

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

VOL III



EDITORA
ARTEMIS
2025

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

VOL III



EDITORA
ARTEMIS
2025



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Alireza Mohebi Ashtiani
Imagem da Capa	Abstract Style Landscapes /123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
 Prof.^a Dr.^a Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
 Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
 Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
 Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
 Prof.^a Dr.^a Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
 Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
 Prof.^a Dr.^a Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
 Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
 Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
 Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
 Prof.^a Dr.^a Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
 Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
 Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
 Prof.^a Dr.^a Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
 Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
 Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
 Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
 Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
 Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
 Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México
 Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
 Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
 Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
 Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
 Prof.^a Dr.^a Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
 Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
 Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
 Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
 Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
 Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
 Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
 Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
 Prof.^a Dr.^a María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
 Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal

Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
 Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del País Vasco, Espanha
 Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
 Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
 Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
 Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
 Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
 Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
 Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
 Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
 Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
 Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
 Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
 Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E82 Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades III / Organizador Alireza Mohebi Ashtiani. – Curitiba, PR: Artemis, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-75-8

DOI 10.37572/EdArt_101225758

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ashtiani, Alireza Mohebi.

CDD 509

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

O volume III de **Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades** reúne um conjunto plural de pesquisas que refletem a vitalidade, a complexidade e o caráter interdisciplinar das ciências contemporâneas. Os dez capítulos aqui apresentados, provenientes de diversos países e contextos institucionais, oferecem um panorama abrangente dos desafios científicos atuais e das soluções inovadoras que emergem do diálogo entre matemática, física, química, engenharia, geociências, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento territorial, reafirmando a amplitude teórica e aplicada dessas áreas.

Para favorecer a leitura e destacar as afinidades conceituais entre os temas, a obra foi organizada em três eixos temáticos que evidenciam os diferentes modos pelos quais o conhecimento científico se articula com problemas reais e necessidades sociais urgentes, propondo uma aproximação integradora e contemporânea das Ciências Exatas e da Terra.

1. Modelagem Matemática, Simulação, Processos Físicos e Engenharia Aplicada

O primeiro eixo reúne estudos orientados pela lógica da modelagem, da caracterização de materiais e da investigação de sistemas físico-químicos complexos. Aqui, a matemática desempenha um papel central, seja na descrição do crescimento populacional, na interpretação de curvas de relações molares ou na análise termoestrutural de concretos refratários usados na indústria siderúrgica. A ênfase comum está na busca por métodos rigorosos de análise, na construção de modelos interpretativos e na compreensão dos comportamentos materiais sob diferentes condições. Esses capítulos mostram como a formulação matemática e a experimentação se complementam, de forma decisiva, na explicação de fenômenos fundamentais para a ciência e a engenharia, evidenciando a potência dos métodos quantitativos na resolução de problemas complexos.

2. Sustentabilidade, Meio Ambiente, Tecnologias de Remediação e Ecodesign

O segundo eixo destaca pesquisas alinhadas aos desafios ambientais contemporâneos, trazendo propostas inovadoras para o desenvolvimento de tecnologias limpas, novos materiais sustentáveis e soluções de remediação ecológica. Os capítulos abordam desde práticas de ecodesign em produtos plásticos, passando pela criação de adsorventes de origem agroindustrial, até aplicações de biomassa vegetal para remoção de contaminantes e estratégias que ampliam o desempenho energético de sistemas fotovoltaicos, articulando ciência de materiais e preocupações ambientais. O núcleo

unificador deste eixo é o compromisso com a sustentabilidade, com a valorização de resíduos, com a mitigação de impactos ambientais e com a promoção de alternativas tecnológicas responsáveis e acessíveis que dialogam diretamente com demandas sociais emergentes.

3. Território, Geociências e Desenvolvimento Agrário-Industrial

O terceiro eixo aborda temas relacionados à organização do espaço, à história das indústrias de base e às dinâmicas socioeconômicas ligadas ao uso da terra. Os capítulos discutem a trajetória de figuras marcantes das geociências, analisam políticas e práticas de consolidação fundiária em escala nacional e refletem sobre as transformações industriais que moldam setores-chave como o agrícola e o petrolífero. Ao articular perspectivas históricas, econômicas e territoriais, este eixo evidencia como as ciências exatas e da terra também se expressam na compreensão dos processos sociais e produtivos que estruturam países e regiões, demonstrando que a pesquisa científica contribui igualmente para interpretações críticas sobre o desenvolvimento nacional.

