiencia estándar) en comparación del segundo (Alta eficiencia Inverter) son C\$ 8.93 córdobas ahorrados por cada kW/h consumido.

6.5. Descripción de funcionamiento de un Motor Inverter de Aire Acondicionado

Este puede trabajar de forma similar a un motor de tres fases CC sin escobillas (**BLDC**) el cual requiere administración electrónica para funcionar ya que necesita un micro controlador, que utiliza una entrada de sensores que indican la posición del rotor, para energizar las bobinas del estator en el momento correcto. El tiempo adecuado permite un control preciso de velocidad y torsión así como garantiza que el motor funcione con el pico de eficiencia.

Un motor BLDC se conoce por ser «sincrónico» porque el campo magnético generado por el estator y el rotor giran a la misma frecuencia. Un beneficio de este arreglo es que los motores BLDC no ejercen el «deslizamiento» típico de los motores de inducción, también cuentan con respuesta dinámica más rápida, operación sin ruido y mayores rangos de velocidad.

El estator del motor BLDC compromete las láminas de acero, con ranuras axiales para alojar la misma cantidad de bobinados en la periferia interna, si bien el estator del motor BLDC se asemeja a un motor de inducción, el bobinado se distribuye de manera diferente.

El rotor está construido de imanes permanentes con pares de polo N-S de dos a ocho. La mayor cantidad de pares de imanes aumentan la torsión y disminuyen el denominado rizado de torsión, que equilibra la potencia que llega del motor.

Tradicionalmente, los imanes de ferrita se utilizaron como imanes permanentes, pero las unidades actuales tienden a usar imanes de tierra rara. Si bien estos imanes son más costosos, generan mayor densidad de flujo, permitiendo que el rotor sea más pequeño para un par de torsión dado. El uso de estos imanes poderosos es un motivo clave por el que los motores BLDC ofrecen mayor potencia que el motor CC de escobilla del mismo tamaño.

6.6. Conclusión:

Características de Funcionamiento	INVERTER Eficiencia 16	NO INVERTER Eficiencia 10
Temperatura de Confort programada	Optima y Constante	Cambios bruscos en la temperatura siempre mayores o menores a la programada
Tiempos de funcionamiento del compresor	Constante, desacelerando el compresor cuando ya no se requiere su potencia térmica neta y acelerando cuando esta lo demande, velocidad variable	Apagados y encendidos constantes, provocando picos de consumos al arranque, reduciendo la vida útil de la máquina, velocidad fija
Tipo de refrigerante que utiliza	Amigable con el medio ambiente R-410a	Perjudicial para el medio ambiente R-22
Volumen de flujo de refrigerante	Variable	Fijo
Costo de operación en C\$/h	14.8826	23.8122
EER	14	8.75

Tabla 3.3 Comparación de ambas Tecnologías basados en los ejemplos anteriores.

7. CAPITULO IV: Implementación de Sistema Fotovoltaico como Fuente de Energía Eléctrica, para emplearse en Sistemas de Climatización

7.1. Introducción

Desde los inicios de la historia se ha considerado al sol como fuente de vida y origen de las demás formas de energía que ha utilizado el hombre ya que en teoría puede satisfacer todas las necesidades usando convenientemente toda la luz que incide sobre el planeta. En un solo año el sol puede enviar a la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consumirá.

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 por el científico francés, Henri Becquerel y las primeras celdas solares estaban construidas de material selenio en 1880, sin embargo, en 1950 las celdas fotovoltaicas se desarrollaron de silicio Monocristalino, el cual actualmente se sigue utilizando en la industria fotovoltaica.

La tecnología de módulos fotovoltaicos planos se encuentra desarrollada desde hace décadas, ofreciendo en la actualidad un producto comercial que ha ido mejorando sus prestaciones en el tiempo gracias a la libre competencia. Así los fabricantes actuales garantizan sus productos por tiempos superiores a 20 años, obteniendo degradaciones inferiores al 20% durante la vida útil de los módulos (Germain, 2010)

El desarrollo de la energía fotovoltaica requiere conseguir, con unos costes razonables, que los elementos de la instalación alcancen unos rendimientos energéticos elevados y así que la instalación funcione de la mejor forma posible.

7.2. Pasos para el Diseño Fotovoltaico

7.2.1. Paso 1: Cálculo de consumos estimados

Rendimiento del sistema (performance ratio): es la energía útil generada por un sistema fotovoltaico, dividida por la máxima teórica esta última calculada atendiendo solo a la irradiancia recibida por el generador fotovoltaico y a su potencia. Los valores típicos para este factor están entre 0.6 -0.8. (Mateo, 2016)

Establecemos para el caso de ejemplo los equipos básicos necesarios que consumirán energía, aplicamos un rendimiento de la instalación del 75% para calcular la energía total necesaria para abastecer la demanda:

$$\text{total consumo por dia estimados (Cde)} = \frac{kWh}{dia}$$

$$\text{Total energia necesaria (Ten)} = \frac{Cde}{0,75} = \frac{Wh}{dia}$$

Fernando Gordillo

Tabla de definición de consumos Diario Auditorio Fernando Gordillo						
Descripción	Unidad	Potencia W	Horas	V(AC)	Rdto %	Energía Teórica Diaria kW/h
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.20	8	208	75	46.36
Total		52,166				557

Tabla 4.1 Consumo de energía climatización Auditorio 12

Carlos Martínez

Tabla de definición de consumos Diario Auditorio Carlos Martínez						
Descripción	Unidad	Potencia W	Horas	V(AC)	Rdto %	Energía Teórica Diaria kW/h
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
Total		21,736				232

Tabla 4.2 Consumo de energía climatización auditorio 27

Roberto González

Tabla de definición de consumos Diario Auditorio Carlos Martínez						
Descripción	Unidad	Potencia W	Horas	V(AC)	Rdto %	Energía Teórica Diaria kW/h
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
A/A 60000 BTU/H,SEER 16	1	4347.2	8	208	75	46.36
Total		21,736				232

Tabla 4.3 Consumo de energía climatización auditorio 52

Así pues, si sumamos los diferentes consumos parciales, obtenemos el consumo total estimado:

Escenarios de consumos de energía diarios climatización:

Según el paso 1, la energía total necesaria para cubrir por el sistema fotovoltaico, es el contenido en la siguiente tabla:

Auditorio	Escenario 100 %	Escenario 50 %
Fernando Gordillo	557 kWh/día	275 kWh/día
Carlos Martínez	232 kWh/día	116 kWh/día
Roberto González	232 kWh/día	116 kWh/día

Tabla 4.4 Consumo de energía diario por auditorio

7.2.2. Radiación solar disponible

Después de varios años de investigación y estudios por parte de la Universidad Centroamericana (UCA) y el Instituto Nicaragüense de Energía en la década de los 90, los datos de la radiación solar han permitido elaborar el Mapa Solar de Nicaragua. De acuerdo a la información disponible el valor medido promedio de brillo solar es de 2,500 horas/año y recibe una radiación global solar anual que varía entre (1.4 y 2.0 Mega-watts-hora/m² año) según la zona del país. (Comision Nacional de Energia, 2002)

Las zonas de mayor insolación anual son:

Zonas	Pacífico		Central Montañosa			Atlántica	
Departamentos	Chinandega	Managua	Ocotal	Muy Muy	San Carlos	El Rama	Puerto Cabezas
MWh/m ² -año	2.0		1.7			1.4	

Tabla 4.5 Radiación solar según la zona del país

DATOS	
Latitud	13 °
Longitud	85°
Inclinación de los módulos	35 °
Orientación de los Módulos	0 °

Tabla 4.6 Datos geográficos de Nicaragua

Una vez conociendo la radiación solar incidente del lugar, la dividimos entre la radiación solar incidente que utilizamos para calibrar los módulos (1 kW/m²), y obtendremos la cantidad de horas sol pico (HSP).

A efectos prácticos en nuestro caso este valor no cambia, pero utilizaremos el concepto de HSP (horas sol pico) que es el número de horas equivalente que tendría que brillar el sol a una intensidad de 1000 W /m2 para obtener la insolación total de un día, ya que en realidad el sol varía la intensidad a lo largo del día.

$$HSP = \frac{\text{radiacion solar tablas}}{\frac{1kW}{m^2}} = x HSP$$

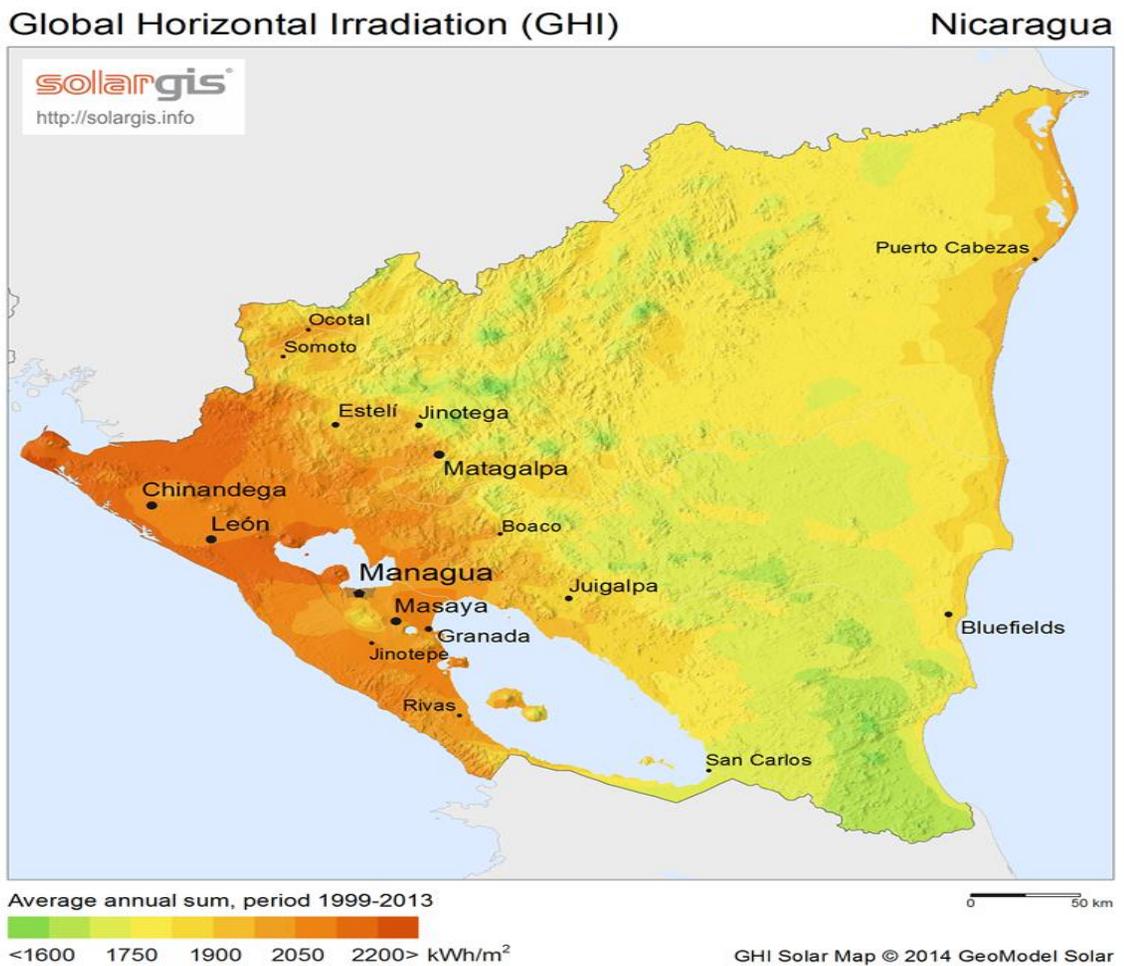


Fig. 4.1 Mapa solar de Nicaragua

Según la **tabla anexo 9** y verificado con datos de campo utilizados por la empresa **TECNOSOL**, empresa líder en instalación de sistemas fotovoltaico, el máximo valor de horas pico de sol para Nicaragua varía según la zona del país, para nuestro caso práctico a nivel de Managua utilizaremos el valor de **4.27** HSP.

