

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia elétrica: sistemas de energia elétrica e telecomunicações

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica: sistemas de energia elétrica e telecomunicações / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0400-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.002221708>

1. Engenharia elétrica. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricitista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de subáreas e especializações, algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DO NIÓBIO NAS BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO

Claudinei Guilherme Hoffmann

Luciana Paro Scarin Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217081>

CAPÍTULO 2..... 14

FORECAST METHOD FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES: A CASE STUDY OF THE ONTARIO'S ELECTRICAL SYSTEM

Bruno Knevitz Hammerschmitt

Felipe Cirolini Lucchese

Marcelo Bruno Capeletti

Renato Grethe Negri

Leonardo Nogueira Fontoura da Silva

Fernando Guilherme Kaehler Guarda

Alzenira da Rosa Abaide


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217082>

CAPÍTULO 3..... 28

IDENTIFICADOR DE FALHAS PARA MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO BASEADO EM SUPPORT VECTOR MACHINE IMPLEMENTADO EM CLOUD

Jacyeude de Moraes Passos Araujo Segundo

Carlos Vinicius Alves Coimbra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217083>

CAPÍTULO 4..... 41

DETECÇÃO DE AVARIAS EM ISOLADORES DE POTÊNCIA: UMA PESQUISA DA LITERATURA CORRELATA À UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES

Ivan Nunes da Silva

Beatriz de Lima Tavares


Sofia Moreira de Andrade Lopes

Danilo Hernane Spatti

Rogério Andrade Flauzino

Victor Hideki Yoshizumi

Ana Cláudia Carvalho Barquete


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217084>

CAPÍTULO 5..... 56

LEITURA DE PARÂMENTOS DE MOVIMENTO DE UM PÊNDULO RÍGIDO CONTÍNUO UTILIZANDO SENSOR DE EFEITO HALL

Getúlio Teruo Tateoki

Jackson Tsukada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217085>

CAPÍTULO 6.....	65
PANELES FOTOVOLTAICOS ADICIONALES A COLECTORES PARABÓLICOS PARA UN SISTEMA AUTÓNOMO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR EN ZONAS TROPICALES	
Rosenberg J Romero	
Yuridiana Rocio Galindo Luna	
Jesús Cerezo Román	
Moisés Montiel González	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217086	
CAPÍTULO 7.....	94
UM MODELO HÍBRIDO DE BUSCA HARMÔNICA E OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS APLICADO NO PROJETO DO CONTROLADOR LQR	
Luis B. P. Nascimento	
Vandilberto P. Pinto	
Márcio A. B. Amora	
Rômulo N. C. Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217087	
CAPÍTULO 8.....	108
MODELAGEM, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE MOVIMENTO DO ROBÔ MANIPULADOR SCARA T3 401SS FABRICANTE EPSON	
Bruno Suracci de Lima	
Flávio Luiz Rossini	
João Henrique Dias Corrêa	
João Marcos Pericaró Lopes	
Reginaldo Ferreira de Sousa Barbosa	
Yuri Ruzzene Barroso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217088	
CAPÍTULO 9.....	126
SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA SOB A FORMA DE HIDROGÊNIO (SAEEH ₂) INSTALADO NA UHE ENG. SÉRGIO MOTA UTILIZANDO O SOFTWARE HOMER	
Juarez Corrêa Furtado Júnior	
Ennio Peres da Silva	
Vitor Feitosa Riedel	
Ana Beatriz Barros Souza	
Hélio Nunes de Souza Filho	
Demóstenes Barbosa da Silva	
Diogo Hernandez de Oliveira Barbosa	
Thiago Dias Alencar Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217089	
SOBRE OS ORGANIZADORES	138
ÍNDICE REMISSIVO.....	139

PANELES FOTOVOLTAICOS ADICIONALES A COLECTORES PARABÓLICOS PARA UN SISTEMA AUTÓNOMO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR EN ZONAS TROPICALES

Data de aceite: 01/08/2022

Rosenberg J Romero

Centro de Investigación en Ingeniería y
Ciencias Aplicadas - UAEM
Cuernavaca, Morelos, México

Yuridiana Rocio Galindo Luna

Centro de Investigación en Ingeniería y
Ciencias Aplicadas - UAEM
Cuernavaca, Morelos, México
Universidad Autónoma Metropolitana-
Iztapalapa
Iztapalapa, Ciudad de México, México

Jesús Cerezo Román

Universidad Autónoma Metropolitana-
Iztapalapa
Iztapalapa, Ciudad de México, México

Moisés Montiel González

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, -
UAEM
Cuernavaca, Morelos, México

RESUMEN: Acondicionar aire o espacios, demanda grandes cantidades de energía eléctrica, para el funcionamiento de un componente mecánico común, conocido como compresor. Esta demanda energética afecta negativamente al ambiente y los costos al usuario, debido al funcionamiento de estos sistemas eléctricos, que dependen de la energía eléctrica doméstica, que en su mayoría es transformada por quema de combustibles fósiles. Los sistemas de absorción representan una

opción para sustituir a los sistemas conectados a la red eléctrica nacional, debido a que pueden usar energía solar (térmica y eléctrica) como fuente de potencia para su operación. El presente trabajo (en español) muestra el cálculo de las áreas térmicas y fotovoltaicas, para operar un sistema por absorción de vapor a partir de una solución acuosa de bromuro de litio. Los componentes del ciclo de absorción son bien conocidos en la literatura de ingeniería química e ingeniería mecánica: Generador, Condensador, Evaporador y Absorbedor; estos equipos son calculados considerando diseños de equipos comerciales de transferencia de calor, con la finalidad de que el sistema de aire acondicionado por absorción pueda ser reproducido con base en la disponibilidad de los componentes en las localidades donde desee instalarse. La planta térmica solar calculada es de 17 kW térmicos, con 15 concentradores cilíndrico-parabólicos (dispuesta en 3 líneas, con arreglo es serie, orientados Este- Oeste y con seguimiento Norte-Sur), 6 válvulas de seguridad, 2 sistemas de seguimiento (automático y manual) y 2 termo tanques de almacenamiento con capacidad de 300 litros cada uno. Los componentes de la instalación fotovoltaica son: paneles fotovoltaicos comerciales, interruptor termo magnético, controlador de voltaje, inversor y cableado. La planta fotovoltaica solar calculada es de 1.6 kW eléctricos, con 14 paneles fotovoltaicos en paralelo, sin seguimiento con estructuras fijas, orientadas a la latitud local sobre el muro sur de la construcción.

INTRODUCCIÓN

El aumento en la demanda energética conduce al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la quema de combustibles fósiles y esto contribuye al calentamiento global. Los seres humanos buscan mejorar su estilo de vida y su estado de confort, para tal fin; un número creciente de dispositivos y productos tecnológicos se introducen diariamente al mercado [Fan, 2007]. A nivel mundial, el sector eléctrico tiene como compromiso la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Ante esta situación todos los países deben impulsar la transición energética hacia un desarrollo sustentable, eficiente y menos dependiente de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica [SENER, 2015].

El 12 de diciembre de 2015, nació el Acuerdo de París cuyo objetivo es que todos los países se unan para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), particularmente el CO₂ (Dióxido de carbono) y de esta manera reducir la contaminación ambiental producto de éstos.

El objetivo para el cual se enfoca dicho tratado es evitar el aumento a los 2°C de temperatura, esto debido a factores tales como aumento en el nivel del mar por derretimiento de glaciares mostrando un incremento de al menos 0.11°C por décadas, así como incremento en la acidificación de los océanos repercutiendo en la diversidad marina, cuyo agente causal es el CO₂.

Tomando en cuenta que los cambios por el calentamiento global son irreversibles, mediante negociaciones internacionales se acordó que las emisiones de CO₂ no sobrepasaran las 2,900 giga toneladas (Gt), aunque ya habían sido emitidas 1,900 Gt hasta el año 2011. Sin embargo, dicho impacto continuará por el resto de los años ya que no es posible detener las emisiones de GEI en general, por lo que se intenta reducir estas emisiones para evitar un incremento en la temperatura global de 1.5° C.

Desafortunadamente los combustibles fósiles constituyen un recurso no renovable y sus reservas han comenzado a agotarse alrededor del mundo. Generalmente es aceptado por la comunidad científica que su uso dentro de las actividades humanas está afectando al ambiente, debido a la emisión de gases de efecto invernadero [Obi, 2016], los cuales contribuyen con el calentamiento global.

TECNOLOGÍAS DE AIRE ACONDICIONADO

El aumento considerable de la temperatura por consecuencia del cambio climático ha originado que la sociedad utilice aire acondicionado siendo un consumidor de energéticos provenientes de fuentes no renovables, principalmente en México. De acuerdo a CIME Power Systems, una empresa con 70 años de experiencia en la ingeniería, en la tabla 1 recupera el consumo mensual kW/h de los aparatos de aire acondicionado antiguos, para el comparativo con los disponibles actualmente.