A estrutura temática proposta pretende, portanto, facilitar a leitura e realçar o alcance multidisciplinar das pesquisas reunidas. Cada eixo demonstra, a seu modo, como o rigor científico pode contribuir para o entendimento de problemas concretos e para o desenvolvimento de soluções inovadoras, sejam elas de caráter teórico, tecnológico ou socioambiental, reforçando o papel estratégico da ciência na construção de futuros possíveis.

Esperamos que esta obra inspire pesquisadores, estudantes e profissionais a aprofundar o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento e a reconhecer, na diversidade temática aqui apresentada, novas possibilidades de investigação e ação.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Alireza Mohebi Ashtiani

SUMÁRIO

MODELAGEM MATEMÁTICA, SIMULAÇÃO, PROCESSOS FÍSICOS E ENGENHARIA APLICADA

CAPÍTULO 1.....1

THERMOSTRUCTURAL BEHAVIOR OF A REFRACTORY CONCRETE FOR LADLE FURNACE

Edgardo Benavidez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257581

CAPÍTULO 2.....17

HOJAS DE CÁLCULO PARA PREDECIR CURVAS DE RELACIONES MOLARES EN SISTEMAS DONDE SE FORMAN COMPLEJOS DE INCLUSIÓN ENTRE FÁRMACOS (FAR) Y CICLODEXTRINAS (CD)

Alberto Rojas-Hernández

Daniel Alejandro Ramos-Hernández

Linda Alzucena Luna-Ortega

Lucero Hernández-García

María Teresa Ramírez-Silva

Jorge Martínez-Guerra

Manuel Eduardo Palomar-Pardavé

Giaan Arturo Álvarez-Romero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257582

CAPÍTULO 3..... 33

MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO APLICADAS À DINÂMICA DE FILAS EM SERVIÇOS

Alireza Mohebi Ashtiani

Tatielen Demarchi

Pedro Henrique Rodrigues Petrelli

Rebeca Mitiko Ito Faria

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257583

CAPÍTULO 4.....47

MATHEMATICAL METHODS IN POPULATION DYNAMICS

Alberto Gutiérrez Borda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257584

SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE, TECNOLOGIAS DE REMEDIAÇÃO E
ECODESIGN

CAPÍTULO 5..... 56

REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR LA BIOMASA DE LA
CASCARA DE SEMILLA DE GIRASOL (*Helianthus annuus*)

Pedro Pablo Zapata Hernández

Claudia M. Martínez Rodríguez

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257585

CAPÍTULO 6.....67

DE RESIDUO AGROINDUSTRIAL A SOLUCIÓN AMBIENTAL: DISEÑO DE
ADSORBENTES CATIÓNICOS SUSTENTABLES A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE
LA SOJA

Malena Castagnino Schirmer

Nerina Meglio

Gonzalo Benedetti

Fernando Ariel Bertoni

Enrique David Victor Giordano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257586

CAPÍTULO 7.....72

ENFRIAMIENTO DE PANEL FOTOVOLTAICO PARA AUMENTAR SU DESEMPEÑO
ELÉCTRICO

Vicente Flores Lara

Jorge Bedolla Hernández

Carlos Alberto Mora Santos

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257587

CAPÍTULO 8..... 81

ECODESIGN: SHAPING A SUSTAINABLE FUTURE WITH PLASTIC PRODUCTS

Ana Barroso

André Gomes

Bruno Sousa

Ângelo Marques

Rui Oliveira

Filipa Carneiro

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257588

TERRITÓRIO, GEOCIÊNCIAS E DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO-INDUSTRIAL

CAPÍTULO 9..... 98

EL DR. BRACACCINI, SU PASO POR YPF (1932-1955)