7.2.3. Cálculo de placas o paneles solares necesarios

Es fundamental un correcto dimensionamiento tanto para poder abastecer con garantías la demanda energética que tengamos, como también para acotar el coste económico de la instalación.

Para modelar el rendimiento de los módulos fotovoltaicos teniendo en cuentas estas pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos, se introduce un factor de rendimiento η . Normalmente suele adoptar un valor de 0.8 – 0.9 (Mateo, 2016).

Vamos a realizar los cálculos para establecer el número de módulos (placas o paneles solares) en función de las condiciones de radiación más desfavorables. Para realizar este cálculo nosotros hemos elegido módulos de 270 W. Este dato viene dado en las características técnicas de los módulos elegidos según cada modelo y fabricante.

Para instalaciones de uso diario utilizaremos la fórmula:

$$\text{Numero de modulos} = \frac{\text{energía necesaria}}{\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del modulo}}$$

Para los cálculos de los módulos utilizaremos los valores del 100% de energía encontrado en el paso 1 y la **tabla 4.4**:

Escenario 100 % de equipos:

Fernando Gordillo: este cuenta con 12 equipos y consume 618 kWh/día

$$Nmd = \frac{557 \text{ kWh/dia}}{4,27 * 0.75 * 270 \text{ W}} = 644 \text{ modulos}$$

Carlos Martínez:

$$Nmd = \frac{232 \text{ kWh/dia}}{4,27 * 0.75 * 270} = 268 \text{ modulos}$$

Roberto González:

$$Nmd = \frac{232 \text{ kWh/dia}}{4,27 * 0.75 * 270} = 268 \text{ modulos}$$

Escenario 50 % de equipos:

En esta parte del cálculo usaremos los valores al 50% de la **tabla 4.4:**

Fernando Gordillo:

$$Nmd = \frac{280 \text{ kWh/dia}}{4,27 * 0.75 * 270} = 322 \text{ modulos}$$

Carlos Martínez:

$$Nmd = \frac{116 \text{ kWh/dia}}{4,27 * 0.75 * 270} = 134 \text{ modulos}$$

Roberto González:

$$Nmd = \frac{116 \text{ kWh/día}}{4,27 * 0.75 * 270} = 134 \text{ módulos}$$

Descripción	Cantidad módulos 100 %	Cantidad módulos 50%
Auditorio 12	644	322
Auditorio 27	268	134
Auditorio 52	268	134

Tabla 4.7 Cantidad de módulos necesarios para cada local

Teniendo en cuenta que las necesidades de consumo que hemos establecido son muy básicas, si se introducen consumos mayores en el primer apartado nos resultará una cantidad de placas mayor.

7.2.4. Selección del convertidor

Finalmente, ya sólo quedaría elegir un convertidor de corriente continua a Corriente alterna para poder disponer de corriente alterna a 220 V.

La potencia del convertidor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos, (Normalmente valores que van de 0,5-0,7). Dado que los aires acondicionados ubicados en un mismo local operan según lo previsto para el total de carga térmica, tal coeficiente corresponde a 1, porque se calculó para el total de equipos en funcionamiento.

En nuestro caso la potencia total estimada es de:

<u>Fernando Gordillo:</u>	$52.166 \text{ kW} * 1 = 53\text{kW}$
<u>Carlos Martínez:</u>	$21.736 \text{ kW} * 1 = 22 \text{ kW}$
<u>Roberto González:</u>	$21.736 \text{ kW} * 1 = 22 \text{ kW}$

Así pues, sería necesario para cada local:

<u>Fernando Gordillo:</u>	55 kW
<u>Carlos Martínez:</u>	25 kW
<u>Roberto González:</u>	25 kW

Sería suficiente para nuestro proyecto, siempre y cuando realmente utilicemos sólo los aparatos contemplados inicialmente. Siempre podemos establecer una potencia mayor por si puntualmente se utiliza algún otro equipo de mayor consumo.

7.3. Conclusión

Hasta este punto hemos calculado todos los datos necesarios para implementar el sistema fotovoltaico, de acuerdo a la naturaleza de la carga es decir aires acondicionados, generalmente se consideran los picos de corriente en los arranque pero debido a que se han sustituido por equipos inverter estos sobresaltos quedan irrelevantes ya que no estarán encendiendo y apagando continuamente sino que reduce la revoluciones del compresor de acuerdo a la demanda del recinto sin llegar a detenerse.

El cálculo de energía en kW/h necesaria para cubrir un día de trabajo es decir 8 horas, se encontró a partir de la potencia unitaria de cada equipo, y el resultado total para cada local se presenta en la siguiente tabla:

Consumo diario de energía estimado		
Descripción	Potencia total (kW) 100%	Potencia total (kW) 50%
Auditorio 12	52.2	27
Auditorio 27	21.7	11
Auditorio 52	21.7	11

Tabla 4.8 Potencia diaria en kW por auditorio

Una vez obtenido la cantidad de energía por día, utilizamos este valor para calcular cuántos módulos solares necesitamos para cubrir esa demanda, tomando en cuenta la eficiencia del sistema, el rendimiento, potencia de los módulos y la cantidad de horas pico de sol para la zona.

Cantidad de Módulos solares			
Descripción	Potencia módulos	Escenario 100%	Escenario 50 %
Auditorio 12	270 W	644	322
Auditorio 27	270 W	268	134
Auditorio 52	270W	268	134

Tabla 4.9 Potencia y cantidad de paneles por auditorio

La suma de las potencias en kW de cada aire acondicionado, nos da como resultado la potencia de salida del inversor resumidos en la siguiente tabla:

Descripción	Potencia de salida	Cantidad
Auditorio 12	55 kW	1
Auditorio 27	25 kW	1
Auditorio 52	25 kW	1

Tabla 4.10 potencia en kW de salida inversor por auditorio

Los valores de potencia de salida pueden ser para uno solo o pueden ser varios dispuestos de tal forma que la salida total en watts sea el nominal al de cada auditorio.

8. Capítulo V: Análisis Financiero de las Propuestas del Proyecto

8.1. Objetivos

Realizar una evaluación financiera del sistema de climatización inverter y el sistema fotovoltaico.

8.2. Introducción

Debido a que toda actividad empresarial debe de justificarse económica y financieramente, es necesario conocer siempre la rentabilidad de estudios y proyectos energéticos. Además, es siempre importante realizar un reconocimiento de la inversión a efectuar y el ahorro o mejoras a obtener con esta, por lo que los proyectos generalmente incluyen una serie de cálculos económicos o financieros para evaluar y obtener estos datos. Por lo tanto, determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para realizar el proyecto, su costo total de operación al igual que una serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto se considera una evaluación financiera o económica (Baca, 2006)

Por otro lado, un aspecto muy importante a señalar dentro de las evaluaciones económicas de los proyectos es que estas son una herramienta de planeación cuyos datos reflejados en ella, aunque sean sometidos a redondeos o aproximaciones, son obtenidos a través de un riguroso proceso de cálculo. Esto quiere decir que al realizar un flujo financiero para un proyecto o una actividad se debe tratar de proyectar el futuro, por lo que los datos mostrados en él no deben de ser cifras exactas ya que no hay forma de predecir con exactitud el mismo. Por esto, es necesario entender que al hacer redondeos en las cifras no afecta en lo absoluto la evaluación y no viola ningún principio contable ya que

aquí no se trata de controlar las cifras del proyecto porque significaría querer controlar de esa misma forma el futuro (Baca, 2006)

Así, siempre que exista una necesidad humana en cuanto bienes, servicios, calidad o confort existirá la necesidad de invertir, ya que hacerlo es la única forma de obtener lo que se necesita tanto a niveles individuales como a niveles empresariales o sociales. Sin embargo, es claro que las inversiones no se realizan simplemente por el deseo de obtener únicamente lo mencionado, hoy en día una inversión requiere de una base que lo justifique y que al mismo tiempo indique la pauta o pautas que deben seguirse (Baca, 2006)

8.3. Elaboración de presupuesto estimado

Una vez descrita de manera general los elementos y actividades que involucran una evaluación financiera, es importante establecer acá la información necesaria para realizar la evaluación del proyecto en desarrollo. La prioridad desde el punto de vista financiero está en saber la rentabilidad del mismo y de donde saldrá el dinero para pagar esa inversión, razón que genera el cambio mencionado.

Es necesario conocer el origen de los ingresos que pagarán la inversión del proyecto o proyectos individuales a llevar a cabo en la UNAN, los cuales están referidos al dinero ahorrado a través de la disminución de la cantidad de energía consumida.

Este ahorro en energía fue estimado en el segundo capítulo de este trabajo, el cual es de:

Auditorio 12	Auditorio 27	Auditorio52
22.5 %	38 %	50 %
2684 kW/h mes	2332 kW/h mes	3872 kW/h mes
3446 U\$ anual	2994 U\$ anual	4971 U\$ anual

Tabla 5.1 Ingresos estimados para cada auditorio

Como se puede observar en la tabla anterior, los ingresos de cada Auditorio debido al ahorro de energía, han sido desglosados según corresponde. Según el segundo capítulo de este trabajo, en la Universidad se ahorraría una cantidad de 122 kW/h por día para el auditorio 12, siendo U\$ 3446 anuales, 106 kW/h por día para el auditorio 27 siendo U\$ 2994 anuales, 176 kW/h por día para el auditorio 52 siendo U\$ 4971 anuales, en aires acondicionados haciendo las mejoras en los aislamiento de paredes y cambio de iluminación eficientes, y cambio de sistema inverter

Este monto fue calculado tomando en cuenta el tipo de tarifa energética que posee la empresa, la cual es M07- T2E, o Carga contratada mayor que 25 kW para uso general (Establecimientos comerciales, Oficinas públicas y privadas, Centros de salud, hospitales), en la que todos los kW consumidos tienen un costo de C\$ 3.9687 Córdobas, y convertido a Dólares americanos tomando en cuenta un tipo de cambio de C\$ 30 Córdobas por cada Dólar.

Seguidamente, una vez determinados los ingresos de cada local, es necesario conocer la inversión que se debe de llevar a cabo para los mismo. A continuación se muestra un presupuesto general de los equipos a utilizar en cada auditorio reflejado en la tabla de ingresos (**tabla 5.1**). Es de importancia mencionar en esta parte que los precios de los equipos que se plasman en los cuadros de inversiones y el presupuesto general corresponden a precios finales, lo que significa que los mismos incluyen impuestos de venta o introducción al país (I.V.A. 15%) y costos de exportación o fletes (12%).