Aparato	Potencia (promedio) watts (w)	Tiempo de uso (periodos típicos)	Tiempo de uso al mes/hora	Consumo mensual kw/h
Aire lavado (cooler) grande	600	12 hrs. diarias	360	216
Aire lavado (cooler) mediano	400	12 hrs. diarias	360	144
Aire acondicionado de ventana 1 ton. antiguo	1850	10 hrs. diarias	300	555
Aire acondicionado de ventana 1 ton. nuevo	1200	8 hrs. diarias	240	288
Aire acondicionado de ventana 1.5 ton. antiguo	2250	10 hrs. diarias	300	675
Aire acondicionado de ventana 1 ton. nuevo	1800	8 hrs. diarias	240	432
Aire acondicionado de ventana 2 ton. antiguo	3200	10 hrs. diarias	300	960
Aire acondicionado de ventana 2 ton. nuevo	2450	8 hrs. diarias	240	588
Aire acondicionado dividido (minisplit) 1 ton.	1160	8 hrs. diarias	240	278
Aire acondicionado dividido (minisplit) 1.5 ton.	1680	8 hrs. diarias	240	403
Aire acondicionado dividido (minisplit) 2 ton.	2280	8 hrs. diarias	240	547
Calentador de aire	1500	4 hrs. diarias	120	180
Refrigeración central 5 ton. antiguo	7900	10 hrs. diarias	300	2370
Refrigeración central 5 ton. nuevo	5250	8 hrs. diarias	240	1260
Refrigeración central 3 ton. antiguo	4450	10 hrs. diarias	300	1335
Refrigeración central 3 ton. nuevo	3350	8 hrs. diarias	240	804
Refrigeración central 4 ton. antiguo	6500	10 hrs. diarias	300	1950
Refrigeración central 4 ton. nuevo	4250	8 hrs. diarias	240	1020

Tabla 1. Consumo eléctrico de aires acondicionado

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

La energía eléctrica ha mostrado un comportamiento el cual tiende a disminuir por el uso de combustibles fósiles, lo que se ha reflejado en un mayor desarrollo de energías renovables. Para poder hacerlo posible se toma en cuenta el alza en el precio de combustibles, su desarrollo, así como los costos en tecnología que permita la generación de dicha electricidad, por consiguiente, el impacto ambiental generado. [SENER, 2016]

Durante el año 2014, la generación de energía eléctrica fue de 301,462. GWh, para el año 2029 dicha tendencia estará en un aumento con un valor de 470,431.7 GWh representando el 56.1%. En este panorama tomando en cuenta los costos a mediano y largo plazo, la alternativa más considerable son las tecnologías de ciclo combinado; En donde el ciclo de turbina de gas (Brayton) a temperaturas superiores a 1,500°C y utilizar el gas de escape como fuente de energía para el ciclo de potencia de vapor con una

temperatura inferior a los 1,500°C. Con la finalidad de recuperar energía de los gases de escape y transferir al vapor en un intercambiador de calor que es utilizado como caldera. Obteniendo así una eficiencia por encima del 40% [Cengel, 2012]. Éste ciclo ocupa el 55.0% al término del año 2015.

La tecnología convencional se basa en quemar algún tipo de combustible fósil para producir vapor, el cual es turbinado para producir electricidad. Tales como: carbón, gas natural y fuelóleo. Se muestra un descenso de 12.4% a 0.5%. Así mismo, las carboeléctricas registran un descenso de 11.2% a 0.3%.

Mientras tanto del año 2014 a 2029 la energía hidroeléctrica mostrará un descenso con valor de 12.9% a 11.6% ya que el recurso hídrico es utilizado en gran medida para la generación de electricidad.

Aire acondicionado por absorción

La demanda energética asociada a los sistemas de aire acondicionado ha incrementado en recientes años [Xinwey, 2015]. La tecnología de bomba de calor tipo I, es capaz de realizar el efecto de enfriamiento y ser utilizada como sistema de aire acondicionado. Un sistema convencional de aire acondicionado es mostrado en la Figura 1, en la cual se observa el sistema que consiste en 4 componentes; evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión.

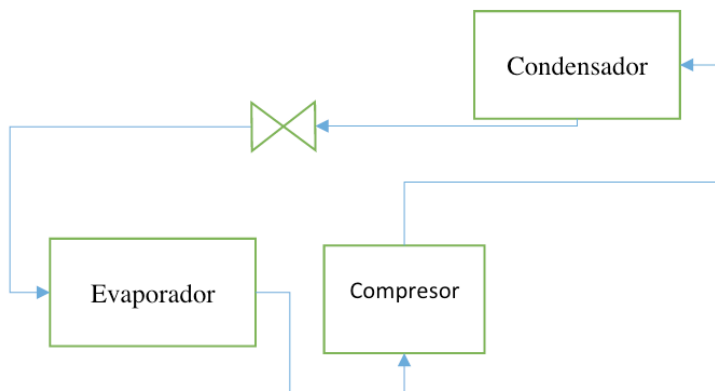


Figura 1. Diagrama esquemático de un ciclo comercial de compresión

El sistema de absorción sustituye el compresor por dos componentes: generador y absorbedor. Este sistema es mostrado en la Figura 2, en la cual podemos observar cuatro componentes: condensador, generador, evaporador y absorbedor.

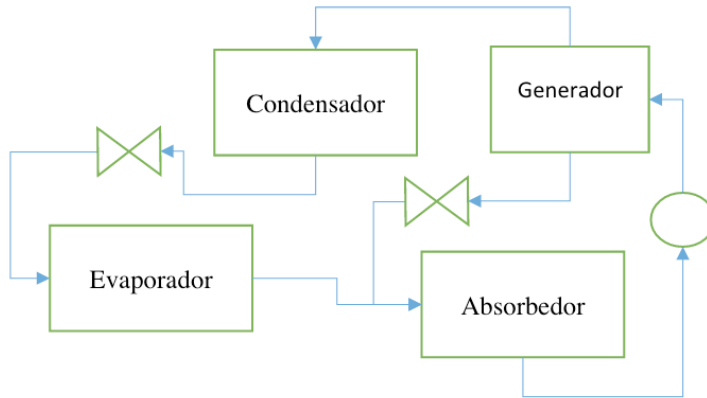


Figura 2. Diagrama esquemático de un ciclo de absorción

DISEÑO DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO

El suministro eléctrico será por parte de módulos fotovoltaicos de la marca “Solartec S36PC-135 policristalino”. En la Figura 3 se muestra la ficha técnica, donde se puede observar que cada módulo tiene una potencia máxima a condiciones de prueba estándar de 135 W, un voltaje a circuito abierto de 22.5 V y corriente a corto circuito de 7.74 A.

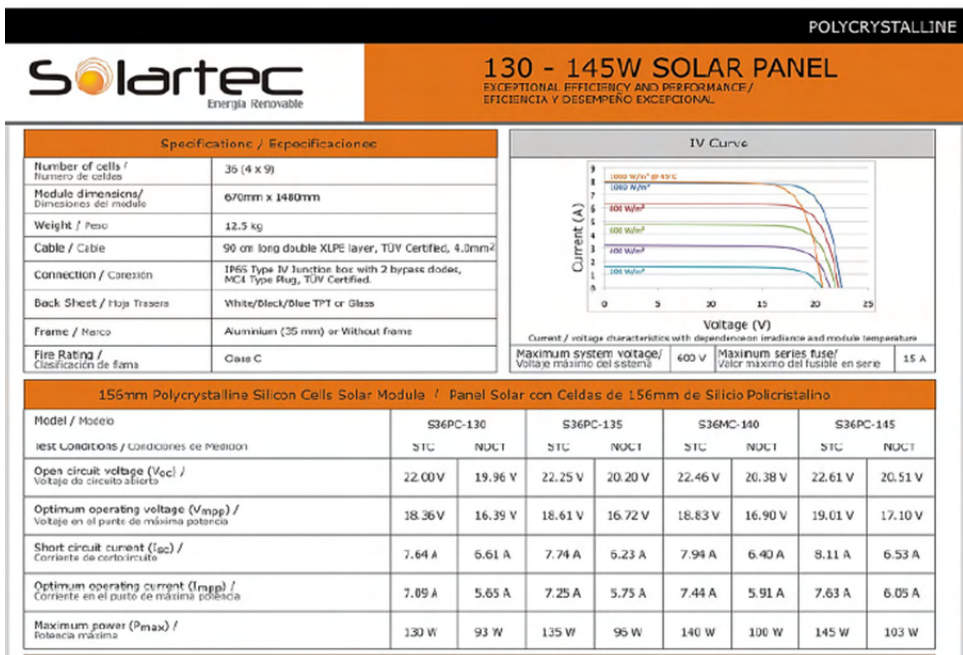


Figura 3. Ficha técnica del módulo fotovoltaico

En la figura 4 se muestra la forma de conexión eléctrica de todo el sistema de aire acondicionado por absorción autónomo.

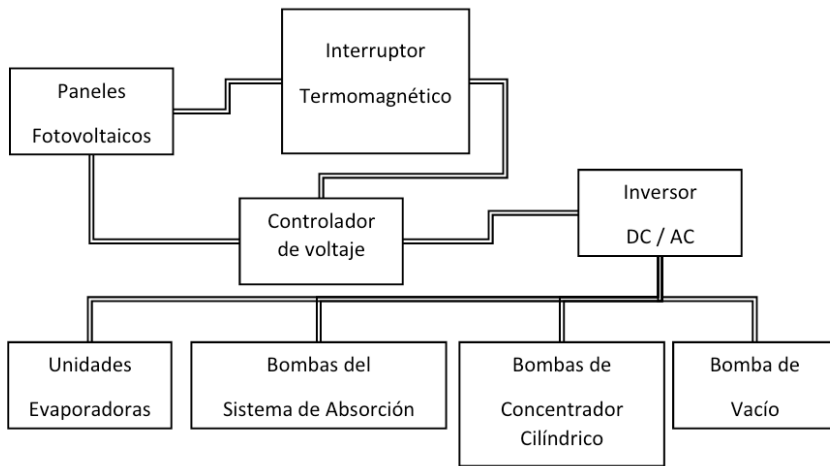


Figura 4. Diagrama esquemático de instalación del sistema fotovoltaico.

Evaluación de las necesidades energéticas

La determinación de las cargas eléctricas para el suministro del sistema de aire acondicionado solar se consideró sin control de seguimiento de los colectores solares y encendido con intervalos de tiempo como se presentan en la Tabla 2. La Bomba #1, # 2, #3 y #4 están conectadas al sistema de aire acondicionado por absorción (SAAA). Bomba #5 y #6 están conectadas al colector de canal parabólico (CCP). Los dispositivos con mayor demanda energética son las dos bombas conectadas al sistema de aire acondicionado de voltaje con corriente alterna (entre las dos requieren 2327.6 W), seguido de todas las unidades evaporadoras (operan con 1960.24W) y las dos bombas conectadas a los CCP (entre las dos demandan 1621.2 W). Como se puede observar la carga total fue de 6.6 kWh.).

Dispositivo	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Operación (hora/día)	Energía consumida (W-h)
Bomba #1 *	1	264.5	4.50	1190.25
Bomba #2 *	1	264.5	4.30	1137.35
Bomba #3 **	1	63.6	4.83	307.19
Bomba #4 **	1	63.6	4.66	296.38
Bomba #5 *	1	140.0	5.83	816.20
Bomba #6 *	1	140.0	5.75	805.00
Unidad de evaporadora *	5	107.0	3.66	1960.24
Bomba de vacío *	1	172.5	0.16	27.60
Control del sistema *	1	10.0	6.00	60.00
Total				6600.2

Tabla 2. Cargas eléctricas de los dispositivos auxiliares sin seguimiento.