Ricardo Juan Calegari

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257589

CAPÍTULO 10..... 109

DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LAND CONSOLIDATION IN RUSSIA ON THE
PLATFORM OF LAND MARKET

Alexander Sagaydak

Anna Sagaydak

 https://doi.org/10.37572/EdArt_10122575810

SOBRE O ORGANIZADOR..... 120

ÍNDICE REMISSIVO 121

CAPÍTULO 7

ENFRIAMIENTO DE PANEL FOTOVOLTAICO PARA AUMENTAR SU DESEMPEÑO ELÉCTRICO

Data de submissão: 09/11/2025

Data de aceite: 02/12/2025

Vicente Flores Lara

Doctor en Ingeniería

Instituto Tecnológico de Apizaco

Departamento de Metal Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, México

<https://orcid.org/0000-0001-5029-9707>

Jorge Bedolla Hernández

Doctor en Ciencias de

Ingeniería Mecánica

Instituto Tecnológico de Apizaco

Departamento de Metal Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, México

<https://orcid.org/0000-0003-3856-6061>

Carlos Alberto Mora Santos

Doctor en Ciencias de

Ingeniería Mecánica

Instituto Tecnológico de Apizaco

Departamento de Metal Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, México

<https://orcid.org/0000-0002-6050-6578>

RESUMEN: La temperatura de diseño de la tecnología fotovoltaica es de 298 K para lograr su máximo desempeño eléctrico, sin embargo, durante su operación se alcanza temperaturas superficiales, de hasta 365 K, reduciendo significativamente su potencia y eficiencia

eléctrica, así como, su nivel de vida útil. En el presente, se estudia técnicas de enfriamiento pasivas aplicadas a 2 paneles fotovoltaicos de diferente capacidad, 110 W y 150 W de potencia nominal respectivamente y 15% de eficiencia eléctrica en ambos. En la parte posterior del panel se hace el acoplamiento del sistema de enfriamiento, a continuación, se hace fluir aire o agua a temperatura ambiente provocando la remoción de calor al panel. Lo anterior genera el enfriamiento con lo que se aumenta su potencia y eficiencia eléctrica, al mismo tiempo que se dispone de energía térmica a través del calentamiento del fluido. Se aumentó su potencia 9 W y la eficiencia eléctrica 5% para el panel de 150 W enfriado con aire, en el caso del panel de 110W enfriado con agua se aumentó la potencia 8 W y la eficiencia eléctrica 2.3%.

PALABRAS CLAVE: enfriamiento; panel; fotovoltaico; desempeño; eléctrico.

COOLING PHOTOVOLTAIC PANELS TO INCREASE THEIR ELECTRICAL PERFORMANCE

ABSTRACT: The design temperature of photovoltaic technology is 298 K to achieve its maximum electrical performance; however, during operation, surface temperatures of up to 365K are reached, significantly reducing its power and electrical efficiency, as well as its lifespan. This study investigates passive cooling techniques applied to two photovoltaic

panels of different capacities, 110 W and 150 W nominal power respectively, both with 15% electrical efficiency. The cooling system is mounted on the back of the panel, and ambient air or water is then circulated through it, removing heat from the panel. This process generates cooling, thereby increasing its power and electrical efficiency, while simultaneously providing thermal energy through fluid heating. The power output increased by 9 W and the electrical efficiency by 5% for the 150 W air-cooled panel; for the 110 W water-cooled panel, the power output increased by 8 W and the electrical efficiency by 2.3%.

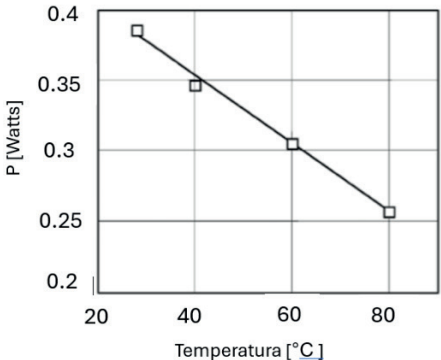
KEYWORDS: cooling; panel; photovoltaic; performance; electric.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las fuentes de energía sostenible con mayor aprovechamiento, es la solar, considerada como la energía no convencional más utilizada en todo el mundo. La radiación solar es la fuente de todos los tipos de energía renovable. Puede convertirse directa o indirectamente en energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos (P·V) con eficiencia que oscila entre el 10% y el 20%, o sistemas térmicos, con eficiencia entre 40 % y el 60 % (Ali Maka et al, 2022). Cuando la radiación solar incide sobre las celdas fotovoltaicas, los fotones son absorbidos por los materiales semiconductores de las celdas y aquellos con energía superior a la banda prohibida de dichos materiales constituyen el flujo de corriente eléctrica desde la celda fotovoltaica hacia la carga externa (Aghaei et al, 2022).