AUDITORIO 12		
Cantidad	Descripción del Bien	Precio(\$)
12	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 28,740.0
176	TUBO LED 18W, T8 6500K, 865 FR VIDRIO SYLVANIA	US\$ 1,478.4
644	Modulo solar tecno sol 270 W- 30 V	US\$ 167,317.0
8	INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 21,600.0
1	Componentes eléctricos	US\$ 13,385.4
24	Bombillos LED, 9W	US\$ 192.0
	Total	US\$ 232,712.7
AUDITORIO 27		
Cantidad	Descripción del Bien	Precio(\$)
5	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 11,975.00
108	TUBO LED 18W, T8 6500K, 865 FR VIDRIO SYLVANIA	US\$ 907.20
4	INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 10,800.0
1	Componentes eléctricos	US\$ 5,577.2
268	Modulo solar tecno sol 270 W- 30 V	US\$ 69,715.41
28	Bombillos LED, 9W	US\$ 224.00
	Total	US\$ 99,198.8
AUDITORIO 52		
Cantidad	Descripción del Bien	Precio(\$)
5	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 11,975.00
176	TUBO LED 18W, T8 6500K, 865 FR VIDRIO SYLVANIA	US\$ 1,478.40
268	Modulo solar tecno sol 270 W- 30 V	US\$ 69,715.41
4	INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 10,800.0
1	Componentes eléctricos	US\$ 5,577.2
	Total	US\$ 99,546.0

Tabla 5.2 Costos Infraestructuras y bienes

En cuanto a los precios de mano de obra e instalación, se consultaron empresas y personas que trabajan con estos equipos para poder obtener un estimado de la inversión que este costo representa para el proyecto, obteniendo de esa manera los siguientes datos:

AUDITORIO 12	
Descripción del Bien	Precio(\$)
Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 3,000.00
Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 16,731.70
Total U\$	US\$ 19,731.70
AUDITORIO 27	
Descripción del Bien	Precio(\$)
Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 1,250.00
Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 6,971.54
Total	US\$ 8,221.54
AUDITORIO 52	
Descripción del Bien	Precio(\$)
Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 1,250.00
Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 6,971.54
Total	US\$ 8,221.54

Tabla 5.3 Costo mano de obra de instalación

Luego hay que establecer el costo de la administración y seguimiento de estos proyectos y de esta manera conocer la inversión total a realizar.

Este costo diferido de los proyectos se encuentra entre un 10% y un 15% de la inversión en infraestructura y bienes según leyes de Formulación y Evaluación de proyectos (Principio de Taylor, *Se basa en la inclusión de métodos científica de los cuatro procesos principales de la administración: planeación, ejecución, preparación y control (Principios de Administración científica, Frederick Tylor).*

Por lo tanto, para este caso en particular se decide utilizar un porcentaje del 10% de la inversión en infraestructura y bienes, obteniendo así la siguiente tabla:

Costo de Administración y Seguimiento de Proyecto		
Auditorio 12		
Equipos Inverter	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 2,874.00
Fotovoltaico	Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 20,230.23
Auditorio 27		
Equipos Inverter	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 1,197.50
Fotovoltaico	Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 8,609.26
Auditorio 52		
Equipos Inverter	Aire acondicionado tipo techo 5 toneladas, SEER 16, refrigerante R-410a	US\$ 1,197.50
Fotovoltaico	Modulo solar tecnosol 270 W- 30 V, INVERSOR RED SANTERNO MXS-7500TL 60HZ-7500WATTS	US\$ 8,609.26

Tabla 5.4 Costos de administración y seguimiento de proyecto

8.4. Escenarios de Inversión y Ejecución de Proyectos

Las propuestas realizadas para lograr una disminución del consumo de energía eléctrica, pueden ser llevadas a cabo de manera individual (proyectos individuales) o como un proyecto general que abarque la implementación de todas las soluciones propuestas de una sola vez. El propósito es el de realizar diferentes escenarios para dotar al inversionista o empresario de una herramienta más acertada al momento de decidir de qué manera puede llevar a cabo un proyecto de este tipo según su situación económica. Por otro lado, se incluye también la evaluación de escenarios de inversión con capital 100% de la UNAN (se lleva a cabo los proyectos con capital propio) e inversión dividida 30-70, lo cual significa que la UNAN invierte 30% de capital propio y 70% de capital financiado por un Banco (Crédito) para el financiamiento de los proyectos.

Una vez dicho esto, es necesario establecer ciertos criterios utilizados para la evaluación de los diferentes escenarios establecidos en este trabajo, los cuales se enumeran a continuación:

- La TMAR utilizada para la evaluación de todos los escenarios de financieros de este trabajo se estableció en un 18%
- La tasa de inflación aumento de los ingresos del o los proyectos se establece en un 7%, porcentaje estimado de incremento de la energía cada año en Nicaragua según la tendencia de los últimos años.
- La depreciación de los equipos a utilizar en los proyectos se realizó utilizando el método de línea recta (Este método considera la depreciación de los bienes en función del tiempo y no de la utilización de los mismos ya que se basa en considerar la obsolescencia como la causa principal de una vida de servicio limitada) y los años de vida útil de los equipos.
- El Porcentaje de inflación utilizado para la evaluación es del 3.05% según datos del Banco Central sobre el estado de la inflación en el país.

Con esto establecido, se presentan y describen los escenarios mencionados en párrafos anteriores que permitan ayudar al inversionista, o en este caso a la UNAN, a tomar una decisión de acuerdo a su situación económica actual. Cabe mencionar que el horizonte de evaluación de los proyectos se realizó en base a a que ninguno de los proyectos es rentable a menos de 15 años, por lo cual se decide establecer un horizonte de evaluación del proyecto general de 15 años.

Escenario I: Inversión 100% Capital de la Universidad para Ejecución de Proyectos Individuales

AUDITORIO 12	
Proyecto de Equipos invertir 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 2,874.00
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 28,740.00
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 3,000.00
Total	US\$ 34,614.00
Proyecto Fotovoltaico 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 16,731.70
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 167,316.99
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 16,731.70
Total	US\$ 200,780.38

Tabla 5.5 Tabla de inversión total auditorio 12

AUDITORIO 27	
Proyecto de Equipos invertir 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 1,197.50
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 11,975.00
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 1,250.00
Total	US\$ 14,422.50
Proyecto Fotovoltaico 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 6,971.54
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 69,715.41
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 6,971.54
Total	US\$ 83,658.49

Tabla 5.6 Tabla de inversión total auditorio 27

AUDITORIO 52	
Proyecto de Equipos inverter 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 1,197.50
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 11,975.00
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 1,250.00
Total	US\$ 14,422.50
Proyecto Fotovoltaico 100 % interno	
Componente	Capital destinado (\$)
Administración y seguimiento (diferido)	US\$ 6,971.54
Infraestructura y bienes (fijo)	US\$ 69,715.41
Otras inversiones: Instalación (diferido)	US\$ 6,971.54
Total	US\$ 83,658.49

Tabla 5.7 Tabla de inversión total auditorio 52

Por otro lado, conocer el monto de depreciación que sufren los equipos a utilizar en los distintos proyectos también es de gran importancia en las evaluaciones financieras de los mismos por lo que a continuación se muestran las depreciaciones calculadas en base a los años de vida útil de cada equipo a utilizar. Este monto calculado se proyecta utilizando el mismo horizonte de evaluación mencionado anteriormente. Se procede por lo tanto a mostrar el cuadro de depreciaciones calculadas para cada equipo y las depreciaciones a utilizar en cada proyecto.

Depreciación																
AUDITORIO 12																
Descripción del Bien	Precio Unitario(\$)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sistema Climatización Inverter	2395	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748	5748
Sistema fotovoltaico	260	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972	6972
Total		12720														
AUDITORIO 27																
Descripción del Bien	Precio Unitario(\$)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sistema Climatización Inverter	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395
Sistema fotovoltaico	260	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873
Total		6268														
AUDITORIO 52																
Descripción del Bien	Precio Unitario(\$)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sistema Climatización Inverter	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395	2395
Sistema fotovoltaico	260	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648	4648
Total		7043														

Tabla 5.8 Depreciaciones por año

AUDITORIO 12															
Equipos Inverter															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		US\$ 293	US\$ 314	US\$ 336	US\$ 360	US\$ 385	US\$ 412	US\$ 440	US\$ 471	US\$ 504	US\$ 540	US\$ 577	US\$ 618	US\$ 661	US\$ 707
Anual (\$)	US\$ 3,522	US\$ 3,768	US\$ 4,032	US\$ 4,314	US\$ 4,616	US\$ 4,939	US\$ 5,285	US\$ 5,655	US\$ 6,051	US\$ 6,474	US\$ 6,928	US\$ 7,413	US\$ 7,931	US\$ 8,487	US\$ 9,081
Sistema Fotovoltaico															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		1114	US\$ 1,192	US\$ 1,275	US\$ 1,364	US\$ 1,460	US\$ 1,562	US\$ 1,671	US\$ 1,788	US\$ 1,914	US\$ 2,048	US\$ 2,191	US\$ 2,344	US\$ 2,508	US\$ 2,684
Anual (\$)	US\$ 13,365	US\$ 14,301	US\$ 15,302	US\$ 16,373	US\$ 17,519	US\$ 18,745	US\$ 20,057	US\$ 21,461	US\$ 22,964	US\$ 24,571	US\$ 26,291	US\$ 28,131	US\$ 30,101	US\$ 32,208	US\$ 34,462

Tabla 5.9 Ingresos para el auditorio Fernando Gordillo

AUDITORIO 27															
Equipos Inverter															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		US\$ 255	US\$ 273	US\$ 292	US\$ 312	US\$ 334	US\$ 358	US\$ 383	US\$ 409	US\$ 438	US\$ 469	US\$ 502	US\$ 537	US\$ 574	US\$ 614
Anual (\$)	US\$ 3,060	US\$ 3,274	US\$ 3,503	US\$ 3,748	US\$ 4,011	US\$ 4,292	US\$ 4,592	US\$ 4,913	US\$ 5,257	US\$ 5,625	US\$ 6,019	US\$ 6,440	US\$ 6,891	US\$ 7,374	US\$ 7,890
Sistema Fotovoltaico															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		US\$ 419	US\$ 448	US\$ 479	US\$ 513	US\$ 549	US\$ 587	US\$ 628	US\$ 672	US\$ 719	US\$ 770	US\$ 823	US\$ 881	US\$ 943	US\$ 1,009
Anual (\$)	US\$ 5,023	US\$ 5,374	US\$ 5,750	US\$ 6,153	US\$ 6,584	US\$ 7,045	US\$ 7,538	US\$ 8,065	US\$ 8,630	US\$ 9,234	US\$ 9,880	US\$ 10,572	US\$ 11,312	US\$ 12,104	US\$ 12,951

Tabla 5.10 Ingresos para el Auditorio Carlos Martínez

AUDITORIO 52															
Equipos Inverter															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		US\$ 423	US\$ 453	US\$ 485	US\$ 519	US\$ 555	US\$ 594	US\$ 635	US\$ 680	US\$ 727	US\$ 778	US\$ 833	US\$ 891	US\$ 954	US\$ 1,020
Anual (\$)	US\$ 5,080	US\$ 5,436	US\$ 5,817	US\$ 6,224	US\$ 6,659	US\$ 7,126	US\$ 7,624	US\$ 8,158	US\$ 8,729	US\$ 9,340	US\$ 9,994	US\$ 10,694	US\$ 11,442	US\$ 12,243	US\$ 13,100
Sistema Fotovoltaico															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mensual (\$)		US\$ 419	US\$ 448	US\$ 479	US\$ 513	US\$ 549	US\$ 587	US\$ 628	US\$ 672	US\$ 719	US\$ 770	US\$ 823	US\$ 881	US\$ 943	US\$ 1,009
Anual (\$)	US\$ 5,023	US\$ 5,374	US\$ 5,750	US\$ 6,153	US\$ 6,584	US\$ 7,045	US\$ 7,538	US\$ 8,065	US\$ 8,630	US\$ 9,234	US\$ 9,880	US\$ 10,572	US\$ 11,312	US\$ 12,104	US\$ 12,951

Tabla 5.11 Ingresos para el Auditorio Roberto González

De igual manera, se muestran también los cuadros del **costo de mantenimiento** y su incremento anual. Estos costos de mantenimiento para cada proyecto fueron estimados según la cantidad de mantenimiento y el monto destinado para el mismo por parte de la empresa.