* Voltaje con corriente alterna

** Voltaje con corriente directa

La Tabla 3 muestra la demanda energética mensual y anual de acuerdo al mes que corresponde con seguimiento solar (SS) y sin seguimiento solar (NSS). Los meses que requerirían una aportación energética más alta son los meses de enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre con un valor de 204.61 kW-h sin seguimiento solar y 417.33 kW-h con seguimiento solar, ya que cuentan con un mayor número de días. Es importante resaltar que con el seguimiento solar la demanda eléctrica aumenta el doble al valor reportado sin el seguimiento solar.

Mes	Días	Demanda diaria sin seguimiento (kW-h)	Demanda (KW-h)	Promedio diario mensual (kW-h)	Demanda con seguimiento (kW-h)
Enero	31	6.6	204	13.5	417
Febrero	28	6.6	184	13.5	377
Marzo	31	6.6	205	13.5	417
Abril	30	6.6	198	13.5	404
Mayo	31	6.6	205	13.5	417
Junio	30	6.6	198	13.5	404
Julio	31	6.6	205	13.5	417
Agosto	31	6.6	205	13.5	417
Septiembre	30	6.6	198	13.5	404
Octubre	31	6.6	204	13.5	417
Noviembre	30	6.6	198	13.5	404
Diciembre	31	6.6	204	13.5	417

Anual	365		2408		4912
-------	-----	--	------	--	------

Tabla 3. Determinación de la demanda energética mensual y anual.

Energía solar aprovechable

La figura 5 muestra los valores de la radiación solar promedio mensual incidente en una superficie inclinada con un ángulo de 18° sobre las coordenadas de latitud 19° y longitud -99, con base a los datos en la base de datos de la NASA. El valor de 19° se tomó de acuerdo al ángulo de la latitud más cercano a la que se encuentra la ubicación del proyecto. Cabe mencionar; que la base de datos de la NASA promedia el valor obtenido de radiación solar de 22 años en cada mes en el sitio seleccionado, con la cual se tiene la certeza de que los datos pueden usar para fines de este trabajo. El mes de menor irradiación es el de septiembre con un valor promedio de 5.46 kW-h / m² / día, debido a que típicamente es el mes de mayor nubosidad por el aumento de la intensidad de lluvias, presentando una disminución en la radiación incidente.

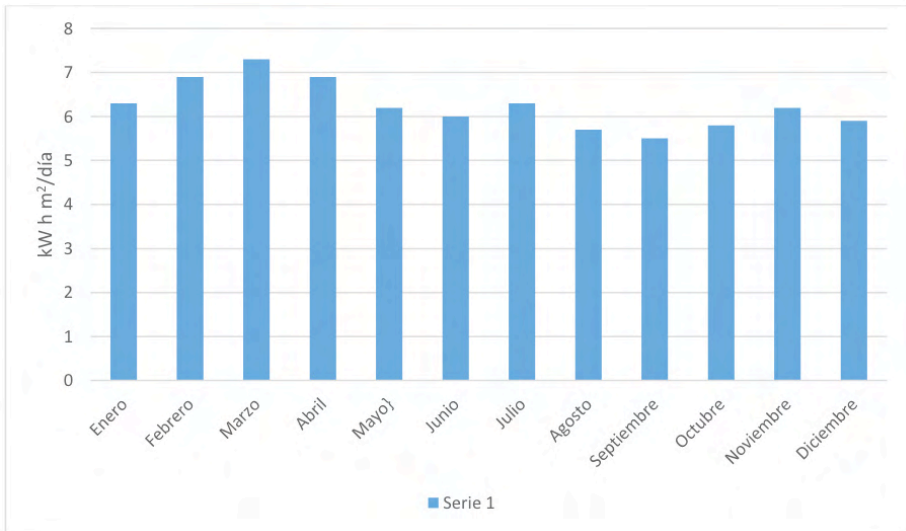


Figura 5. Radiación incidente promedio mensual en una superficie inclinada a 19°.

La Tabla 4 presenta el resultado de la energía eléctrica pico requerido de acuerdo a los datos del promedio diario de energía (PDE) y del recurso solar promedio mensual (RSPM), proporcionados en la Tabla 3 y Figura 5, respectivamente. El valor del PDE es multiplicado por 1000 y dividido por el valor del RSPM correspondiente a cada mes. El valor de la potencia pico requerida (PPR) es presentado en W y a modo de comparación de presenta los valores con seguimiento solar (SS) y sin seguimiento solar (NSS). Además, se aprecia que a pesar de que existen meses con mayor demanda energética (205 kW-h/mes,

diciembre Tabla 3) el valor de la potencia requerida en septiembre es el mayor de todos con un valor de 1.2 kW, lo cual deberá ser cubierto por la fuente de energía renovable que se pretende diseñar. El valor de la potencia pico en septiembre es resultado de un menor recurso solar, comparándolo con el resto de los meses para la ubicación de 19 ° de latitud. Por lo anterior, se tomará este mes como el valor del recurso solar disponible para cubrir la demanda energética de todo el año.

Mes	RSPM (h)	PDE (kW-h)	PPR (W)	PDE SS (kW-h)	PPR SS (W)
Enero	6.3	6.6	1047	13.5	2143
Febrero	6.9	6.6	956	13.5	1957
Marzo	7.3	6.6	904	13.5	1849
Abril	6.9	6.6	956	13.5	1957
Mayo	6.1	6.6	1082	13.5	2213
Junio	6.0	6.6	1100	13.5	2250
Julio	6.3	6.6	1048	13.5	2143
Agosto	5.7	6.6	1158	13.5	2368
Septiembre	5.5	6.6	1200	13.5	2455
Octubre	5.8	6.6	1138	13.5	2328
Noviembre	6.2	6.6	1065	13.5	2177
Diciembre	5.9	6.6	1119	13.5	2288
Promedio	6.2		1064		2177

Tabla 4. Potencia pico requerida para cubrir la demanda con y sin seguimiento solar.

Eficiencia de los módulos fotovoltaicos

El cálculo del rendimiento del panel por influencia de la temperatura se basa en parámetros climatológicos del sitio y de las características eléctricas del panel seleccionado. En la Tabla 5 se muestran los parámetros que se usarán para el cálculo de la pérdida de rendimiento por temperatura de acuerdo a los datos del proveedor y a los datos meteorológicos del sitio.

Parámetro	Valor y unidades	Referencia
Temperatura máxima promedio del sitio (T _{máx})	21.2 °C	(Nasa, 2017)
Temperatura normal de operación del panel (TNOC)	45 °C (+/- 2°C)	(Solartec, 2017)
Coefficiente de temperatura de potencia máxima del panel ($\Delta P/\Delta T$)	-0.47 %/°C	(Solartec, 2017)

Tabla 5. Parámetros climatológicos del sitio y características eléctricas del panel fotovoltaico.

La ecuación 1 presenta el cálculo del coeficiente de operación (C1) tomando en cuenta el valor de TNOC para determinar el rendimiento teórico del panel fotovoltaico por influencia de la temperatura:

$$C1=(45^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C})/800 \text{ m}^2/\text{W}=0.03125 \text{ (}^{\circ}\text{C}^*\text{m}^2)/\text{W} \quad 1$$

Se prosigue con la determinación de la temperatura del panel fotovoltaico bajo las condiciones climatológicas del sitio, con la cual se conoce la temperatura teórica (Tc) que se encontrara la superficie del panel, como se aprecia en la ecuación 2:

$$Tc=21.2^{\circ}\text{C}+(0.03125 \text{ (}^{\circ}\text{C}^*\text{m}^2)/\text{W}^*1000 \text{ W}/(\text{m}^2))= 52.45 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad 2$$

Este resultado nos indica que teóricamente la temperatura de la superficie de la celda aumentará 7°C respecto a la temperatura normal de operación, disminuyendo la eficiencia del panel. El valor obtenido es redondeado al número entero posterior que será de 53°C, con el fin de tener un margen de error, debido a que en la práctica la temperatura del panel puede aumentar o disminuir por la cantidad de radiación solar incidente en el momento. La ecuación 3 determina la diferencia de temperatura de la superficie del panel (ΔT) y la temperatura máxima promedio del ambiente. La ecuación 4 presenta el cálculo del producto del coeficiente de temperatura (ΔP) por la diferencia de temperatura con lo cual se obtiene la disminución del rendimiento esperado del panel fotovoltaico:

$$\Delta T=53^{\circ}\text{C}-21^{\circ}\text{C}=32 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad 3$$

$$\Delta P=(-0.47 \text{ } \%/ (^{\circ}\text{C}))^*32^{\circ}\text{C}=-15.04 \text{ } \%=0.1504 \quad 4$$

El valor obtenido es multiplicado por la potencia máxima del panel ($P_{\text{máx. teórica}}$), y restado por el mismo valor para conocer la potencia teórica máxima que puede proporcionar, tal como se muestra en la ecuación 5:

$$[P_{\text{máx}}]_{\text{teórica}}=(135\text{W}^*0.1504)-135\text{W}=114.70 \text{ W} \quad 5$$

Este valor es resultado de la posible disminución del voltaje de circuito abierto dentro del panel. A modo de comparación, en el trabajo de Chen et al. (2016) presentó un trabajo similar en el cual se observa una disminución lineal del Voc en un rango de temperatura en la superficie del panel de entre 15°C a 87°C, resaltando una mayor disminución de voltaje entre los valores de mayor temperatura. La posible causa es la diferencia entre la relación de los niveles de energía entre los donadores y aceptores de electrones por el aumento de la temperatura [Chen, 2016].

Eficiencia del regulador

Se colectaron los datos del voltaje del banco de la terminal del módulo (ValorBmódulo) y la terminal de las cargas (ValorBcarga) durante 5 días. A continuación, la Tabla 6., muestra los promedios obtenidos de voltaje en el regulador de voltaje, así como la eficiencia en cada día del mes de Mayo:

De acuerdo a los datos obtenidos, en promedio la eficiencia del regulador al transformar la energía fotovoltaica se encuentra en un 25% lo cual permitirá el funcionamiento del sistema con un voltaje nominal de 12 VCD.