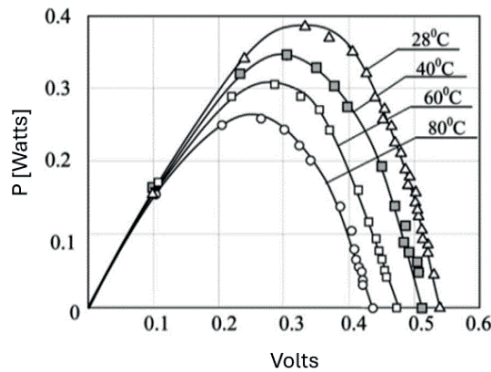
Existen diversos parámetros ambientales que afectan al panel solar. Entre ellos, la radiación solar, la temperatura ambiente, la temperatura de la superficie del módulo, la velocidad del viento, la humedad, el sombreado, el polvo, la altura de instalación sobre el nivel del mar. De acuerdo con diversas investigaciones, la irradiancia solar y la temperatura son factores clave en el desempeño eléctrico del panel solar (Aghaei et al, 2022; Espinosa et al, 2023; Pushpendu et al, 2020).

Figura 1. Efecto en la potencia por el aumento de temperatura del panel (Espinosa et al, 2023).



La temperatura de los módulos fotovoltaicos se incrementa por la radiación solar absorbida que no se convierte en electricidad, ocasionando una disminución de su potencia y eficiencia eléctrica y, en consecuencia, su tiempo de vida útil, (Sargunanathan et al, 2016).

Figura 2. Efecto de la temperatura del panel en el desempeño eléctrico (Espinosa et al, 2023).



La temperatura de la celda posee un efecto importante en la potencia eléctrica a través de la tensión en circuito abierto y se observa en la curva I-V, figura 2. Así, al aumentar la temperatura, la tensión de circuito abierto disminuye del orden de unos pocos milivoltios por cada grado Celsius de aumento de la temperatura, 2.3 mV/°C para el silicio y entre 2 mV/°C y 2.2 mV/°C en el caso de arseniuro de galio. En el caso de la eficiencia eléctrica, se reduce en alrededor de un 0.45% por cada grado Celsius de aumento de temperatura. Para las celdas de silicio amorfo (a-Si), el impacto es menor, con una disminución de alrededor de un 0,25% por cada grado Celsius de incremento de temperatura, dependiendo del diseño del módulo. Este impacto indeseable puede evitarse parcialmente por medio de remoción de calor idónea con una circulación de algún fluido. Es por ello por lo que se han realizado estudios que han demostrado que al enfriar el panel fotovoltaico aumenta su eficiencia eléctrica considerablemente en celdas solares de silicio monocristalino (c-Si) y policristalino (pc-Si) (Baloch Ahmer et al, 201; Kaiser et al, 2014).

2. MATERIALES Y METODOS

Se emplearon dos paneles fotovoltaicos para evaluar su desempeño eléctrico con diferente capacidad como se indica en las tablas 1 y tabla 2, que incluyen sus datos técnicos, así también, se emplearon dos técnicas de enfriamiento, la primera empleando insertos cónicos adheridos en la superficie posterior del panel fotovoltaico y un canal

rectangular para hacer fluir aire a temperatura ambiente, como fluido de transferencia de calor y provocar el enfriamiento del panel, figura 1. En la segunda técnica figura 2, se empleó una placa de policarbonato alveolar, adherida en la parte posterior del panel, a través de los alveolos se hace transferir agua a temperatura ambiente, la placa alveolar y el flujo de agua hacen la función de intercambiador de calor, retirando calor al panel y enfriándolo.