AUDITORIO 12																
Equipos Inverter																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Mantenimiento (\$)	US\$ 480.0	US\$ 523.2	US\$ 570.3	US\$ 621.6	US\$ 677.6	US\$ 738.5	US\$ 805.0	US\$ 877.5	US\$ 956.4	US\$ 1,042.5	US\$ 1,136.3	US\$ 1,238.6	US\$ 1,350.1	US\$ 1,471.6	US\$ 1,604.0	
Inflación 9%	US\$ 43.2	US\$ 47.1	US\$ 51.3	US\$ 55.9	US\$ 61.0	US\$ 66.5	US\$ 72.5	US\$ 79.0	US\$ 86.1	US\$ 93.8	US\$ 102.3	US\$ 111.5	US\$ 121.5	US\$ 132.4	US\$ 144.4	
Sistema fotovoltaico																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Mantenimiento (\$)	US\$ 300.00	US\$ 327.00	US\$ 356.43	US\$ 388.51	US\$ 423.47	US\$ 461.59	US\$ 503.13	US\$ 548.41	US\$ 597.77	US\$ 651.57	US\$ 710.21	US\$ 774.13	US\$ 843.80	US\$ 919.74	US\$ 1,002.52	
Inflación 9%	US\$ 27.00	US\$ 29.43	US\$ 32.08	US\$ 34.97	US\$ 38.11	US\$ 41.54	US\$ 45.28	US\$ 49.36	US\$ 53.80	US\$ 58.64	US\$ 63.92	US\$ 69.67	US\$ 75.94	US\$ 82.78	US\$ 90.23	

Tabla 5.12 Gasto de Mantenimiento de proyectos auditorio 12

AUDITORIO 27																
Equipos Inverter																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Mantenimiento (\$)	US\$ 400.0	US\$ 436.0	US\$ 475.2	US\$ 518.0	US\$ 564.6	US\$ 615.4	US\$ 670.8	US\$ 731.2	US\$ 797.0	US\$ 868.8	US\$ 946.9	US\$ 1,032.2	US\$ 1,125.1	US\$ 1,226.3	US\$ 1,336.7	
Inflación 9%	US\$ 36.0	US\$ 39.2	US\$ 42.8	US\$ 46.6	US\$ 50.8	US\$ 55.4	US\$ 60.4	US\$ 65.8	US\$ 71.7	US\$ 78.2	US\$ 85.2	US\$ 92.9	US\$ 101.3	US\$ 110.4	US\$ 120.3	
Sistema fotovoltaico																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Mantenimiento (\$)	US\$ 300.00	US\$ 327.00	US\$ 356.43	US\$ 388.51	US\$ 423.47	US\$ 461.59	US\$ 503.13	US\$ 548.41	US\$ 597.77	US\$ 651.57	US\$ 710.21	US\$ 774.13	US\$ 843.80	US\$ 919.74	US\$ 1,002.52	
Inflación 9%	US\$ 27.00	US\$ 29.43	US\$ 32.08	US\$ 34.97	US\$ 38.11	US\$ 41.54	US\$ 45.28	US\$ 49.36	US\$ 53.80	US\$ 58.64	US\$ 63.92	US\$ 69.67	US\$ 75.94	US\$ 82.78	US\$ 90.23	

Tabla 5.13 Gasto de Mantenimiento de proyectos auditorio 27

AUDITORIO 52															
Equipos Inverter															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mantenimiento (\$)	US\$ 400.0	US\$ 436.0	US\$ 475.2	US\$ 518.0	US\$ 564.6	US\$ 615.4	US\$ 670.8	US\$ 731.2	US\$ 797.0	US\$ 868.8	US\$ 946.9	US\$ 1,032.2	US\$ 1,125.1	US\$ 1,226.3	US\$ 1,336.7
Inflación 9%	US\$ 36.0	US\$ 39.2	US\$ 42.8	US\$ 46.6	US\$ 50.8	US\$ 55.4	US\$ 60.4	US\$ 65.8	US\$ 71.7	US\$ 78.2	US\$ 85.2	US\$ 92.9	US\$ 101.3	US\$ 110.4	US\$ 120.3
Sistema fotovoltaico															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mantenimiento (\$)	US\$ 300.00	US\$ 327.00	US\$ 356.43	US\$ 388.51	US\$ 423.47	US\$ 461.59	US\$ 503.13	US\$ 548.41	US\$ 597.77	US\$ 651.57	US\$ 710.21	US\$ 774.13	US\$ 843.80	US\$ 919.74	US\$ 1,002.52
Inflación 9%	US\$ 27.00	US\$ 29.43	US\$ 32.08	US\$ 34.97	US\$ 38.11	US\$ 41.54	US\$ 45.28	US\$ 49.36	US\$ 53.80	US\$ 58.64	US\$ 63.92	US\$ 69.67	US\$ 75.94	US\$ 82.78	US\$ 90.23

Tabla 5.14 Gasto de Mantenimiento de proyectos auditorio 52

Mostrados todos los elementos necesarios para poder construir el flujo financiero de cada proyecto mencionado, es posible pasar a mostrar los mismos a continuación. Estos flujos financieros siguientes se muestran para el escenario de inversión 100% capital propio. Sin embargo, existe la posibilidad de que estos proyectos sean rentables a quince años adquiriendo un crédito bancario, lo cual desde el punto de vista funcional es bastante bueno. No obstante, es importante recordar que la decisión del inversionista en cuanto a destinar un presupuesto de su dinero para llevar a cabo este tipo de proyectos está en dependencia de su economía y situación financiera.

Por otro lado, en cuanto a implementar el proyecto con un horizonte de evaluación de 15 años se podrá observar que el VPN resulta negativo, lo cual indica que el proyecto tampoco es rentable. Sin embargo aunque el proyecto no sea rentable en Este periodo de tiempo, es importante de nuevo recordar que el inversionista es quien decide si quiere invertir su dinero a un horizonte mayor de evaluación para obtener el beneficio buscado, o en este caso si en realidad vale la pena ahorrar a través de la implementación de las propuestas de mejoras porque hay que recordar también que este dinero ahorrado servirá para empezar la planeación de los proyectos futuros.

Plasmado lo anterior, se muestran a continuación los flujos financieros de los proyectos o soluciones propuestos en los Auditorios, para disminuir el consumo de energía eléctrica en la misma para este escenario.

Tarifa T-2E: C\$ 3.2126 por kWh Consumido Ahorro: 3542 kWh mensuales, \$ 5700 Anuales	Flujo Financiero de Proyecto Equipos Inverter 100%															
	Horizonte de Evaluación del Proyecto															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	34014.00															
Activos Fijos o Tangible	28740.00															
Activos Diferidos o Intangible	2874.00															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	3521.66	3768.18	4031.95	4314.19	4616.18	4939.31	5285.06	5655.02	6050.87	6474.43	6927.64	7412.58	7931.46	8486.66	9080.73	
Energía No Consumida	3521.66	3768.18	4031.95	4314.19	4616.18	4939.31	5285.06	5655.02	6050.87	6474.43	6927.64	7412.58	7931.46	8486.66	9080.73	
Costos Totales	6228.00	6271.20	6318.29	6369.61	6425.56	6486.54	6553.01	6625.46	6704.43	6790.51	6884.33	6986.60	7098.08	7219.59	7352.03	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	480.00	523.20	570.29	621.61	677.56	738.54	805.01	877.46	956.43	1042.51	1136.33	1238.60	1350.08	1471.59	1604.03	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	-2706.34	-2503.02	-2286.34	-2055.43	-1809.38	-1547.23	-1267.94	-970.44	-653.56	-316.08	43.31	425.97	833.38	1267.07	1728.70	
Impuesto sobre la Renta 30%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.99	127.79	250.01	380.12	518.61	
Utilidad o Perdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	-2706.34	-2503.02	-2286.34	-2055.43	-1809.38	-1547.23	-1267.94	-970.44	-653.56	-316.08	30.32	298.18	583.36	886.95	1210.09	
Depreciación	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	5748.00	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-34014.00	3041.66	3244.98	3461.66	3692.57	3938.62	4200.77	4480.06	4777.56	5094.44	5431.92	5778.32	6046.18	6331.36	6634.95	
TMAR	20%															
VAN	(\$15,210.13)															
TIR																

Tabla 5.15 Proyecto Sistema Climatización Inverter Auditorio 12

El comportamiento del Valor actual neto es negativo y en el programa Excel se refleja en color rojo lo que se traduce como no rentable para invertir. Influye mucho el precio de los equipos ya que la depreciación es mayor conforme aumenta el costo.

Tarifa T-2E: C\$ 3.2126 por kWh Consumido Ahorro: 10186 kWh mensuales, \$ 13365 Anuales	Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %															
	Horizonte de Evaluación del Proyecto															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	239264.28															
Activos Fijos o Tangible	202302.35															
Activos Diferidos o Intangible	20230.23															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	13365.00	14300.55	15301.58	16372.69	17518.78	18745.10	20057.25	21461.26	22963.55	24571.00	26290.97	28131.34	30100.53	32207.57	34462.10	
Energía No Consumida	13365.00	14300.55	15301.58	16372.69	17518.78	18745.10	20057.25	21461.26	22963.55	24571.00	26290.97	28131.34	30100.53	32207.57	34462.10	
Costos Totales	8665.85	8692.85	8722.28	8754.36	8789.32	8827.44	8868.98	8914.26	8963.62	9017.42	9076.06	9139.98	9209.65	9285.59	9368.37	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	4699.15	5607.70	6579.30	7618.34	8729.46	9917.66	11188.28	12547.00	13999.93	15553.58	17214.91	18991.36	20890.88	22921.98	25093.73	
Impuesto sobre la Renta 30%	1409.74	1682.31	1973.79	2285.50	2618.84	2975.30	3356.48	3764.10	4199.98	4666.07	5164.47	5697.41	6267.26	6876.59	7528.12	
Utilidad o Perdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	3289.40	3925.39	4605.51	5332.84	6110.62	6942.36	7831.79	8782.90	9799.95	10887.51	12050.44	13293.95	14623.62	16045.38	17565.61	
Depreciación	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciacion	-239264.28	11655.25	12291.24	12971.36	13698.68	14476.47	15308.21	16197.64	17148.75	18165.80	19253.36	20416.29	21659.80	22989.47	24411.23	25931.46
TMAR	20%															
VAN	(\$169,909.66)															
TIR																