Día	Valor B _{módulo} (V)	Valor B _{carga} (V)	Eficiencia (%)
22	18.96	14.40	75.94
23	19.26	14.43	74.92
24	19.30	14.46	74.92
25	19.36	14.43	74.53
26	19.44	14.43	74.22

Tabla 6. Valores promedios de voltaje obtenidos en 5 días y eficiencia del regulador

El dimensionamiento del SFV toma en consideración la pérdida de la eficiencia a través de los conductores, reguladores de voltaje e inversores de corriente. La ecuación 5 determinó la eficiencia total (E_{total}) considerando las pérdidas a través de los dispositivos eléctricos. Se consideran valores de eficiencia de los conductores de 0.97, eficiencia del regulador de voltaje de 0.98 y la eficiencia del inversor de 0.95 [Style, 2012]:

$$E_{total} = 0.97 * 0.98 * 0.95 = 0.90 \quad 6$$

Con este último valor y de acuerdo a la ecuación 6 se calcula la potencia pico (P_p) requerida por los paneles para poder cubrir de manera correcta la demanda energética sin considerar el seguimiento solar:

$$P_p = (6.60 \text{ kW} - h) / (5.46h * 0.85 * 0.9) = 1.58 \text{ kW} = 1575.53W \quad 7$$

El valor obtenido es dividido por la potencia de salida del panel fotovoltaico seleccionado, tal como se muestra en la ecuación 8, la cual determinó el número de paneles (N_p) para cubrir la demanda eléctrica, redondeando este valor al siguiente entero más cercano:

$$N_p = (1575.53W) / (114.70W) = 13.74 \approx 14 \text{ unidades} \quad 8$$

El número de paneles para cubrir la demanda eléctrica es de 14, los cuales deben de contar con una configuración específica. Como el sistema está compuesto por una potencia de 1.6 kW, el voltaje nominal será de 12 VCD. A modo de comparación la ecuación 9 muestra el cálculo de la potencia pico requerido (P_p) para cubrir la demanda tomando en cuenta el seguimiento solar y demás consideraciones.

$$P_p = (13.46kWh) / (5.46h * 0.85 * 0.9) = 3.21kW = 3209.99W \quad 9$$

El valor es dividido por la potencia de salida del panel fotovoltaico, determinando el número de paneles con seguimiento solar (N_{pss}) por la ecuación 10:

$$N_{pss} = (3209.99W) / (114.70W) = 27.95 \approx 28 \text{ unidades} \quad 10$$

Como se puede apreciar al comparar las ecuaciones 7 con 9 y 8 con 10, con base en el horario establecido en primera instancia y agregando el sistema de seguimiento, el número de paneles fotovoltaicos incrementa el doble.

Dimensionamiento de los reguladores, inversores y conductores

Con base en los resultados anteriores se determinó el número de reguladores de voltaje, los inversores de corriente haciendo una comparación entre el número resultante al

considerar el seguimiento solar y sin considerarlo, además del calibre de los conductores a utilizar.

Número de reguladores de voltaje

Con la ecuación 11 se determina la intensidad de corriente de entrada a los reguladores (I_{entrada}) de corriente con base en la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico “Solartec S36PC-135” el cual es de 7.74 A, los 14 paneles fotovoltaicos conectados en paralelo considerando el sistema sin seguimiento solar y un margen de seguridad de 1.25 para evitar sobrecargas y daños a los reguladores de voltaje:

$$I_{\text{entrada}}=1.25*14*7.74A=135.45A \quad 11$$

El valor obtenido incrementará el calibre de los conductores. Sin embargo, al considerar un voltaje nominal de 12 VCD para el funcionamiento de los dispositivos eléctricos, no fue posible cambiar la configuración del sistema fotovoltaico. El regulador de voltaje seleccionado es el “controlador automático de carga “GPC-12-30km”.

Mediante la ecuación 12 se calcula la corriente de salida de los reguladores de voltaje (I_{salida}) con base al producto de un factor de seguridad de 1.25, a la sumatoria de las potencias de cargas en CD, de un valor de 127.2 W, la sumatoria de las cargas en CA de 1526.5 W y dividido por la eficiencia del inversor de 0.95. El valor obtenido por último es dividido por el voltaje nominal:

$$I_{\text{salida}}=(1.25*(127.2W+(1526.5W)/0.95))/(12V)=180.63A \quad 12$$

El número de reguladores automáticos de carga ($N_{\text{reguladores}}$) estuvo definido por la corriente de entrada del regulador seleccionado de 30 A, entre la corriente de entrada como se aprecia en la ecuación 12:

$$N_{\text{reguladores}}=(135.45A)/(30A)=4.52\approx 5 \text{ unidades} \quad 13$$

El valor es redondeado al entero más cercano resultando en 5 reguladores de voltaje. Orozco Niveló et al., en el 2015 menciona que el correcto dimensionamiento del regulador de carga es importante para proteger las baterías y evitar algún daño a los dispositivos eléctricos. De acuerdo a los valores eléctricos del SFV, Voc de 32.13 y Isc 103.8, el regulador para cubrir cada ramal sería de 51.9 A, teniendo la capacidad de al menos 60 A para soportar la corriente en la entrada del regulador.

A modo de comparación en las ecuaciones 11 ($I_{\text{entrada}}[ss]$), 12 ($I_{\text{salida}}[ss]$) y 13 ($N_{\text{regulador}}[ss]$) se presenta el cálculo del número de reguladores tomando en consideración el seguimiento solar:

$$I_{\text{entrada}}[ss]=1.25*28*7.74A=270.9A \quad 14$$

$$I_{\text{salida}}[ss]=(1.25*(127.2W+(1526.5W)/0.95))/(12V)=180.63A \quad 15$$

$$N_{\text{reguladores}}[ss]=(270.9A)/(30A)=9.03\approx 10 \text{ unidades} \quad 16$$

De igual manera que el cálculo del número de paneles fotovoltaicos, el número de reguladores se dobla, agregando 5 unidades más para el SFV tomando en consideración el seguimiento solar.

Número de inversores

La ecuación 16 dimensionó la potencia que deberá cubrir el inversor (P_{inv}), tomando en cuenta la suma de las potencias de las cargas a corriente alterna de 1526.50 W, multiplicándolo por el “pico de arranque” de estos aparatos, aproximadamente de 4 veces su potencia nominal, y por el producto de un factor de seguridad de 1.2 con el objetivo de evitar daños al inversor:

$$P_{inv}=1.2*(4*1526.50W)=7327.20W \quad 17$$

El resultado obtenido es dividido entre la potencia del inversor seleccionado, en el caso de este trabajo fue de 1500 W, para conocer el número de inversores (N_{inv}) como se aprecia en la ecuación 17 y el valor obtenido es redondeado al número entero más cercano, quedando en 5 unidades. Las características eléctricas del inversor “Truper de 1500 W”.

$$N_{inv}=(7327.20W)/(1500W)=4.88\approx 5 \text{ unidades} \quad 18$$

A modo de comparación, se presenta en las ecuaciones 19 ($P_{inv[ss]}$) y 20 ($N_{inv[ss]}$) el cálculo del inversor considerando el seguimiento solar.

$$P_{inv}=1.2*(4*1706.5W)=8191.2W \quad 19$$

$$N_{inv}=(8191.2W)/(1500W)=5.46\approx 6 \text{ unidades} \quad 20$$

Como se puede apreciar con el seguimiento solar, tanto la potencia como el número de inversores también aumentan en una unidad más aumentando el costo del proyecto por cada unidad extra considerada para cubrir esa demanda y volviéndolo no viable, por lo tanto se seguirá con el cálculo sin considerar el seguimiento solar y un horario de 6 horas de operación.

Cálculo de conductores eléctricos

En la ecuación 21 se observa que la intensidad de corriente a través del cable ($I_{conductor}$) conductor fue el producto de los 14 paneles fotovoltaicos por la intensidad de corriente de cortocircuito de 7.74 A, por un margen de seguridad de 1.1:

$$I_{conductor}=1.10*(14*7.74)=119.20A \quad 21$$

Considerando que los conductores en CD deben conectar los paneles con los 5 reguladores calculados y que la distancia más larga entre los paneles y el centro de carga es de 9 metros, la Tabla 7., engloba los parámetros utilizados para el cálculo de la sección transversal del conductor:

Parámetro	Valor y unidades
Longitud del cable	9 metros
Intensidad de corriente entre los 5 reguladores de voltaje	23.84 A
Voltaje nominal	12 V
Caída de Tensión según Tabla 2.2.	0.03
Conductividad del cable de cobre	56 m/Ohm*mm ²

Tabla 7 Parámetros eléctricos para el cálculo de la sección transversal en CD

El calibre de los conductores (S) en voltaje CD, se determina como se aprecia en la ecuación 21:

$$S = 2 * (9m * 23.84A) / (56m / (\Omega \cdot [mm]^2) * (12V * 0.03)) = 2 * (214.55A * m) / (20.16(m * A) / [mm]^2) = 21.29 [mm]^2 \quad 22$$

Se necesitaría un cable de calibre A.W.G. #4 para soportar la corriente y la distancia a recorrer. Por otro lado, para determinar el calibre de los conductores que alimentan a los inversores y a los dispositivos eléctricos se tomará en cuenta la resistencia e intensidad de corriente por transportar teniendo en cuenta la caída de voltaje. A continuación, en la Tabla 8., se muestran los parámetros utilizados:

Parámetro	Valor y unidades
Longitud del cable	50 metros
Potencia del SFV	1575.54 W
Voltaje entre fase y neutro	127.5 V
Caída de voltaje según Tabla 7.2 de apéndice	0.02 de 127.5 V = 2.55 V
Factor de potencia (considerando un promedio de aprovechamiento de la energía)	0.8

Tabla 8 Parámetro eléctricos para el cálculo de la sección transversal en CA.