Tabla 1. Datos técnicos de los paneles fotovoltaicos experimentales 110 W y 150 W respectivamente, para una irradiancia de 1000 W/m² y temperatura ambiente de 25°C [Datos del fabricante].

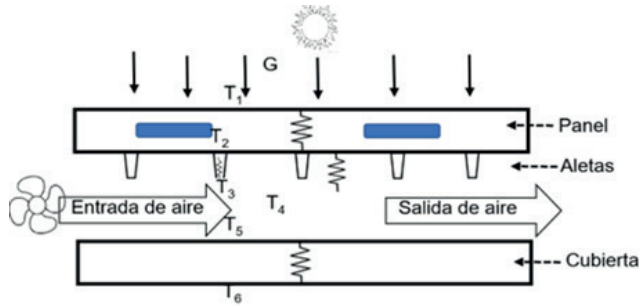
Ficha técnica del panel solar 110 W				Ficha técnica del panel solar 150 W		
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia nominal	P.max.	110	W	P. max	150	W
Tensión en máxima potencia	V.Mmp	18.1	V	V.Mmp	18	V
Corriente en máxima potencia	I. Mpp	6.12	A	I. Mpp	8.34	A
Tensión de circuito abierto	V.	22.9	V	V.	22.1	V
Corriente de corto circuito	Isc	6.43	A	Isc	9.05	A
Tolerancia de potencia nominal	Pmax	+0-3	W	Pmax	+0-3	W

Figura 3. Obstrucciones en la superficie posterior del panel.



La figura 4, muestra el proceso de enfriamiento del panel. Colocadas las aletas en la superficie posterior del panel, que al mismo tiempo funcionan como obstrucciones al flujo, se hace fluir aire a temperatura ambiente mediante un ventilador axial, el aire se conduce a través de un canal para guiar el fluido hacia las aletas y provocar el enfriamiento.

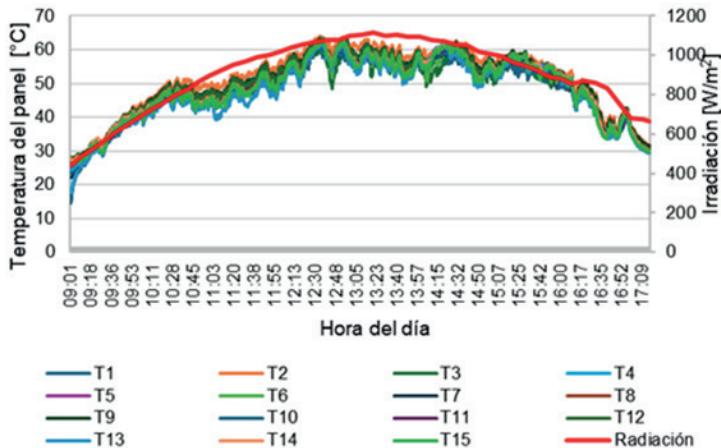
Figura 4. Esquema del proceso de enfriamiento del panel.



3. RESULTADOS Y ANALISIS

Se monitoreo la temperatura de la superficie del panel solar para diferentes niveles de irradiancia solar, la figura 5 muestra un caso típico, donde los niveles de irradiancia promedio registrados son de 960 W/m^2 . Las temperaturas del panel se registraron en 15 puntos y graficados, se observa que en horarios cercanos al medio día, la temperatura supera los 60°C . La influenciada por la velocidad del viento y la temperatura ambiente provocan fluctuaciones de la temperatura, sin embargo, para el desempeño eléctrico del panel los valores son significativos de tal forma que provocan en la reducción de su capacidad eléctrica.

Figura 5. Temperatura de operación del panel con velocidad de viento de 1.3 m/s y temperatura ambiente de 26°C .