Tabla 5.16 Proyecto Sistema Fotovoltaico Auditorio 12, respaldado 100 %

AUDITORIO 27 Carlos Martinez																
Tarifa T-2E: C\$ 3.21 por kWh Consumido	Flujo Financiero de Proyecto Equipos Inverter 100%															
Ahorro: 2332 kWh mensuales, \$ 3060 Anuales	Horizonte de Evaluación del Proyecto															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	14422.50															
Activos Fijos o Tangible	11975.00															
Activos Diferidos o Intangible	1197.50															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	3059.80	3273.99	3503.17	3748.39	4010.78	4291.53	4591.94	4913.38	5257.31	5625.33	6019.10	6440.44	6891.27	7373.65	7889.81	
Energía No Consumida	3059.80	3273.99	3503.17	3748.39	4010.78	4291.53	4591.94	4913.38	5257.31	5625.33	6019.10	6440.44	6891.27	7373.65	7889.81	
Costos Totales	2795.00	2831.00	2870.24	2913.01	2959.63	3010.45	3065.84	3126.22	3192.03	3263.76	3341.95	3427.17	3520.07	3621.32	3731.69	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	400.00	436.00	475.24	518.01	564.63	615.45	670.84	731.22	797.03	868.76	946.95	1032.17	1125.07	1226.32	1336.69	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	264.80	442.99	632.93	835.38	1051.15	1281.08	1526.10	1787.16	2065.29	2361.57	2677.15	3013.27	3371.20	3752.33	4158.12	
Impuesto sobre la Renta 30%	79.44	132.90	189.88	250.61	315.34	384.33	457.83	536.15	619.59	708.47	803.15	903.98	1011.36	1125.70	1247.44	
Utilidad o Pérdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	185.36	310.09	443.05	584.77	735.80	896.76	1068.27	1251.01	1445.70	1653.10	1874.01	2109.29	2359.84	2626.63	2910.68	
Depreciación	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-14422.50	2580.36	2705.09	2838.05	2979.77	3130.80	3291.76	3463.27	3646.01	3840.70	4048.10	4269.01	4504.29	4754.84	5021.63	
TMAR	20%															
VAN	\$518.60															
TIR																

Tabla 5.17 Proyecto Sistema de Climatización Inverter Auditorio 27

Tarifa T-2E: C\$ 3.2126 por kWh Consumido Ahorro: 3828 kWh mensuales, \$ 5023 Anuales	Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %															
	Horizonte de Evaluación del Proyecto															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	101673.45															
Activos Fijos o Tangible	86092.64															
Activos Diferidos o Intangible	8609.26															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Energía No Consumida	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Costos Totales	3785.77	3812.77	3842.20	3874.28	3909.25	3947.36	3988.90	4034.18	4083.54	4137.34	4195.98	4259.90	4329.57	4405.51	4488.29	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	1236.93	1561.52	1908.29	2278.74	2674.49	3097.24	3548.81	4031.17	4546.39	5096.69	5684.43	6312.14	6982.51	7698.41	8462.91	
Impuesto sobre la Renta 30%	371.08	468.45	572.49	683.62	802.35	929.17	1064.64	1209.35	1363.92	1529.01	1705.33	1893.64	2094.75	2309.52	2538.87	
Utilidad o Perdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	865.85	1093.06	1335.80	1595.12	1872.14	2168.07	2484.17	2821.82	3182.47	3567.68	3979.10	4418.50	4887.76	5388.89	5924.04	
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-101673.45	4351.62	4578.83	4821.57	5080.89	5357.91	5653.84	5969.94	6307.59	6668.24	7053.45	7464.87	7904.27	8373.53	8874.66	
TMAR	20%															
VAN	(\$76,039.78)															
TIR																

Tabla 5.18 Proyecto Sistema Fotovoltaico Auditorio 27, respaldado 100 %

AUDITORIO 52 Roberto Gonzalez																
Tarifa T-2E: C\$3.21 por kWh Consumido		Flujo Financiero de Proyecto Equipos Inverter 100%														
Ahorro: 3872 kWh mensuales, \$5080 Anuales		Horizonte de Evaluación del Proyecto														
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	14422.50															
Activos Fijos o Tangible	11975.00															
Activos Diferidos o Intangible	1197.50															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos		5080.43	5436.06	5816.58	6223.75	6659.41	7125.57	7624.36	8158.06	8729.13	9340.16	9993.98	10693.55	11442.10	12243.05	13100.06
Energía No Consumida		5080.43	5436.06	5816.58	6223.75	6659.41	7125.57	7624.36	8158.06	8729.13	9340.16	9993.98	10693.55	11442.10	12243.05	13100.06
Costos Totales		2795.00	2831.00	2870.24	2913.01	2959.63	3010.45	3065.84	3126.22	3192.03	3263.76	3341.95	3427.17	3520.07	3621.32	3731.69
Mano de Obra e Instalación		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Personal Administrativo		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastos para Mantenimiento		400.00	436.00	475.24	518.01	564.63	615.45	670.84	731.22	797.03	868.76	946.95	1032.17	1125.07	1226.32	1336.69
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación		2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)		2285.43	2605.06	2946.34	3310.73	3699.78	4115.12	4558.52	5031.85	5537.10	6076.41	6652.03	7266.38	7922.04	8621.73	9368.37
Impuesto sobre la Renta 30%		685.63	781.52	883.90	993.22	1109.93	1234.54	1367.55	1509.55	1661.13	1822.92	1995.61	2179.91	2376.61	2586.52	2810.51
Utilidad o Pérdidas Netas (utilidad Bruta - IR)		1599.80	1823.54	2062.44	2317.51	2589.84	2880.58	3190.96	3522.29	3875.97	4253.48	4656.42	5086.47	5545.43	6035.21	6557.86
Depreciación		2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00	2395.00
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-14422.50	3994.80	4218.54	4457.44	4712.51	4984.84	5275.58	5585.96	5917.29	6270.97	6648.48	7051.42	7481.47	7940.43	8430.21	8952.86
TMAR	20%															
VAN	\$9,450.49															
TIR																

Tabla 5.19 Proyecto Climatización Inverter Auditorio 52

Tarifa T-2E: C\$ 3.2126 por kWh Consumido	Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %															
Ahorro: 3828 kWh mensuales, \$ 5023 Anuales	Horizonte de Evaluación del Proyecto															
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	101673.45															
Activos Fijos o Tangible	86092.64															
Activos Diferidos o Intangible	8609.26															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Energía No Consumida	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Costos Totales	3785.77	3812.77	3842.20	3874.28	3909.25	3947.36	3988.90	4034.18	4083.54	4137.34	4195.98	4259.90	4329.57	4405.51	4488.29	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	1236.93	1561.52	1908.29	2278.74	2674.49	3097.24	3548.81	4031.17	4546.39	5096.69	5684.43	6312.14	6982.51	7698.41	8462.91	
Impuesto sobre la Renta 30%	371.08	468.45	572.49	683.62	802.35	929.17	1064.64	1209.35	1363.92	1529.01	1705.33	1893.64	2094.75	2309.52	2538.87	
Utilidad o Perdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	865.85	1093.06	1335.80	1595.12	1872.14	2168.07	2484.17	2821.82	3182.47	3567.68	3979.10	4418.50	4887.76	5388.89	5924.04	
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-101673.45	4351.62	4578.83	4821.57	5080.89	5357.91	5653.84	5969.94	6307.59	6668.24	7053.45	7464.87	7904.27	8373.53	8874.66	9409.81
TMAR	20%															
VAN	(\$76,039.78)															
TIR																

Tabla 5.20 Proyecto Sistema Fotovoltaico Auditorio 52, respaldado 100 %

Escenario II: Sistema fotovoltaico, Inversión con capital privado (Donación Módulos Fotovoltaico)

Este escenario se pretende la obtención de los paneles solares a modo de donación a la institución, de tal manera que los costos derivados del proyecto serian solo gastos de instalación, mantenimiento y seguimiento
El sistema de climatización no se abordará en este escenario.

AUDITORIO 12 Fernando Gordillo																
Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %																
Horizonte de Evaluación del Proyecto																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	36961.93															
Activos Fijos o Tangible	202302.35															
Activos Diferidos o Intangible	20230.23															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	13365.00	14300.55	15301.58	16372.69	17518.78	18745.10	20057.25	21461.26	22963.55	24571.00	26290.97	28131.34	30100.53	32207.57	34462.10	
Energía No Consumida	13365.00	14300.55	15301.58	16372.69	17518.78	18745.10	20057.25	21461.26	22963.55	24571.00	26290.97	28131.34	30100.53	32207.57	34462.10	
Costos Totales	8665.85	8692.85	8722.28	8754.36	8789.32	8827.44	8868.98	8914.26	8963.62	9017.42	9076.06	9139.98	9209.65	9285.59	9368.37	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	4699.15	5607.70	6579.30	7618.34	8729.46	9917.66	11188.28	12547.00	13999.93	15553.58	17214.91	18991.36	20890.88	22921.98	25093.73	
Impuesto sobre la Renta 30%	1409.74	1682.31	1973.79	2285.50	2618.84	2975.30	3356.48	3764.10	4199.98	4666.07	5164.47	5697.41	6267.26	6876.59	7528.12	
Utilidad o Pérdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	3289.40	3925.39	4605.51	5332.84	6110.62	6942.36	7831.79	8782.90	9799.95	10887.51	12050.44	13293.95	14623.62	16045.38	17565.61	
Depreciación	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	8365.85	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-36961.93	11655.25	12291.24	12971.36	13698.68	14476.47	15308.21	16197.64	17148.75	18165.80	19253.36	20416.29	21659.80	22989.47	24411.23	25931.46
TMAR	20%															
VAN	\$32,392.68															
TIR																

Tabla 5.21 Proyecto Sistema Fotovoltaico capital donado auditorio 12

AUDITORIO 27 Carlos Martinez																
Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %																
Horizonte de Evaluación del Proyecto																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	15580.81															
Activos Fijos o Tangible	86092.64															
Activos Diferidos o Intangible	8609.26															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Energía No Consumida	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Costos Totales	3785.77	3812.77	3842.20	3874.28	3909.25	3947.36	3988.90	4034.18	4083.54	4137.34	4195.98	4259.90	4329.57	4405.51	4488.29	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	1236.93	1561.52	1908.29	2278.74	2674.49	3097.24	3548.81	4031.17	4546.39	5096.69	5684.43	6312.14	6982.51	7698.41	8462.91	
Impuesto sobre la Renta 30%	371.08	468.45	572.49	683.62	802.35	929.17	1064.64	1209.35	1363.92	1529.01	1705.33	1893.64	2094.75	2309.52	2538.87	
Utilidad o Pérdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	865.85	1093.06	1335.80	1595.12	1872.14	2168.07	2484.17	2821.82	3182.47	3567.68	3979.10	4418.50	4887.76	5388.89	5924.04	
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-15580.81	4351.62	4578.83	4821.57	5080.89	5357.91	5653.84	5969.94	6307.59	6668.24	7053.45	7464.87	7904.27	8373.53	8874.66	9409.81
TMAR	20%															
VAN	\$10,052.86															
TIR																