Con base a los datos de la Tabla 8., se calculó la intensidad de corriente (I) que se conducirá a través de estos, tal como se aprecia en la ecuación 23:

$$I = (1575.54W) / (127.5V * 0.8) = 15.45A \quad 23$$

Con la ecuación 24 se determinó la resistencia (R) necesaria en 50 metros para tener una caída de voltaje máxima de 2.55 V entre la intensidad de corriente obtenida en la ecuación 23:

$$R = (2.55V) / (15.45A) = 0.17\Omega \quad 24$$

Como la resistencia está dada en Ohms/km, se hace un ajuste para calcular la resistencia entre kilómetro necesario de los conductores (x) para determinar el calibre

correspondiente, de acuerdo a la ecuación 24:

$$X=(1000*0.17\Omega)/50=3.42\Omega km \quad 25$$

Se seleccionó un valor de resistencia ligeramente menor deduciendo que el conductor requerido para este trabajo es del calibre A.W.G. #10. La posible causa del calibre a seleccionar se debe a que se busca que la caída de voltaje máxima sea menor a la permitida con el objetivo de evitar daños a los dispositivos eléctricos del sistema fotovoltaico y auxiliares del aire acondicionado por absorción (Becerril L. 2002).

Configuración del sistema fotovoltaico

Con la ecuación 26 se obtuvo el número de paneles conectados en serie (N_{ps}) de acuerdo a las consideraciones que se tiene para este proyecto dividiendo el valor del voltaje nominal y el voltaje óptimo de operación del panel seleccionado, en este caso de 18.6 V, y redondeando ese valor al entero próximo más cercano:

$$N_{ps}=(12V)/(18.6V)=0.65=1 \text{ fila} \quad 26$$

Con base en el número de filas de la ecuación 26, ahora se determina el número de paneles fotovoltaicos conectados en paralelo (N_{pp}) con la ecuación 27:

$$N_{pp}=14/1=14 \text{ columnas} \quad 27$$

La Figura 6 muestra la configuración del sistema fotovoltaico de acuerdo a los cálculos anteriores, quedando en una configuración de 1 fila conectada en serie y 14 columnas en paralelo para aumentar la intensidad de corriente y mantener el voltaje igual. Cabe mencionar que el sitio donde se instalarán las tecnologías cuenta con 14 metros de ancho por 5 metros de largo resultando en un área de 70 m². Sin embargo, esta área estará ocupada tanto por un conjunto de concentradores cilíndrico-parabólicos, un Sistema de aire acondicionado por absorción compuesto por un generador, condensador, evaporador y absorbedor, así como de los dispositivos auxiliares que permitirán el desplazamiento del fluido a través de ambos. Esta condición limita al conjunto de paneles fotovoltaicos para ser instalados sólo en el muro con orientación hacia el sur geográfico y con una inclinación igual a la latitud del sitio de operación, en este caso, el ángulo de inclinación es de 19°, con el objetivo de aprovechar la radiación solar en el verano donde la temperatura ambiente es mayor y los espacios a acondicionar aumentan su temperatura. Otra razón por la que se decidió instalar el conjunto de paneles en el muro sur se debe a que permite disminuir las cargas térmicas de los espacios al reducir estas cargas por el sombreado que proporcionan los paneles fotovoltaicos.

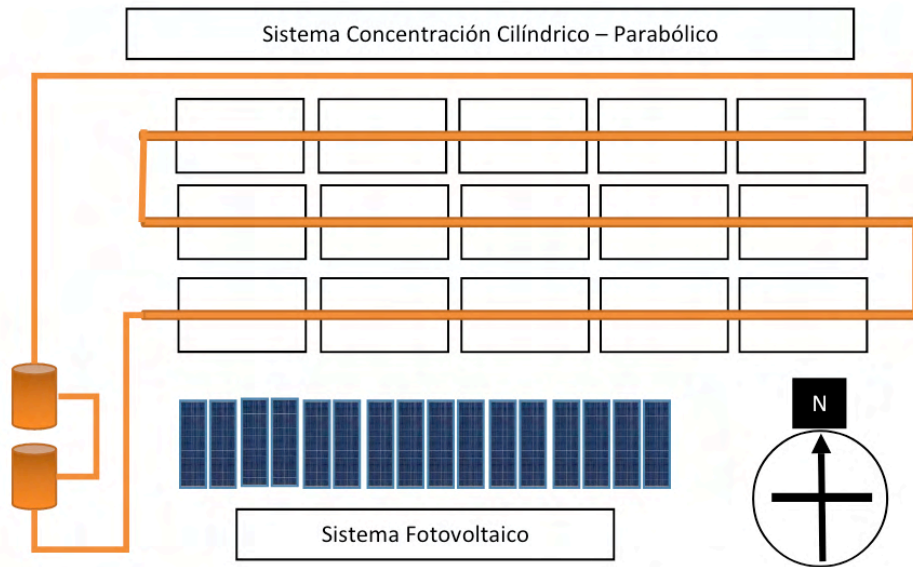


Figura 6. Configuración esquemática del sistema de enfriamiento solar autónomo.

Descripción del Sistema de Concentración Solar

Los avances tecnológicos y el crecimiento económico de los países se encuentran basados en la energía. El aumento en la demanda energética conduce al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global. Un ascenso en la temperatura promedio global impacta en el aumento del uso de sistemas de aire-acondicionado y contribuye a la aceleración de la demanda energética [Ali, 2014]. A finales de 1980, se estimó que las emisiones de estos refrigerantes por sistemas de refrigeración durante el funcionamiento representaron el 33.3% de los gases de efecto invernadero [Edminds, 1987]. Un sistema de aire-acondicionado por absorción utiliza fluidos refrigerantes más amigables al medio ambiente. Una bomba de calor tipo I, es capaz de extraer energía térmica de un espacio, provocando el efecto de enfriamiento. Esta tecnología es utilizada para procesos de refrigeración y aire acondicionado. La configuración del aire-acondicionado por absorción consiste en un generador, condensador, evaporador y absorbedor. El ciclo termodinámico es descrito a continuación: Al generador (QGE) es suministrada energía para separar el fluido refrigerante de la mezcla de trabajo, compuesta por un refrigerante y un absorbente a alta temperatura y presión. El refrigerante en fase vapor es dirigido al condensador (QCO) donde cambia de fase a líquido; cediendo su calor al ambiente. Este refrigerante líquido pasa a través de la válvula de expansión para obtener una mezcla líquido-vapor a baja presión y temperatura. Luego es llevado al evaporador (QEV) donde absorbe una determinada carga térmica proveniente de un espacio; logrando así el efecto de enfriamiento, lo anterior provoca un cambio de líquido a vapor. Este vapor es

llevado al absorbedor (QAV) para ser absorbido en una mezcla concentrada en absorbente, provocando una reacción exotérmica que libera calor. Finalmente, la mezcla diluida en absorbente es bombeada al generador; para iniciar el ciclo, la Figura 7 muestra el diagrama esquemático de este sistema.

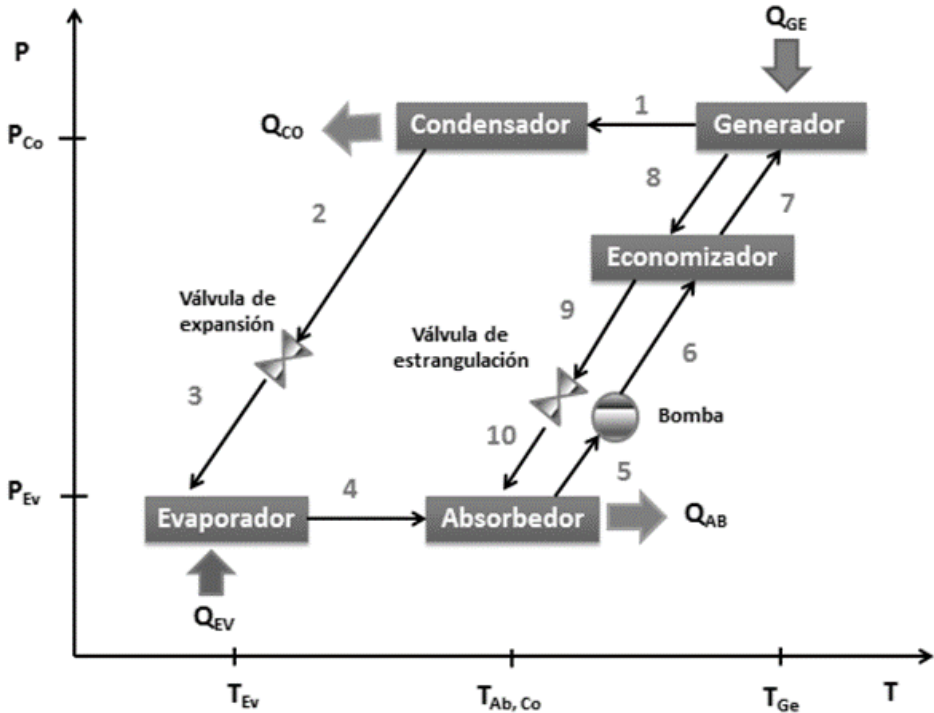


Figura 7. Diagrama esquemático de un aire acondicionado por absorción.

Un sistema de este tipo reduce el consumo eléctrico debido a que la energía suministrada al generador puede provenir de calor residual de las industrias, biomasa, ciclos Rankine o con energía solar térmica [Hernández - Magallanes, 2014]. Esta última opción, parece la más viable ya que la energía solar se encuentra naturalmente disponible, es limpia y gratuita [EBRD, 2010]. Diversos trabajos sobre acoplamientos de plantas de colectores solares a sistemas de aire-acondicionado por absorción han sido reportados: Sumathy et al. [Sumathy, 2002] reporta un sistema de aire-acondicionado por absorción localizado en Shenzhen China, utilizando la mezcla LiBr-H₂O. Este sistema fue utilizado para acondicionar 80 m², usando tres tipos de colectores: cilindro-parabólicos con un área de apertura de 38 m², tubos evacuados con 38 m² y colectores de placa plana de tubos evacuados con 41 m². Dos sistemas chillers marca Yazaki WFC-600 con capacidad de 7kW cada uno. Dos tanques para almacenamiento de agua con volumen de 5 m³. El acoplamiento alcanzó un COP en un rango de 0.31-0.39 y una temperatura de agua en el

chiller de 9 °C. De Francisco et al. [De-Francisco, 2002] desarrolló y operó un prototipo de absorción utilizando la mezcla H₂O-NH₃ para algunas operaciones de grupos rurales. Este sistema fue acoplado a colectores cilindro-parabólicos y aceite térmico como fluido de trabajo. El condensador y el absorbedor son equipos de tubos aletados. El generador y evaporador fueron intercambiadores tubulares comerciales. La temperatura alcanzada en el evaporador fue de 10°C y el COP máximo de 0.05. El presente trabajo muestra el diseño y la construcción de una planta de concentradores cilindro-parabólicos que funcionen como fuente térmica para alimentar un sistema de aire-acondicionado por absorción, como el mostrado en la Figura 8. Esta, muestra la planta de colectores cilindro parabólicos conectados en serie, donde E1 indica la entrada del fluido de trabajo a la primera fila y S3, la salida hacia los tanques de almacenamiento. El acoplamiento de estas tecnologías fue analizado mediante un análisis teórico.