El objetivo del enfriamiento es hacer que los parámetros eléctricos del panel mejoren. Un caso se muestra en la figura 6 empleando un panel con capacidad nominal de 150W , el efecto que tiene disminuir la temperatura del panel en su eficiencia eléctrica, la temperatura disminuye 23°C y su eficiencia aumenta 2% . Para lograr el enfriamiento

se empleó flujo de aire forzado con valor de 0.0469 kg/s. Para comparar los resultados de enfriar el panel con respecto a cuándo no se enfría, la figura 7 muestra a través de la potencia y la eficiencia, el efecto que tiene el enfriamiento, para ello se trabajó con flujo másico de 0.034 kg/s., la mejora en la potencia es 6W mayor con enfriamiento que sin él, en la eficiencia eléctrica es mayor en 1.3% con enfriamiento. Entre la figura 6 y la figura 7, puede notarse la influencia que tiene el valor del flujo másico, con el aumento del flujo se genera mayor enfriamiento y crece la eficiencia.

Figura 6. Aumento de la eficiencia eléctrica por el enfriamiento con aire 0.0469 kg/s, 150W.

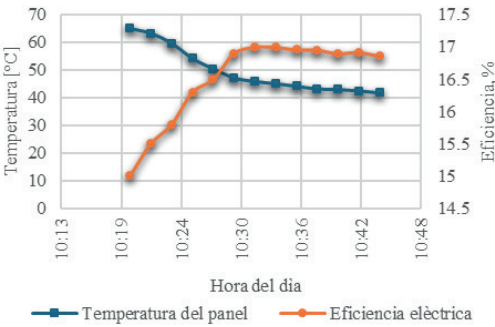
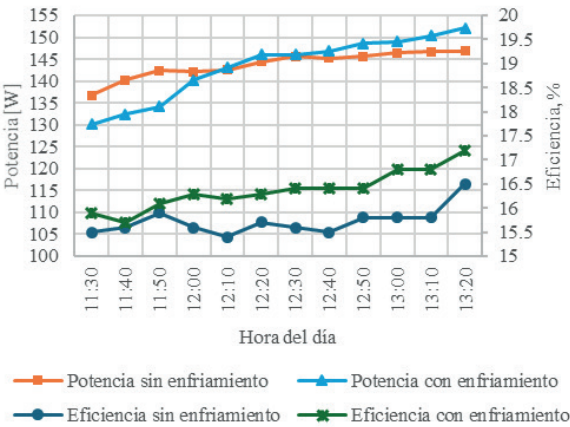
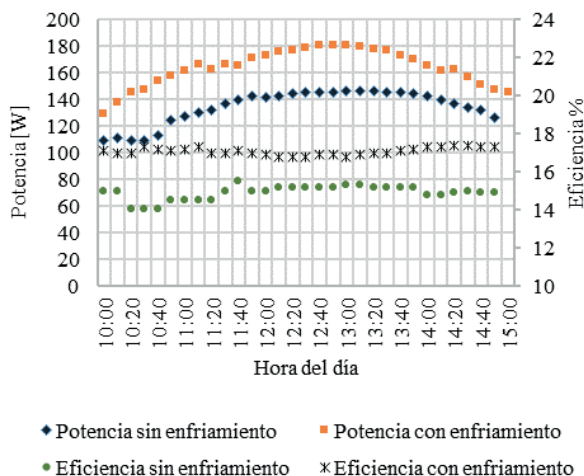


Figura 7. Desempeño eléctrico del panel 150W, con y sin enfriamiento con aire, 0.034 kg/s.



Un tercer caso se muestra en la figura 8, en el que se aumenta el flujo másico hasta 0.08 kg/s, con ello se logra que la potencia aumente 9W y la eficiencia 5% respectivamente, con respecto cuando no se tiene enfriamiento.

Figura 8. Desempeño eléctrico del panel con y sin enfriamiento 150W.



Los siguientes resultados corresponden al enfriamiento del panel de 110W y eficiencia 15%, se emplea la placa de policarbonato y se hace fluir agua a través de los alveolos, el agua a temperatura ambiente (22°C), irradiancia solar promedio de 820 W/m², con flujo de 0.076 kg/s. En la figura 9, se muestra que a temperatura del panel de 60°C la eficiencia se reduce a 13.3% y esta va aumentando conforme la temperatura del panel se reduce. En la figura 10, el agua de enfriamiento fue de 23.5°C, e irradiancia solar de 900 W/m² y el mismo flujo 0.076 kg/s. El aumento de la irradiancia y de la temperatura de enfriamiento con respecto al primer caso, provocaron menor enfriamiento del panel con un gradiente de 21.5°C y 28.1°C para el primer caso. De la misma forma con la eficiencia, en el segundo caso se aumentó 2% y para el primero 2.3% respectivamente. En la figura 10, también se muestra el aumento de la potencia con respecto a la disminución de la temperatura.