Tabla 5.22 Proyecto Sistema Fotovoltaico capital donado Auditorio 27

AUDITORIO 52 Roberto Gonzalez																
Flujo Financiero de Proyecto Sistema Fotovoltaicos 100 %																
Horizonte de Evaluación del Proyecto																
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Flujos del Proyecto																
Inversión Total	15580.81															
Activos Fijos o Tangible	86092.64															
Activos Diferidos o Intangible	8609.26															
Capital de Trabajo																
Ingresos Netos	5022.70	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Energía No Consumida	5023	5374.29	5750.49	6153.02	6583.73	7044.59	7537.72	8065.36	8629.93	9234.03	9880.41	10572.04	11312.08	12103.92	12951.20	
Costos Totales	3785.77	3812.77	3842.20	3874.28	3909.25	3947.36	3988.90	4034.18	4083.54	4137.34	4195.98	4259.90	4329.57	4405.51	4488.29	
Mano de Obra e Instalación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Personal Administrativo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Gastos para Mantenimiento	300.00	327.00	356.43	388.51	423.47	461.59	503.13	548.41	597.77	651.57	710.21	774.13	843.80	919.74	1002.52	
Insumos Varios y Ahorro Mensual para Repuestos																
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Costos Financieros																
Utilidad Bruta = ingr. Netos- (costo T+depr)	1236.93	1561.52	1908.29	2278.74	2674.49	3097.24	3548.81	4031.17	4546.39	5096.69	5684.43	6312.14	6982.51	7698.41	8462.91	
Impuesto sobre la Renta 30%	371.08	468.45	572.49	683.62	802.35	929.17	1064.64	1209.35	1363.92	1529.01	1705.33	1893.64	2094.75	2309.52	2538.87	
Utilidad o Perdidas Netas (utilidad Bruta - IR)	865.85	1093.06	1335.80	1595.12	1872.14	2168.07	2484.17	2821.82	3182.47	3567.68	3979.10	4418.50	4887.76	5388.89	5924.04	
Depreciación	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	3485.77	
Valor de Rescate																
Crédito																
Pago al Principal (-)																
Capital de Trabajo																
Flujo Neto Efectivo utilidad o Pérdidas+Depreciación	-15580.81	4351.62	4578.83	4821.57	5080.89	5357.91	5653.84	5969.94	6307.59	6668.24	7053.45	7464.87	7904.27	8373.53	8874.66	9409.81
TMAR	20%															
VAN	\$10,052.86															
TIR																

Tabla 5.23 Proyecto Sistema Fotovoltaico capital donado auditorio 52

8.5. CONCLUSION

El objetivo de mostrar los diferentes flujos financiero, consiste en proporcionar opciones de inversión y observar cuál de los escenarios es el indicado para llevar a cabo.

Los escenarios evaluados en este capítulo arrojan un comportamiento variable, la inversión para el sistema inverter solo es rentable en los auditorios 27 y 52, ya que los costos totales de operación están por debajo del ahorro obtenido por la sustitución de los equipos de climatización.

Para el caso del sistema fotovoltaico, resulta negativo para todos los auditorios en el primer escenario.

En el segundo escenario solo se evalúa el sistema fotovoltaico ya que se pretende encontrar una solución rentable para el efecto negativo obtenido en el primero.

Dicho esto, concluimos que solo resulta positivo solo si los módulos solares se obtuvieran en un 100% a modo de donación.

La no rentabilidad financiera de nuestro proyecto radica en que los costos iniciales de los bienes tangibles son elevados y no permiten recuperar el capital a un lapso menor o igual a 15 años.

9. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

- En el desarrollo general de este trabajo monográfico, se realizó un estudio técnico-financiero de cada uno de los Auditorios, tomando como punto de partida la caracterización de las cargas térmicas y consumos de energía que representan cada unidad de aires acondicionados existentes en los ambientes.

Con el uso de tecnologías propuestas se proyecta un ahorro significativo en el consumo de cada auditorio a través de los equipos inverter y el sistema fotovoltaico.

- Concluyendo el estudio técnico, el sistema inverter es conveniente para sustituir en los auditorios ya que tiene mejores ventajas de funcionamiento y prestaciones energéticas por su revolucionaria tecnología basado en el control de frecuencia.
- Para lograr insertar ambos proyectos, primero se debe adoptar técnicas bioclimáticas, las cuales tienen un amplio impacto en el confort térmico tomando en cuenta elementos arquitectónicos como el uso de ciertos materiales con determinadas propiedades térmicas.
- El auditorio 12 solo abarca el sistema inverter, fotovoltaico y luminarias porque ya contiene un aislamiento térmico maximizado, a diferencia de los otros locales en los que son necesarios todas las mejoras propuestas.
- De acuerdo a lo que se observa en el análisis financiero podemos deducir que la mejor inversión está en la instalación de los aires inverter, y el sistema fotovoltaico debe encontrarse una forma de obtener a modo de donación el costo de los paneles fotovoltaico ya que estos representan el mayor capital y que de obtenerse de esta forma solo se incurriría en los gastos operativos y de instalación, dando como resultado positivo su implementación.

La no rentabilidad de este proyecto puede deberse a varios factores o razones:

- ❖ El precio actual de las tecnologías propuestas es alto.
- ❖ La implementación de energías renovables como la solar, no tiene un incentivo gubernamental que mejore la aplicación a gran escala.

RECOMENDACIONES

Evaluar la posibilidad de implementar de forma parcial las sustituciones de los equipos de climatización existentes por las unidades inverter respaldados por la energía fotovoltaica conforme estos vayan agotando su vida útil promedio.

Analizar la probabilidad de usar aires acondicionados solares con la tecnología llamada absorción y comparar las ventajas que esta tiene sobre el acondicionamiento de aire convencional.

Valorar la implementación de unidades con eficiencia mayor a la propuesta, SEER 26 los cuales cuentan con mejores bondades de funcionamiento como es el ojo inteligente ubicado en el evaporador del equipo el cual luego de percibir la no permanencia de personas en el ambiente a climatizar durante 20 minutos automáticamente pasa a trabajar en modo ahorro de energía.

10. Bibliografía

- AHRI, A. H. (2008). *Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment*. Arlington : ANSI.
- Baca, G. (2006). *Evaluacion de Proyectos (5 edicion)*. Mexico, DF: McGraw Hill.
- CEPAL. (2015). *Informe Nacional de Monitoreo de la eficiencia energetica de Nicaragua*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Chivelet, N. M. (2007). *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*. Barcelona: Reverte.
- Clickrenovables. (24 de Agosto de 2015). *Clickrenovables.com*. Obtenido de <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/#comment-6933>
- Comision Nacional de Energia. (2002). *Informacion para inversionistas del Sector Electrico de Nicaragua*. Managua: Nicaragua.
- Cotrim, A. (2009). *Instalaciones Electricas, 5ta Edicion*. Sao Pablo: Prentice Hall.
- DOE, D. o. (2012). *Solid-state lighting research and development. Multiyear program plan*. United State.
- Energy.Star. (2008). *Building Upgrade Manual*. United States.
- Gay, A. (2012). La ciencia, la tecnica y la tecnologia. En A. Gay, *La educacion Tecnologica*. Argentina.
- Germain, C. (20 de Abril de 2010). *IDMA*. Obtenido de IDMA: <https://sites.google.com/a/idma.cl/energias-renovables/energia-solar-fv>
- Greenpeace. (2003). Guia Solar, como disponer de energia solar fotovoltaica conectada a la red electrica. *Greenpeace*, 9-10.
- Hernandez Goribar, E. (2009). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeracion*. Mexico: Limusa.
- InnovacionFce. (8 de Octubre de 2011). *InnovacionFce*. Obtenido de <https://innovacionfce.wikispaces.com/Celda+Fotovoltaica>
- Mateo, V. M. (2016). *Gestion del Montaje de Instalaciones Solares*. Madrid : Parainfo.
- Muñiz, J. M. (2007). *Energia Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundacion Confemetal.
- Orjuela, H. (2008). *Electricidad para no Electricistas*. Mexico, DF: Orjuelas Porras.
- PG.&.E. (2006). *Pacific Gas and Electrical Company*. California .
- Posas, R. R. (2007). *La formulacion y evaluacion de proyectos*. Costa Rica: EUNED.

Sistegua. (Lunes de Enero de 2011). *SISTEGUA S.A.* Obtenido de SISTEGUA S.A:
www.sistegua.com

sylvania, h. (15 de Febrero de 2015). *Sylvania*. Obtenido de havell-sylvania: www.havell-sylvania.com

Tiernan, M. (2003). *The comfort zone. Gear pacific corporation*. Orange, California: California.

Victorio Diaz, R. B. (2005). *Acondicionamiento Termico de Edificios*. Buenos Aires: Nobuko.

Viloria, J. R. (2008). *Fuentes de Energia* . Madrid: Parainfo.

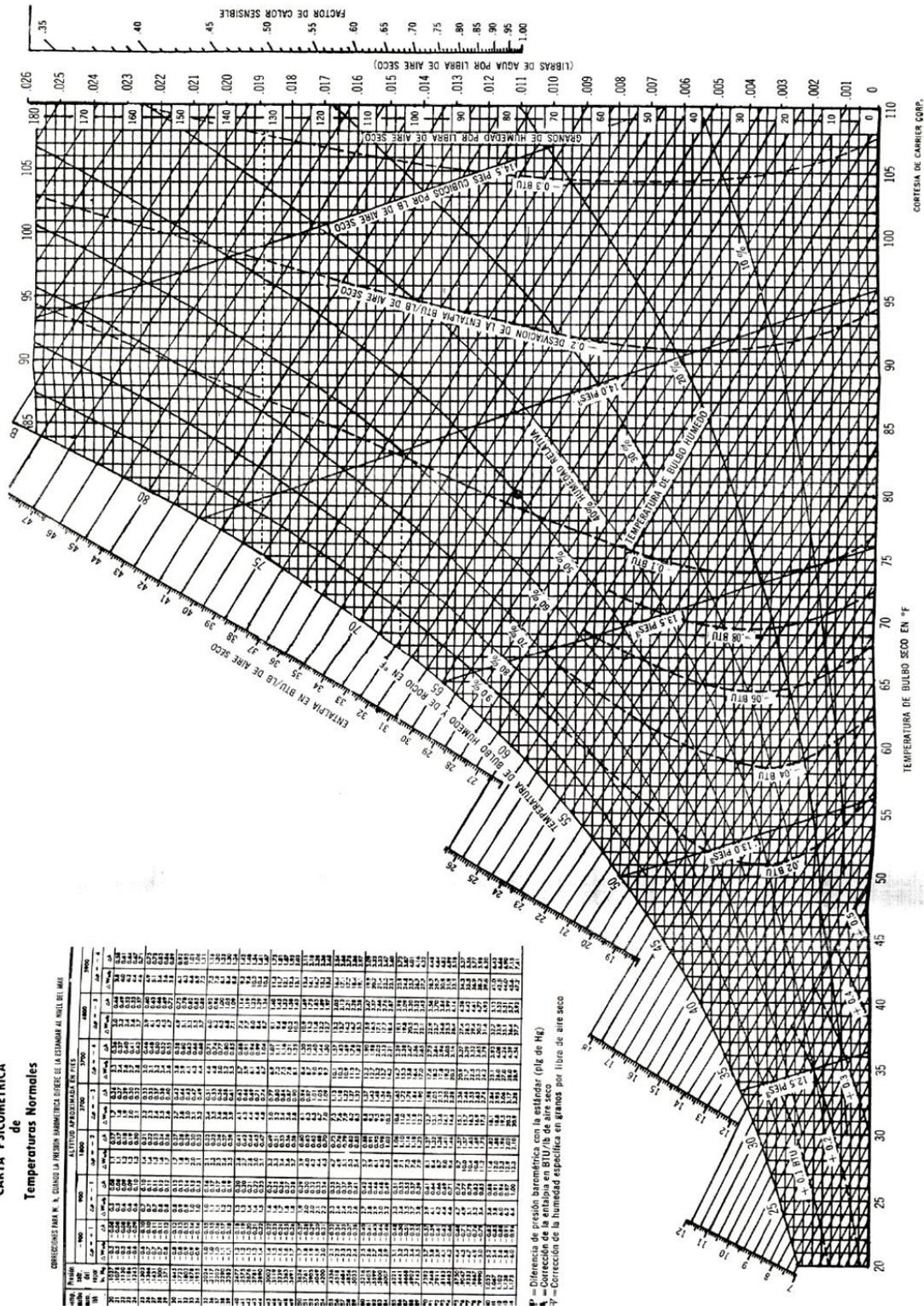
Viloria, J. R. (2011). *Estudios de viabilidad de instalaciones solares. Determinacion del potencial solar*. España : Parainfo.