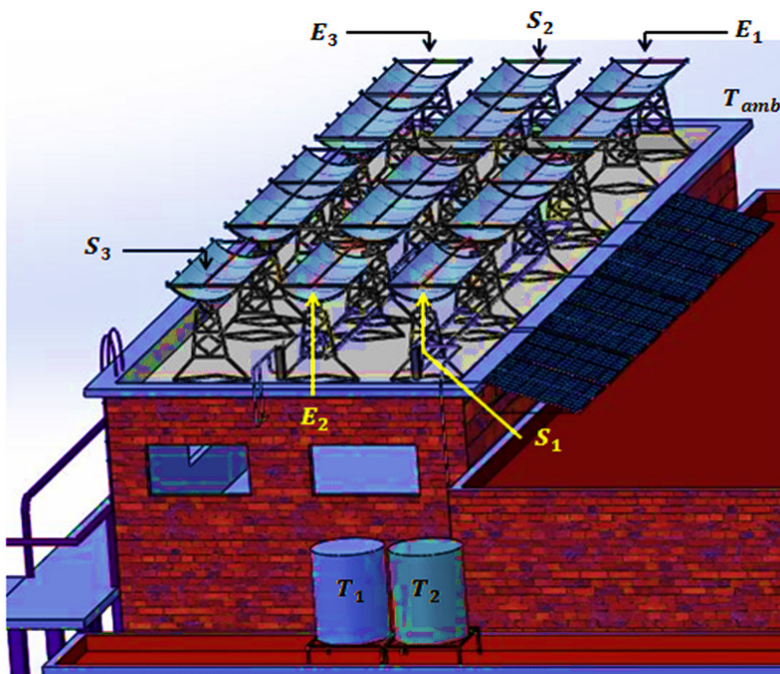


Figura 8. Diagrama esquemático de la planta de colectores cilindro parabólicos.

Balances de Energía

Los balances de materia y energía para cada componente son presentados a continuación:

$$Q_{GE} = m_1 h_1 - m_8 h_8 - m_7 h_7 \quad 28$$

$$Q_{CO} = m_1 (h_1 - h_2) \quad 29$$

$$Q_{EV} = m_1 (h_4 - h_3) \quad 30$$

$$Q_{AB} = m_{10} h_{10} + m_4 h_4 - m_5 h_5 \quad 31$$

$$Q_{EC} = m_5 (h_6 - h_7) \quad 32$$

$$COP = Q_{EV} / (Q_{GE} + W_p) \quad 33$$

El coeficiente de operación (COP) expresa la relación que existe entre el calor útil y la energía que se suministra al sistema, el término W_p en este caso no se considera despreciable, debido a que el trabajo de la bomba es cercano al 10 % de la carga del generador.

Parámetros geométricos del Concentrador Cilindro-Parabólico (CCP)

Un concentrador cilindro parabólico (CCP) transforma la radiación solar en energía térmica. El tubo receptor se encuentra ubicado en la línea focal del CCP, dentro del cual fluye el fluido de trabajo, absorbiendo la energía solar concentrada en las paredes de la tubería y aumentando su entalpía. Este tipo de concentrador requiere de un sistema de seguimiento solar en un eje, es decir, se orientan hacia el Sur o hacia el Este geográfico y se implementa un seguimiento Este-Oeste, o bien, un seguimiento Norte-Sur, según la orientación definida como fija.

El dimensionamiento de los colectores fue calculado mediante los modelos reportados en la literatura [Venegas-Reyes, 2012,7; Jaramillo, 2013]. Se consideró un ángulo de borde de 90° ($\phi_r = 90^\circ$) y una longitud de apertura $W_a = 1.05$ m, la ecuación 34 nos permite determinar la apertura de la parábola como sigue:

$$W_a = \frac{2 \tan\left(\frac{\phi_r}{2}\right)}{\sec\left(\frac{\phi_r}{2}\right) \tan\left(\frac{\phi_r}{2}\right) + \ln\left(\sec\left(\frac{\phi_r}{2}\right) + \tan\left(\frac{\phi_r}{2}\right)\right)} \quad 34$$

La distancia focal (f) [Kalogirou, 2013]:

$$f = \frac{W_a}{4 \tan\left(\frac{\phi_r}{2}\right)} \quad 35$$

Y la razón de concentración geométrica de un CCP es calculada como:

$$C = \frac{W_a}{\pi D_o} \quad 36$$

Donde D_o es el diámetro exterior del tubo receptor. En este caso se consideró un tubo comercial de cobre de 1 pulgada ($D_o = 2.54$ cm). La tabla 9 muestra las principales características de los concentradores utilizados en este trabajo.

Para la implementación de la planta piloto de 17 kW térmicos se utilizaron láminas de alta reflectividad, Alanod 4270AG21 (92 % de reflectividad, reportada por el fabricante),

Parámetro	
Longitud (m)	4.88
Ancho (m)	1.05
Área de apertura (m ²)	5.124
Ángulo de borde (°)	90
Diámetro externo (mm)	25.4
Diámetro interno (mm)	19.05
Orientación	Norte-Sur
Seguimiento	Este-Oeste

Tabla 9. Características del Concentrador Cilíndrico Parabólico

El diseño mecánico propuesto es ligero, estructuralmente rígido, de fácil ensamble y de bajo costo. Las bases de los concentradores fueron tomadas del modelo propuesto por Venegas [Venegas, 2012] y modificadas para las condiciones de uso requeridas (Figura 9). El material utilizado para la fabricación de las estructuras de soporte es PTR. Los perfiles parabólicos fueron fabricados de aluminio colado y rectificados en una máquina CNC, cada concentrador posee 9 perfiles, sobre los que descansa la lámina de aluminio de alta reflectividad.

El mecanismo de seguimiento corresponde a un sistema pasivo, de componentes ligeros y fabricados en el taller mecánico. Este sistema permite que los concentradores sigan el curso aparente del sol, para lograr captar la mayor cantidad de rayos durante el día. Para lograr la movilidad de los CCP se utilizan rodamientos instalados en los extremos superiores de cada concentrador, el cual se puede observar en la Figura 9. Dentro de los rodamientos fueron ensamblados los tubos de sujeción de 4 pulgadas de diámetro, para unir los colectores en 3 líneas.

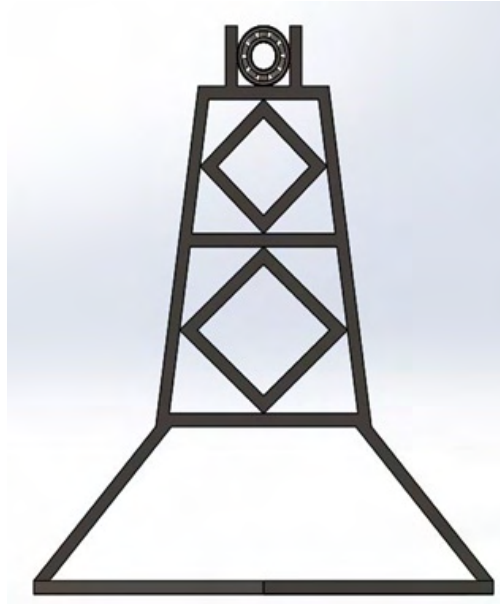


Figura 9. Base del concentrador y rodamiento.

La lámina debe descansar sobre un perfil parabólico, el cual se construyó ensamblando 5 perfiles parabólicos de aluminio al tubo de sujeción como el mostrado en la Figura 10.



Figura 10. Perfil parabólico.

El elemento receptor es un tubo comercial de cobre de 2.54 cm (1 pulgada) de diámetro externo y 2.5 m de longitud. Para lograr unir los receptores a lo largo de la fila,

fueron conectados mediante manguera de alta temperatura, con revestimiento metálico.

Ensamblado del CCP

El ensamble de los componentes fue realizado de manera manual y se inicia por orientar las bases Norte-Sur, para después instalar los rodamientos en los extremos, donde será colocado el tubo de sujeción que brinda el soporte horizontal. Los perfiles parabólicos son montados sobre el soporte, nivelados y fijados con pernos roscados. Finalmente, la lámina de aluminio es colocada sobre los perfiles parabólicos para tomar la forma, una vez que se encuentra perfectamente nivelada se pega y asegura usando remaches en los extremos sobre los perfiles parabólicos.