Figura 9. Eficiencia eléctrica del panel 110 W con enfriamiento a base de agua.

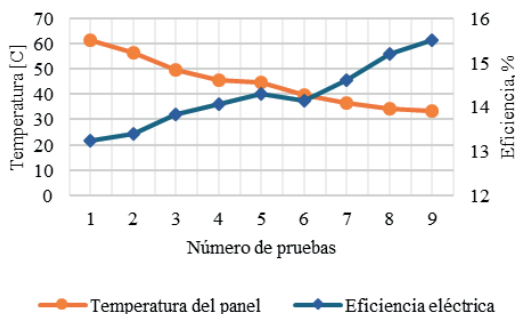
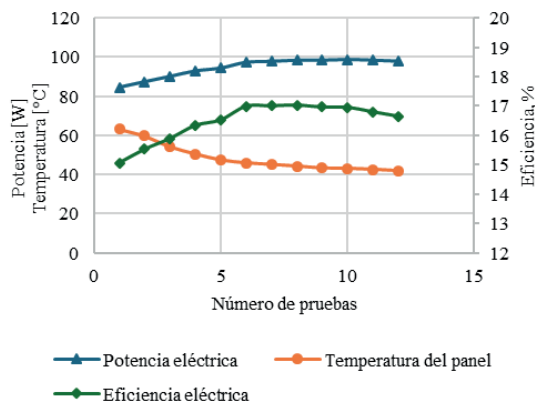


Figura 10. Desempeño eléctrico del panel fotovoltaico 110W enfriamiento con agua.



4. CONCLUSIONES

Se estudiaron dos técnicas de enfriamiento de paneles fotovoltaicos para analizar el efecto en el desempeño eléctrico, a través de la potencia y la eficiencia eléctrica respectivamente. Una técnica correspondió al enfriamiento de un panel de 150W usando elementos obstructores de flujo adheridos al panel, así como, un canal rectangular por el cual se hizo fluir el aire con dos valores de flujo másico, para este caso se observa que, a mayor flujo, mejor enfriamiento y así el desempeño eléctrico, que en el mejor de los casos se aumentó la potencia 9W y la eficiencia 5% con flujo másico de 0.08 kg/s. La segunda técnica correspondió al uso de una placa de policarbonato alveolar adherida al panel haciéndose fluir agua a través de los alveolos, el mejor caso es el que se presenta, con un valor de flujo de agua de 0.076 kg/s elevando la potencia 8W y la eficiencia 2.3%. Con base en las propiedades termofísicas de los fluidos principalmente el calor específico, siendo 4 veces mayor en el agua que en el aire, en el caso del aire se provocó un gradiente de 23.2°C mientras que con el agua de 28°C a pesar de que el contacto entre el agua y el panel no es directo como entre el aire y el panel. Finalmente, se probó en este trabajo que es posible aumentar el desempeño del panel fotovoltaico mediante técnicas de enfriamiento, atención especial requiere el conocer el valor del flujo másico que mejoré el enfriamiento, ya que al incrementarse se logra mayor enfriamiento, pero se requiere más energía para mover el flujo, por lo que podría resultar contraproducente. La razón por la cual se busca el enfriamiento de paneles fotovoltaicos es para operarlos donde sus parámetros eléctricos alcanzan valores cercanos a los de diseño, otra razón es que a través del enfriamiento con un fluido puede disponerse de energía eléctrica y energía calorífica de forma simultánea, esta última para procesos térmicos, como es el caso de

calefacción, tratamiento de alimentos para su conservación mediante la deshidratación o la disposición de agua caliente.

REFERENCIAS

Ali Maka O.M., and Jamal Alabid M. Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, (2022), 6, 476–483.

Aghaei M., Fairbrother A., Gok A., Ahmad S., Kazim S., Lobato K., Reinders A., Schmitz J., Theelen M., Yilmaz P., Kettl J. Review of degradation and failure phenomena in photovoltaic modules. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 159 (2022) 112160.