ANEXOS

CARTA PSICOMETRICA
de
Temperaturas Normales

CONVERSIONES PARA W. R. CUANDO LA PRESION BAROMETRICA ES DE LA ESTACION AL NIVEL DEL MAR

TEMPERATURA EN °F	ALTITUD APROXIMADA EN PIES	
	1000	2000
70	70.0	69.0
75	75.0	73.5
80	80.0	78.0
85	85.0	82.5
90	90.0	87.0
95	95.0	91.5
100	100.0	96.0
105	105.0	100.5
110	110.0	105.0
115	115.0	109.5
120	120.0	114.0
125	125.0	118.5
130	130.0	123.0
135	135.0	127.5
140	140.0	132.0
145	145.0	136.5
150	150.0	141.0
155	155.0	145.5
160	160.0	150.0
165	165.0	154.5
170	170.0	159.0
175	175.0	163.5
180	180.0	168.0
185	185.0	172.5
190	190.0	177.0
195	195.0	181.5
200	200.0	186.0



CORTESIA DE CARRIER CORP.

Carta psicométrica de refrigeración (Hernandez Goribar, 2009)

Clases de vidrios	Factor para cristal sin sombra f_1	Persiana abierta a 45° (interior) f_2			Persiana abierta a 45° (exterior) f_2	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Claro afuera, adentro oscuro
Vidrio común	1.00	0.56	0.65	0.75	0.15	0.13
Placa regular de vidrio (1/4 de pulgada)	0.94	0.56	0.65	0.74	0.14	0.12
Vidrio que absorbe calor:						
40% a 48% de absorción	0.80	0.56	0.62	0.72	0.16	0.11
48% a 56% de absorción	0.78	0.53	0.59	0.63	0.11	0.10
56% a 70% de absorción	0.62	0.51	0.54	0.56	0.10	0.10
Vidrio doble:						
vidrio común	0.90	0.51	0.61	0.67	0.14	0.12
placa regular de vidrio	0.80	0.53	0.59	0.65	0.12	0.11
vidrio común adentro, 48 a 56% absorción exterior	0.52	0.36	0.39	0.43	0.10	0.10
	0.50	0.39	0.39	0.43	0.10	0.10
Vidrio triple:						
vidrio común	0.83	0.48	0.56	0.64	0.12	0.11
placa regular	0.69	0.47	0.52	0.57	0.10	0.10
Vidrio pintado:						
color claro	0.28					
color medio	0.39					
color oscuro	0.50					
Vidrio polarizado:						
color ámbar	0.70					
rojo oscuro	0.56					
azul oscuro	0.60					
verde oscuro	0.32					
verde grisáceo	0.46					
opalescente claro	0.43					
opalescente oscuro	0.37					

Tabla anexo 1. Ganancia de calor solar a través de los cristales (Hernandez Goribar, 2009)

Aplicaciones	Infiltración por personas en un cuarto (CFM)	
	Puerta giratoria (72 plg)	Puerta oscilatoria (36 plg)
Banco	7.5	10
Peluquería	3.5	4.5
Oficina del cajero	5.0	6.5
Fuente de sodas	5.0	30
Tabaquería	15.0	10
Tienda de ropa (chica)	5.0	30
Tienda de vestidos	2.0	75
Farmacia	10.0	15
Peletería	2.0	30
Comedor	5.0	30
Tienda de ropa para hombre	3.5	45
Despacho	2.5	60
Restaurante	2.0	75
Zapatería	3.5	45

Tabla anexo 2. Infiltración de aire en verano (Hernandez Goribar, 2009)

<i>Grado de actividad</i>	<i>Aplicación típica</i>	<i>Temperaturas del cuarto (°F, BS)</i>									
		<i>82°F</i>		<i>80°F</i>		<i>78°F</i>		<i>75°F</i>		<i>70°F</i>	
		<i>Btu/h</i>		<i>Btu/h</i>		<i>Btu/h</i>		<i>Btu/h</i>		<i>Btu/h</i>	
		<i>Sens.</i>	<i>Lat.</i>	<i>Sens.</i>	<i>Lat.</i>	<i>Sens.</i>	<i>Lat.</i>	<i>Sens.</i>	<i>Lat.</i>	<i>Sens.</i>	<i>Lat.</i>
Sentado	Teatro	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Sentado; trabajo ligero	Escuela	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de oficina, actividad moderada.	Oficinas, hoteles, departamentos	200	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Parados; caminando despacio	Tienda de ropa, almacén	200	270	200	250	215	280	245	205	285	165
Caminando; sentado, de pie.	Banco Cafetería	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Trabajo sedentario	Restaurantes	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Trabajo ligero	Fábrica (ligero)	190	560	220	530	245	505	295	455	365	285
Baile moderado	Salas de baile	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando 3mph	Fábricas(pesado)	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Jugando	Boliche	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

Tabla anexo 3. Calor producido por las personas (Hernandez Goribar, 2009)

Construcción del techo ²	HORA ESTANDAR							
	a.m.				p.m.			
	9		12		3		6	
	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro
CONSTRUCCION LIVIANA								
Cubierta de acero con aislamiento de 1 a 2"	34	14	81	42	90	50	56	34
Estructura de madera de 1" con aislamiento de 1 a 2"	19	6	65	32	88	48	70	40
Estructura de madera de 2.5" con aislamiento de 1 a 2"	7	-1	38	17	68	35	73	40
CONSTRUCCION MEDIANA								
Estructura de madera de 4" con aislamiento de 1 a 2"	8	1	21	8	44	19	60	32
Concreto liviano de 4" (sin aislamiento) o Concreto pesado de 2" con 1 a 2" de aislamiento	8	1	40	17	70	38	75	41
Concreto liviano de 6 a 8" (sin aislamiento)	32	62	19	41	6	16	-1	4
CONSTRUCCION PESADA								
Concreto pesado de 4" con aislamiento de 1 a 2"	11	3	21	8	39	19	53	28
Concreto pesado de 6" con aislamiento de 1 a 2"	18	9	21	9	33	15	44	22
TECHOS BAJO LA SOMBRA								
Livianos	3		11		18		17	
Medianos	2		7		15		17	
Pesados	3		5		11		15	

¹ Los valores de esta tabla están basados en una diferencia de temperatura de 20°F entre el interior y el exterior. Cuando la diferencia sea mayor (o menor) de 20 grados, sume el exceso (o reste la diferencia) a los valores de la tabla.

² Incluye escoria de $\frac{1}{2}$ ", una membrana y una felpe, una encima de $\frac{3}{8}$ "

Tabla anexo 4. Valores de diferencial de temperatura equivalente (DTE) para techos

(Hernandez Goribar, 2009)

Construcción de la pared*	Hora estándar	NE		E		SE		S		SO		O		NO		N (con sombra)	
		osc.	claro	osc.	claro												
CONSTRUCCION LIVIANA	9 a.m.	28	17	35	20	29	17	16	10	18	12	18	12	15	10	14	9
	Mediodía	27	17	38	22	38	23	27	17	24	15	24	15	20	14	17	12
	3 p.m.	24	17	29	20	31	21	32	21	37	24	34	22	26	18	20	15
	6 p.m.	23	17	26	19	26	18	26	18	41	25	47	30	37	24	21	16
CONSTRUCCION MEDIO - LIVIANA	9 a.m.	12	8	14	9	11	7	6	4	8	5	9	6	7	5	7	5
	Mediodía	25	14	34	18	27	15	11	7	9	7	9	6	9	4	10	6
	3 p.m.	29	18	35	23	39	22	26	16	21	16	18	12	15	11	16	11
	6 p.m.	30	20	37	24	39	25	36	24	41	24	38	25	29	20	22	17
CONSTRUCCION MEDIO - PESADA	9 a.m.	14	11	17	13	16	12	14	11	18	12	20	16	17	11	12	10
	Mediodía	17	11	21	14	19	12	13	9	15	10	16	11	14	10	11	8
	3 p.m.	21	14	28	19	25	15	16	11	14	11	17	11	14	10	12	9
	6 p.m.	25	16	32	19	30	18	23	15	23	15	22	15	18	12	15	11
CONSTRUCCION PESADA	9 a.m.	20	14	26	16	23	15	20	14	24	16	26	17	21	15	15	11
	Mediodía	19	13	24	15	22	14	19	13	24	15	24	16	20	14	14	11
	3 p.m.	20	13	24	16	22	15	18	13	22	14	23	15	19	13	14	10
	6 p.m.	20	14	26	16	25	16	19	13	22	14	23	15	18	13	14	11

*Para ejemplos de cada tipo de construcción, vea las notas debajo.

NOTAS:

1. Tabla basada en una temperatura exterior de diseño de 85°F y en una temperatura interior de diseño de 75°F.
2. Cuando la diferencia de temperatura entre interior y exterior sea de más (o menos) de 20°F, sume el exceso (o reste la diferencia) a los valores de la tabla.
3. Para calcular la pérdida o la ganancia de calor a través de particiones que separan un espacio acondicionado de otro sin acondicionar, use una diferencia de temperatura de 5 grados menos que la diferencia de temperatura de diseño a menos que se espere que exista otra temperatura predominante.
4. Todas las paredes incluyen un terminado interior de repello de 3/4" o de placas de asbesto-cemento.
5. Detalles de construcción de los distintos tipos de pared:

CONSTRUCCION LIVIANA

- Estucado de 1" + estructura
- Bloque de concreto liviano de 4" + espacio de aire

CONSTRUCCION MEDIO-LIVIANA

- Estucado de 1" + ladrillo común de 4"
 - o + bloque de concreto pesado de 4" con o sin aislamiento de 2"
 - o + bloque de concreto pesado de 8" con o sin aislamiento de 1"
 - o + 2" de aislamiento + bloque de concreto pesado de 4"
- Ladrillo de fachada de 4" + bloque de concreto liviano con o sin aislamiento de 1"

CONSTRUCCION MEDIO-PESADA

- Ladrillo de fachada de 4" + ladrillo común de 4"
 - o + 2" de aislamiento + bloque de concreto de 4" o ladrillo común o bloque de concreto pesado de 8"
 - o + losas de barro de 8" + 1" de aislamiento
 - o + ladrillo común de 8"
 - o + espacio de aire + bloque de concreto pesado de 4"
- Estucado de 1" + losas de barro de 8" + 1" de aislamiento o espacio de aire
 - o + 2" de aislamiento + ladrillo común de 4"
 - o + bloques de concreto pesado de 12"