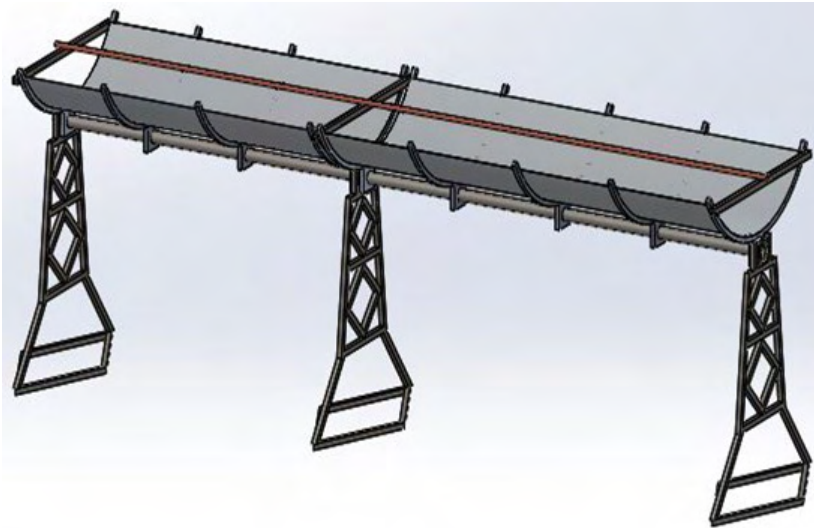


Figura 11. Concentrador cilindro-parabólico ensamblado

CONDICIONES DE OPERACIÓN CON BROMURO DE LITIO

Los colectores cilindro-parabólicos con las siguientes dimensiones: longitud 4.88 m, ancho 1.05, área de apertura 5.124 m², considerando un ángulo de borde de 90° y con seguimiento Norte-Sur. Se realizó el acoplamiento teórico entre estas dos tecnologías, considerando 9 concentradores. De acuerdo con los resultados el ciclo es capaz de operar con temperaturas de alimentación en un rango de 85 a 95°C, el COP máximo esperado posee un valor de 0.97 con una temperatura de alimentación de 95°C, mientras que los COP mínimo calculado es 0.66, considerando 85°C. $T_{Ev}=10^{\circ}C$ y las correspondientes al absorbedor y condensador con variación en un rango de 30 a 45°C. (Esto fue para hidróxidos, haré la simulación con bromuro de litio).

El acoplamiento de los ciclos de absorción y el uso de colectores para su funcionamiento presenta una opción viable para cubrir la demanda de preservación de

alimento y confort humano, al mismo tiempo que se protege al medio ambiente.

En la literatura clásica del tema, se han reportado como los sistemas de absorción dependen de las propiedades físicas, químicas y termodinámicas de la mezcla de trabajo [Pérez - Blanco, 1984]. La mezcla de trabajo está constituida por un refrigerante y un absorbente, en algunos artículos y libros especializados, se le llama mezcla o par de trabajo, ya que están formados de un absorbente y un soluto.

Un requisito fundamental de esta mezcla de trabajo es que debe ser químicamente estable, no tóxico y no explosivo. Además, la mezcla de trabajo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La diferencia entre el punto de ebullición del refrigerante puro y la mezcla a la misma presión debe ser la más alta posible.
- b) El refrigerante debe contar con un calor de vaporización alto relativo a la mezcla y una concentración alta dentro del absorbente, para mantener una velocidad de circulación baja entre el generador y el absorbedor por unidad de capacidad de enfriamiento.
- c) Las propiedades de transporte que influyen en la transferencia de calor y masa, por ejemplo: viscosidad, conductividad térmica y coeficiente de difusión deben ser favorables.
- d) Tanto el refrigerante como el absorbente deben ser no corrosivos, respetuosos del medio ambiente y de bajo costo, para cualquier tipo de sistema por absorción desde sus propuestas iniciales [Holmberg, 1990].

Desde la invención de los sistemas de refrigeración por absorción, la mezcla NH_3 - H_2O ha sido ampliamente utilizada. Tanto el amoníaco como el agua son estables en un amplio rango de operación de temperatura y presión. NH_3 es considerado un refrigerante viable debido a su alto calor latente de vaporización y su punto de congelación de -77°C [El-Sayed, 1985]. Sin embargo; la combinación del amoníaco con el aire es inflamable en una concentración del 25%, la toxicidad que presenta, el ataque por corrosión y la necesidad de un sistema adicional denominado rectificador [Steiu, 2009], incrementa el costo del sistema de absorción.

La mezcla H_2O - LiBr posee una diferencia considerable entre los puntos de ebullición del agua y el bromuro de litio. Cuando el agua es utilizada como fluido refrigerante, la temperatura del evaporador no debe estar por debajo de los 5°C , los sistemas son operados con bajas presiones y presentan riesgo de cristalización sobre el 70% de concentración en peso de bromuro de litio [Sun, 2012].

El cálculo de condiciones se realizó para una potencia de generación, aportada por los colectores solares y una potencia de bombeo para los sistemas de circulación de fluidos del 10 %

Efectos de los componentes

Se pueden observar dos grandes efectos del sistema de aire acondicionado por absorción: efectos asociados a la temperatura del ambiente y efectos asociados a la radiación solar.

En el caso de los efectos de la temperatura podemos identificar dos: efecto de la temperatura del ambiente en el condensador y efecto de la temperatura del ambiente en el concentrador solar que suministra energía al generador.

Efecto en el condensador

Para evaluar el funcionamiento del sistema, se parametriza al Coeficiente de Operación, definido anteriormente. La relación entre la energía suministrada por los concentradores solares y paneles fotovoltaicos se encuentran en el denominador y la energía de los evaporadores, que es el efecto de acondicionamiento del aire a la menor temperatura posible, se encuentra en el numerador.

En la figura 12 se puede observar cómo a medida que se incrementa la temperatura del condensador, el coeficiente de operación muestra una variación. Esta variación negativa al aumentar la temperatura del condensador tiene un efecto adicional por la propia temperatura del ambiente que puede hacer que la temperatura del absorbedor (ambos enfriados por la atmósfera) pueden disminuir el Coeficiente de Operación.

En la figura, se puede observar que el incremento de la temperatura del ambiente afecta negativamente la operación del aire acondicionado.

Si el sistema opera con una temperatura del condensador cercana a los 25 °C, el COP si se desprecia la energía de bombeo es de 0.86 y se incluye la energía de bombeo el COP disminuye a 0.78.

Esto significa que para el sistema diseñado de 17 kW en el generador, suministrado por los concentradores solares a 70 °C y enfriando agua a 10 °C, se obtendrá una potencia de aire acondicionado de 14.6 kW (4.1 toneladas de refrigeración, en términos comerciales).

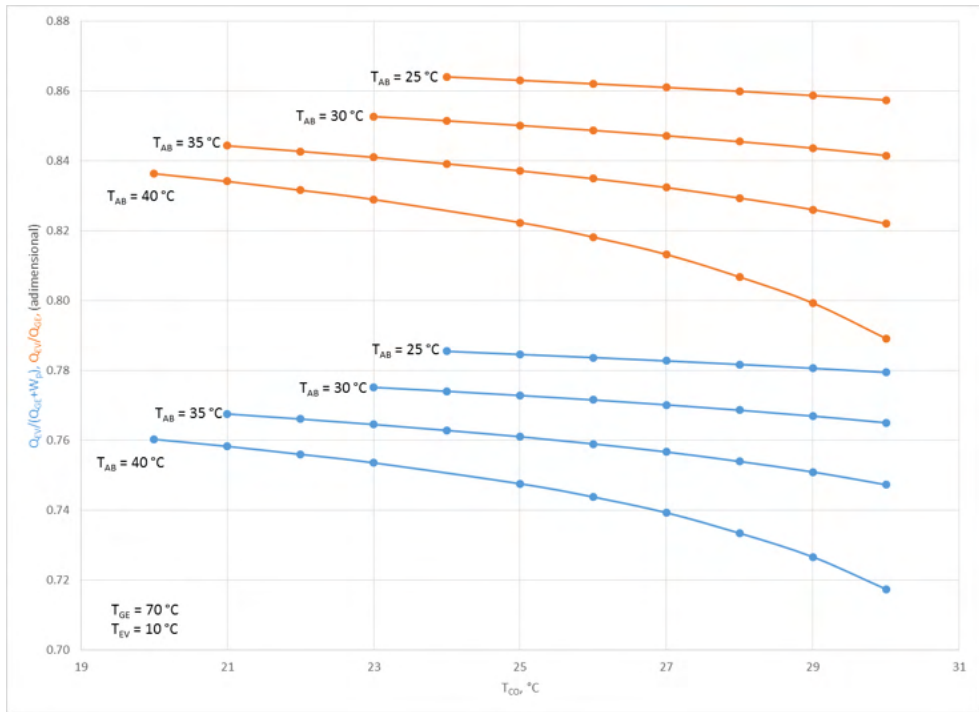


Figura 12. Efecto de la temperatura del condensador en el Coeficiente de Operación.

Efecto en el generador

En el caso de las variaciones de la radiación, la energía concentrada genera una variación de la temperatura en los concentradores y no necesariamente es positiva. Esto es notorio porque el incremento de la temperatura en el generador implica que para un flujo constante no se está transfiriendo mayor energía. Y lamentablemente, para el caso del par bromuro de litio - agua, puede conducir a la cristalización, inutilizando al generador y eventualmente conducir solución concentrada al absorbedor.

En la figura 13 se puede observar que el incremento de temperatura no conduce a una mayor generación de vapor si la temperatura del condensador es constante.

En esta figura se puede observar que las variaciones de temperatura en el condensador un par de centígrados prácticamente no modifica el valor del COP.

Si se tiene temperatura de 70 °C en el generador, proveniente de los concentradores cilíndrico parabólico, para una temperatura de evaporación de 15 °C, el COP sin considerar la energía de bombeo es al rededor de 0.88.

Esto significa, en términos prácticos para el equipo diseñado, que los 17 kW de energía solar son capaces de transferir 14.9 kW para el acondicionamiento de aire. Esto comercialmente es 4.3 toneladas de refrigeración.

En el caso de incluir la energía de los paneles fotovoltaicos el Coeficiente de

Operación disminuirá a 0.79 y prácticamente no cambiaría este valor si hay variaciones de un par de centígrados en la temperatura del generador.