Espinosa-Ramírez B., Garrido-Hernández A., García-Domínguez G., Vargas-Leóna J. E., Castillo-Minjarez M. Efecto de la temperatura en la eficiencia de paneles fotovoltaicos. *Publicación Semestral Pádi Vol. 11, No. Especial 5(2023)* 184-190. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial5.11841>

Pushpendu D., Sudhakar K., Archana S., Kirpichnikova I. Advanced cooling techniques of P.V. modules: A state of art. *Case Studies in Thermal Engineering* 21 (2020) 100674.

Sargunanathan S., Elango A., Tharves Mohideen S. Performance enhancement of solar photovoltaic cells using effective cooling methods: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64 (2016) 382–393.

Baloch Ahmer A.B., Bahaidarah Haitham M.S., Palanichamy G., Al-Sulaiman Fahad A. Experimental and numerical performance analysis of a converging channel heat exchanger for PV cooling, *Energy Conversion and Management* 103 (2015) 14–27.

Kaiser A.S., Zamora B., Mazón R., García J.R., Vera F. Experimental study of cooling BIPV modules by forced convection in the air channel, *Applied Energy* 135 (2014) 88–97.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alireza Mohebi Ashtiani possui graduação em bacharelado em Matemática, Matemática Aplicada, pela Amirkabir University of Technology (Polytechnic of Tehran), Teerã/Irã (2003), mestrado em Matemática Aplicada pelo Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan/Irã (2005) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) na área de Automação (2012). Foi bolsista de Pós-doutorado Júnior do CNPq no Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC/UNICAMP) e bolsista de Pós-doutorado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) na Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA/UNICAMP). Desde 2013 é docente vinculado ao Departamento Acadêmico de Matemática do Campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e atualmente, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da UTFPR, Campus Cornélio Procopio.

Alireza Mohebi Ashtiani

<http://lattes.cnpq.br/5025709771742662>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorción 58, 59, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 71
Agricultural land 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119
Agricultural land consolidation 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119
Agricultural land market 109, 110, 113, 116, 118, 119
Aguas residuales 57, 63, 64
Alumina 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Alumno-geólogo 98, 108

B

Biomasa 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70
Biomimicry 81, 85, 96
Biorremediación 57, 62, 64, 68
Biorremediación química 68

C

Cascarilla de soja 67, 68, 69
Celulosa microcristalina 67, 68, 70, 71
Ciclodextrinas 17, 18, 19, 23, 28
Colorantes textiles 68
Cromo (VI) 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66
Curcumina 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28

D

Desempeño 72, 73, 74, 76, 79, 99, 100, 101, 102, 106
Diclofenaco 18, 28, 29, 30, 32
Diffusion model 47
Dilatometry 1, 4, 5, 7, 12, 13, 14, 15

E

Ecodesign 81, 82, 83, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 97
Education 32, 55, 81, 85, 95, 97
Eléctrico 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79
Enfriamiento 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79

F

Filas 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46

Fotovoltaico 72, 74, 79

G

Geología 98, 100, 101, 102, 104, 105, 108

Geología estructural 98, 102

Girasol 56, 57, 59, 60, 64, 65

H

Hojas de cálculo 17, 18, 22

L

Land rent determinism 109, 113, 118

Legado 98, 99, 106

M

Método de relaciones molares 18, 24, 25, 26, 30, 31

Modelagem 33, 35, 38, 40, 46

Model without dissemination 47, 50

O

Oryol region 109, 115, 116, 117, 119

P

Panel 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79

Plastic 81, 90, 91, 92, 93, 95, 97

Population dynamics 47

R

Refractory 1, 2, 3, 4, 12, 13, 15, 16

Russia 109, 110, 113, 114, 115, 117, 118

S

Simulação 33, 35, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 46

Síntesis one-pot 68

Sistemas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 46, 58, 73

Spinel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16

Sustainability 81, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 97, 113, 118

X

XRD 1, 5, 9, 67, 68, 69

Y

YPF 98, 99, 100, 102, 103, 105, 106, 107, 108