CONSTRUCCION PESADA

- Ladrillo de fachada de 4" + ladrillo común de 8" + 1" de aislamiento
 - o + 2" de aislamiento o espacio de aire + losas de barro de 8" o ladrillo común de 4" o bloques de concreto pesado de 4" o bloques de concreto pesado de 8"
 - o + 2" de aislamiento + ladrillo común de 8" o concreto pesado de 8"
 - o + losas de barro de 8" + espacio de aire
 - o + espacio de aire + ladrillo común de 8" o concreto pesado de 12"
 - o + 2" de aislamiento + concreto pesado de 12"
- Estucado de 1" + 2" de aislamiento + ladrillo común de 8" o concreto pesado de 12"

Tabla anexo 5. Valores para diferencial de temperatura (DTE) para muros
(Hernandez Goribar, 2009)

MATERIAL	DENSIDAD libras / pie	TEMPERATURA MEDIA OF	CONDUCTIVIDAD k	CONDUCTANCIA C	RESISTENCIA (R)	
					Por Pulgada	Total
MATERIALES DE CONSTRUCCION						
Concreto, Arena y Grava	140		12.0		.08	
Ladrillo Común	120	75	8.0		.20	
Ladrillo de Fachada	130	75	8.0		.11	
Ladrillo Hurco de 2 Celdas, 8"		75		.68		1.52
Bloque de Concreto, Arena y Grava, 8"		75		.90		1.11
Bloque de Concreto, Cenizas, 8"		75		.58		1.72
Yeso para estucar, Arena	105	75	6.6		.18	
MATERIALES AISLANTES						
Capa de lana mineral	0.5	75	.32		3.12	
Capa de fibra de vidrio	0.5	75	.32		3.12	
Placa de corcho	6.5 - 8.0	0	.28		4.0	
Placa de fibra de vidrio	9.5 - 11.0	- 16	.21		4.76	
Uretano expandido, R-11		0	.17		5.88	
Poliestireno expandido	1.0	0	.24		4.17	
Placa de lana mineral	15.0	0	.25		4.0	
Cubierta de techo aislante de 2"		75		.18		5.56
Relleno suelto de lana mineral	2.0 - 5.0	0	.23		4.35	
Perlita expandida	5.0 - 8.0	0	.32		3.12	
TECHOS						
Techos de Asbesto-Cemento	120	75		4.78		.21
Asfalto en Rollo para Techos	70	75		8.50		.15
Techo Prefabricado de 3/8"	70	75		3.0		.33
Tejas de Madera		75		1.06		.94
MATERIALES PARA PISOS						
Alfombra con Bajo-alfombra de Fibra		75		.48		2.08
Alfombra c/Bajo-alfombra de Hule espuma		75		.81		1.23
Losa de Corcho de 1/8"		75		3.60		.28
Terrazo, 1"		75		12.50		.08
Loseta Asfáltica, de vinilo o Linoleum		75		20.0		.05
Subsuelo de Madera de 25/32"				1.02		.98
Suelo de Madera de 3/4"				1.47		.68
VIDRIO						
Vidrio Plano Sencillo				.73		1.37
Vidrio Aislante Doble				.49		2.04
Vidrio Aislante Triple				.38		2.63
Ventanas de Tormenta				.44		2.27
MATERIALES PARA ACABADOS						
Placa de Asbesto-Cemento	120	75	4.0		.25	
Yeso de 1/2"	50	75		2.25		.45
Triplay	34	75	.80		1.25	
Revestimiento de Madera	20	75	.38		2.63	
Fibracel	65	75	1.40		.72	
Filtro Permeable al Vapor		75		16.70		0.06
Película Plástica Impermeable		75				
MADERAS						
Madera Biselada de 1 x 8		75		1.23		
Arce, Roble, Madera Dura	45	75	1.10		.81	
Abeto, Pino, Madera Blanda	32	75	.80		1.25	
VARIOS						
Agua			4.2		.24	
Nieve			1.2 - 3.6		.83 - .27	
Tierra			7.2 - 12.0		.14 - .08	
Aserrín		75	.45		2.22	

Tabla anexo 6. Coeficiente de transmisión de calor (Hernandez Goribar, 2009)



Detalle de infraestructura auditorio 12: paredes internas, paredes externas y techo



Detalles de paredes internas y externas auditorio 27



Detalle infraestructura auditorio 52 paredes internas, externas y techo



Auditorio
12



Auditorio 27



Auditorio 52

Mediciones consumo de energía en Auditorios

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (STC)*	SG270P
Nominal Output (Pmax)	270 W
Flash Test Power Tolerance	0/+5 W
Voltage at Pmax (Vmp)	30.8 V
Current at Pmax (Imp)	8.77 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.2 V
Short Circuit Current (Isc)	9.82 A
Maximum System Voltage	1000 V
Maximum Series Fuse Rating	15 A
Cell Efficiency	18.49 %
Module Efficiency	16.60 %

*STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m²; Module Temperature 25°C; Air Mass 1.5

Tabla anexo 7 Característica eléctrica modulo solar Peimar SG270
(www.Peimar.com)

Características del producto: M XS 2200/3000/3800 TL | M XS 5000/6000/7500 TL

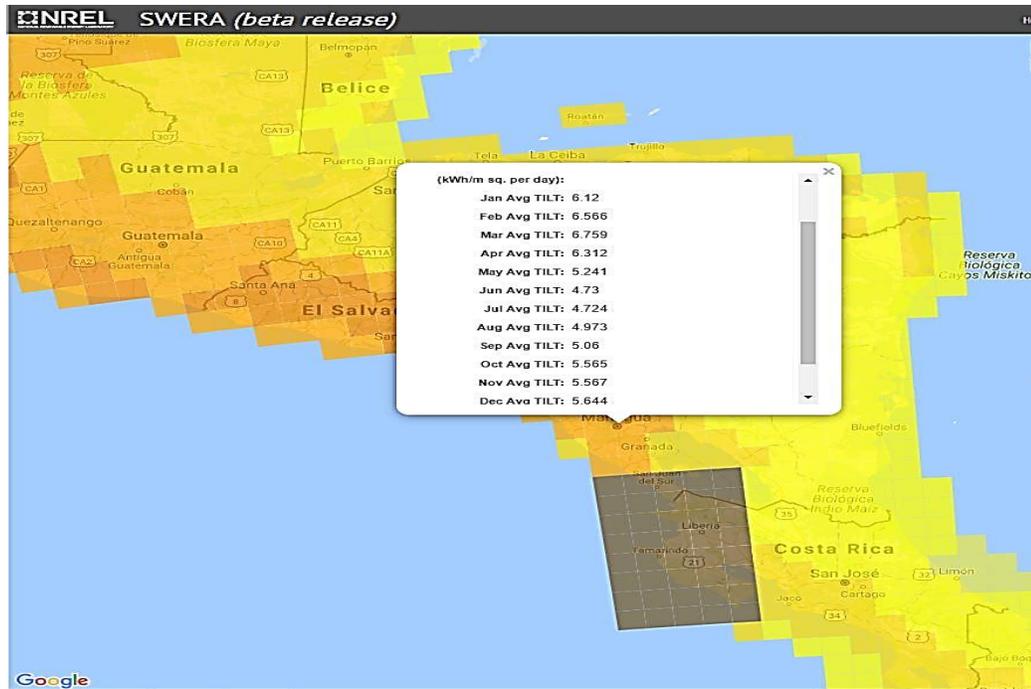
MPPT Rango tensión: 125÷480 Vdc 330÷740 Vdc
Máx. Tensión DC: 580 Vdc 845 Vdc
Número máx. strings en ingreso: 4 4
Número máx. canales MPPT independientes 1 1
Tensión de red: 230 Vac +/- 15% 230 Vac +/- 15%
Frecuencia de red: 50 Hz 50 Hz
Distorsión total de la corriente de red: ≤3% ≤3%
Grado de protección: IP65 IP65
Range Temperatura: -25°C ÷ +45°C -25°C ÷ +45°C
Humedad relativa: 95% max. 95% max.
Consumo en stop: <10 W <10 W
Consumo nocturno: <0,25 W <0,25 W

Tabla anexo 8 Características eléctricas del Inversor SUNWAY X MS 7500TL
(www.santerno.com)

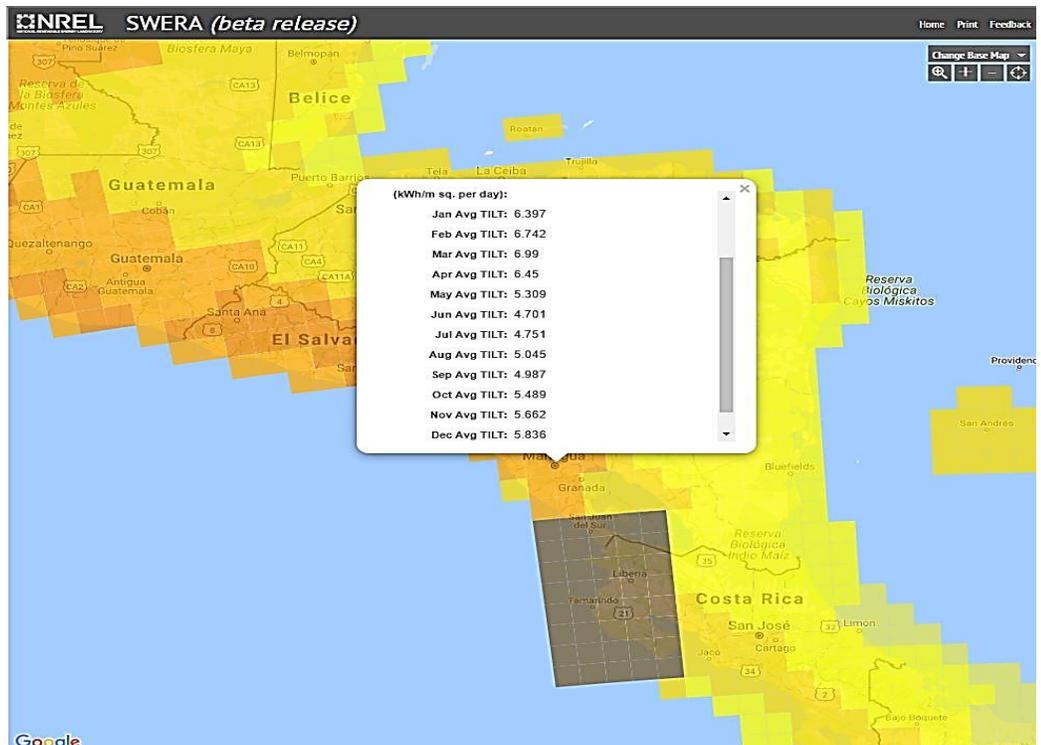
DATOS RADIACION SOLAR:

RADIACION SOLAR DISPONIBLE			
	Valor 1	Valor	
Mes	Hd (kWh/m²)	Hd (kWh/m²)	Valor menor
Enero	6.12	6.397	4.713
Febrero	6.566	6.742	
Marzo	6.759	6.99	
Abril	6.312	6.45	
Mayo	5.241	5.309	
Junio	4.73	4.701	
Julio	4.724	4.751	
Agosto	4.973	5.045	
Septiembre	5.06	4.987	
Octubre	5.565	5.489	
Noviembre	5.567	5.662	
Diciembre	5.644	5.836	
Promedio	5.61	5.697	
Hd: suma diaria promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema (kWh/m ²)			

Tabla anexo 9 Radiación solar, tomado de **Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) Model Online**



Valor 1 de radiación solar tomado de Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) Model Online



Valor 2 de radiación solar tomado de Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) Model Online