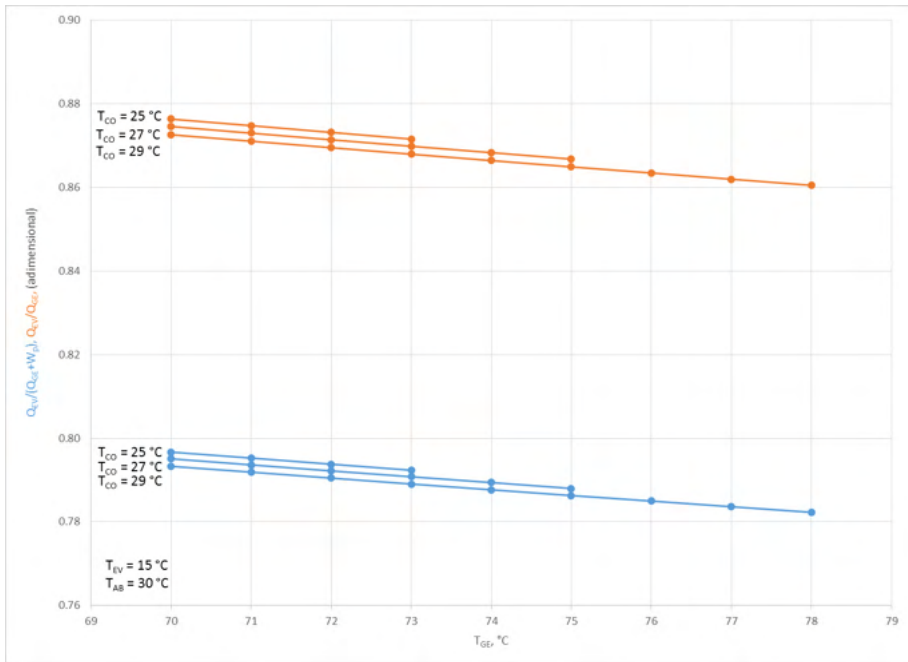


Figura 13. Efecto de la temperatura de generación de vapor por concentradores cilíndrico parabólico en el Coeficiente de operación

En la figura 14, se puede ver la orientación hacia el sur (para el hemisferio norte) a la latitud del lugar. Es notorio que esta foto se puede observar que los paneles fotovoltaicos sombrean parte de la edificación disminuyendo así la carga térmica por transmisión por muros (fenómeno de conducción térmica) sin que esto modifique significativamente la carga de aire acondicionado inicial.



Figura 14. Vista panorámica de sistema fotovoltaico y concentradores cilíndrico parabólicos.

CONCLUSIÓN

A manera de conclusión resumimos lo siguiente:

Se realizó un análisis de factibilidad acoplando las tres tecnologías, la planta de concentradores cilindro-parabólicos, una planta de paneles fotovoltaicos y el sistema de aire acondicionado por absorción, el cual permitió determinar el comportamiento exitoso en su conjunto.

Es obvio que la inclinación para los sistemas solares fijos deberá ser la de la latitud del lugar, en el hemisferio norte, los paneles fotovoltaicos estarán inclinados hacia el sur con la latitud exacta de su localidad. En el hemisferio sur, inclinados hacia el norte. No será necesario modificar en invierno ya que la mayor parte del uso ocurre en verano.

El sistema compuesto de paneles fotovoltaicos tuvo una disminución del 16 % de su capacidad de conversión de energía solar a energía eléctrica debido al incremento de temperatura y en lugar de entregar 135 W solo aporta 114 W por módulo a la temperatura ambiente. Esa cantidad es suficiente para la circulación de fluidos y para el sistema de seguimiento de los concentradores cilíndrico parabólicos.

Las Figuras mostradas reportan el comportamiento del Coeficiente de Operación, cuando la temperatura de la fuente térmica varía de 70 a 80 °C, se consideran T_{EV} de 10°C a 15 °C y T_{AB} entre 25 y 40 °C que son igual o mayor que la T_{CO} . En estas figuras se observa que los valores de COP máximos son de 0.88 (equivalente a 4 toneladas de refrigeración) y que pueden ser alcanzados con una temperatura de fuente solar de 70° C, con una planta fotovoltaica de 1.6 kW pico. Mientras que a 78 °C, se esperan valores del coeficiente de operación de 0.86.

Cuando la temperatura de alimentación es cercana a 70°C, el COP presentara valores en un rango de 0.78 a 0.88. El efecto del ambiente y las temperaturas en el condensador, el absorbedor y los paneles fotovoltaicos, impactan el desempeño del sistema en su conjunto,

en un análisis puntual en estado estable.

AGADECIMIENTOS

Los autores agradecen la participación de los integrantes del laboratorio de ingeniería térmica aplicada en las diferentes actividades para el cálculo, diseño, construcción y evaluación de este proyecto, en las instalaciones del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, así como del Taller Multidisciplinario Básico, de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, y las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

REFERENCIAS

Agencia Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). Radiación incidente en la latitud N18.98 y longitud O99.23. [Estados Unidos]. Recuperado el 18 de enero de 2017 <https://eosweb.larc.nasa.gov/>.

Ali Al, Alili, Yunho Hwang, Reinhard Radermacher, "Review of solar thermal air conditioning technologies", *International Journal of Refrigeration*, 39;2014, 4-22.

Cengel Y., Boles M. Termodinámica. Mc Graw Hill. México.2012. pp. 591-593

Chen, G., Si, Ch., Tang, Z., Guo, K., Wang, T., Zhang, J., Wei, B. (2016). Temperature-dependent device performance of organic photovoltaic Cells base on a squaraine dye, *Synthetic metals*, 222, 293-298 pp.

CIME Power System, <http://www.cimepowersystems.com.mx/renta/calefaccion-y-aire-acondicionado/> consultado el 4 de julio de 2022

De-Francisco A., Illanes R., Torres J.L., Castillo M., De-Blas M., Prieto E., "Development and testing of a prototype of low power water-ammonia absorption equipment for solar energy applications", *Renewable Energy*, 25; 2002, 37-44.

EBRD. Renewable energy resource assessment, European bank for reconstruction and development, Romania; 2010.

Edminds J.A., Wuebles D.L., Scott M.J., "Energy and radiative precursor emissions", In: proceedings of the 8th international conference on alternative energy sources, Miami; 1987, pp: 14-60.

El-Sayed Y.M., Tribus M., Thermodynamic properties of H₂O-NH₃ mixtures: theoretical implementation for use in power cycle analysis. *ASME Pub AES*, 1 (1985) 89-95.

Fan Y., Lou L., Souyri b., Review of solar sorption refrigeration technologies: development and applications, *Renew. Sust. Energ. Rev.* 11 (2007) 1758- 1775.

Hernandez- Magallanes J.A., Domínguez-Inzunza L.A., Gutiérrez-Ureta G., Soto P., Jiménez C., Rivera W., "Experimental assessment of an absorption cooling system operating with the ammonia/lithium nitrate mixture", *Energy* 78; 2014, 685-692.

Holmberg P., Berntsson T., Alternatives working fluids in heat transformers. ASHRAE Transactions, 96 (1990) 1582-1589.

Jaramillo O.A., Venegas-Reyes E., Aguilar J.O., Castrejón-García R., "Parabolic trough concentrator for low enthalpy processes", *Renew. Energ.*,60, 2013, 529-539.

Kalogirou S. A., *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*, 1st ed. (Academic, USA, 2009).

Obi, M. y Bass, R. (2016). Trends and challenges of grid-connected photovoltaic systems-a review, *Renewable and sustainable Energy reviews*, 58, 1082-1094 pp.

Orozco Niveló, J.J., Buele Vallejo, L.X. y Montealegre García, J. (2015). Dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de generación distribuida conectada a red para autoconsumo con sistema de almacenamiento de energía en una vivienda unifamiliar en la provincia del guayas y análisis de viabilidad técnica y económica, *Escuela Superior Politécnica del Litoral, [S.V.]*, 1-9 pp

Perez Blanco H., Absorption heat pump performance for different types of solution. *Int. J. Refrig.* 7 (1984) 115-122.

Xinwei S., Yingduo H., Shouzhen Z., Qingsheng L., Jing N., Comprehensive power-supply planning for active distribution system considering cooling, heating and power load balance. *J. Mod. Power. Syst. Clean.Energy.* 3 (2015) 485-493.

Secretaría de Energía (SENER). *Prospectiva del sector eléctrico 2015-2029*. México,2015. pp.51

Secretaria de energía, *Prospectiva del sector eléctrico 2015-2029*, SENER, México, 2015.

Solartec de México. *Características eléctricas del panel fotovoltaico S36PC [México]*. Recuperado el 4 de febrero de 2017, de <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/Polycrystalline/12077>.

Steu S., Salavera D., Bruno J.C., Coronas A.; A basis for the development of new NH₃-H₂O-sodium hydroxide absorption chillers. *Int. J. Refrig.* 32 (2009) 577-587.

Style, O. (2012). *Energía solar autónoma: planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Ed. ITACA, Estados Unidos, 69-70, 71-74, 81-82 pp.

Sumathy K, Huang ZC, Li ZF, "Solar absorption cooling with low grade heat source a strategy of development in south China", *Solar Energy*,72 ;2002, 155–65.

Sun J., Fu L., Zhang S.; A review of working fluids of absorption cycles, *Renew. Sust. Energ. Rev.* 16 (2012) 1899-1906.

Venegas-Reyes E., Jaramillo O.A., Castrejón-García R., Sosa-Montemayor F., "Design, construction, and testing of a parabolic trough solar concentrator for hot water and low enthalpy steam generation", *J. Renew. Sustain. Energ.*, 4,2012, 053103.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Âodos 1, 5, 7, 8

Aprendizado de máquina 28

Aprendizagem de máquinas 41, 45

Armazenamento de energia 2, 6, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137

B

Bateria 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Busca harmônica 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 105, 107

C

Cátodos 1, 3, 4, 5, 9, 10, 12

Computação na nuvem 28, 36

Controle inteligente 95

Controle ótimo 95, 98

E

Electric system 14, 15, 16, 17, 25

Excedente de energia 126

F

Fontes renováveis 126, 127, 128, 131, 136, 137

H

Hidrogênio 126, 127, 128, 129, 131, 132, 134, 135, 136, 137

I

IBM Cloud 28, 29, 30, 39

Isoladores de potência 41, 42, 52

M

Máquinas de vetores de suporte 28, 31, 40, 45

Modelagem cinemática 108

Modelagem dinâmica 108, 119

Motor de indução trifásico 28, 29, 35

N

Nióbio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

O

Otimização por enxame de partículas 45, 94, 95, 97, 100, 105

P

Photovoltaic solar power 15

Power generation forecasting 15

R

Regulador linear quadrático 94, 95, 96, 98, 105, 107

Renewable energy 14, 15, 16, 20, 25, 26, 27, 92, 131, 136, 137

Robô Scara T3 401SS 108

S

Sistema de controle não linear 108

Sistemas de transmissão de energia elétrica 41

Sistemas inteligentes 29, 41, 43, 44, 46, 48, 50, 51, 52

SPSS Modeler 28, 29, 30, 31, 37, 38


W

Wind power 14, 15, 17, 20, 21, 22, 24, 26

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 