

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN

2

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN

2

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

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 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
Prof^o Dr^o Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^o Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o 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
Prof^o Dr^o 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^o Dr^o Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^o Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^o Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^o Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
146	<p>Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación 2 / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web Inclui bibliografía ISBN 978-65-258-1047-8 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.478231502</p> <p>1. Ingeniería. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620</p>
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

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.

La triada Investigación, Desarrollo e Innovación es un pilar fundamental tanto desde el punto de vista económico como a la hora de buscar soluciones a los distintos problemas y retos vinculados a la sociedad y la industria. También hay que tener en cuenta que el mercado está en constante evolución y con demanda inmediata. Por lo tanto, surge la importancia de los estudios científicos que promuevan el progreso y uso de los servicios de las empresas, instituciones en el campo de la investigación.

Las tendencias de las nuevas tecnologías, cada vez más especializadas y con más foco en la ciencia científica, prestan más atención a la implementación de actividades rentables a largo plazo y con estrecha reacción a la evolución. Este trabajo destaca la investigación investigativa, estudios vinculados a un carácter más experimental, buscando siempre referirse al sector y dimensión de aplicaciones útiles para la industria y la sociedad.

Dado este contexto, en este trabajo se evidencia la obtención de nuevos conocimientos que permitan descubrir nuevos productos o servicios o mejorar los existentes. La motivación para difundir la investigación se basa en explorar y abordar problemas. Tener una mayor comprensión de un determinado concepto y garantizar una aplicación real es un claro objetivo de Atena Editora junto con este trabajo.

Entonces, ¡Feliz Lectura y Sumérgete en el conocimiento!

Amanda Fernandes Pereira da Silva


CAPÍTULO 1 1**CATALISADORES FENTON HETEROGÊNEO: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM BASE DE PATENTES**

Robson Almeida Silva
 João Vinícius Valença Santos
 Willian da Silva
 Daniel Sâmek Santana Nunes
 Márcio Souza Santos
 Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782315021>

CAPÍTULO 2 11**ESTIMATION OF THE QUANTITY OF COMPACTOR TRUCKS REQUIRED FOR MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION IN THE CITY OF JAEN**

Annick Estefany Huaccha-Castillo
 Jicson Einstein Campos-Castillo
 Lili Yulisa Cubas-Pérez
 Franklin Hitler Fernandez-Zarate

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782315022>


CAPÍTULO 322**PREPARACIÓN DE TEXTILES MULTIFUNCIONALES A PARTIR DE LA INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS INORGÁNICAS**

José Angel Juárez Torres
 Josefina Aguila López
 José Luis Herrera Pérez
 José Francisco Sánchez Ramírez
 Alejandro Bautista Hernández
 Jessica Ortigoza Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782315023>

CAPÍTULO 433**VALIDEZ FACTORIAL Y CONSISTENCIA DEL INSTRUMENTO APLICADO PARA DETERMINAR EL EMPREDEDURISMO ESTUDIANTIL UNIVERSITARIO**

Jesús Martín Cadena-Badilla
 Rafael Hernández León
 Francisco Javier León Moreno
 Joaquín Vásquez Quiroga
 Ramón Arturo Vega Robles

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782315024>

CAPÍTULO 549**PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: CASO DE ESTUDIO**

Amanda Fernandes Pereira da Silva
 Hildegard Elías Barbosa Barros

Diego Silva Ferreira

Lucas Tomaz Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782315025>

SOBRE A ORGANIZADORA59

ÍNDICE REMISSIVO60

PREPARACIÓN DE TEXTILES MULTIFUNCIONALES A PARTIR DE LA INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS INORGÁNICAS

Data de submissão: 14/12/2022

Data de aceite: 01/02/2023

José Angel Juárez Torres

Unidad Profesional Interdisciplinaria en
Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México
Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla
Ciudad de Puebla, México
Enlace ORCID 0000-0002-1515-4745

Josefina Aguila López

Unidad Profesional Interdisciplinaria en
Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México

José Luis Herrera Pérez

Unidad Profesional Interdisciplinaria en
Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México

José Francisco Sánchez Ramírez

Unidad Profesional Interdisciplinaria en
Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México
Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla
Ciudad de Puebla, México

Alejandro Bautista Hernández

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla
Ciudad de Puebla, México

Jessica Ortigoza Méndez

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla
Ciudad de Puebla, México

Los resultados del presente trabajo fueron publicado en AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial, Julio 2021/Enero 2022, No. 4 ISSN 2684-060X, www.aacini.org

RESUMEN: En este trabajo de investigación se presentan los resultados de la preparación de nanotextiles funcionales de algodón conteniendo nanopartículas de plata (NPs Ag) con diferentes tamaños. La incorporación de las nanopartículas se realizó usando la síntesis de reducción química *in-situ*; dentro de los resultados se desarrolló la propiedad superhidrofóbica en tela de algodón en función de diferentes tamaños de nanopartículas y con la modificación superficial con hexadeciltrimetoxisilano (HDTMS). Utilizando tres agentes químicos reductores como: ácido ascórbico, borohidruro de sodio y al citrato de sodio; fue posible la variación del tamaño nanométrico de las nanotextil fueron verificadas utilizando diferentes

técnicas de caracterización: espectroscopia UV-Vis y difracción de rayos-X. La propiedad superhidrofóbica fue verificada utilizando medidas del ángulo de contacto con el software ImageJ.

PALABRAS-CLAVE: Nanotextiles, Nanopartículas de plata, Superhidrofobicidad.

PREPARATION OF MULTIFUNCTIONAL TEXTILES FROM THE INCORPORATION OF INORGANIC NANOPARTICLES

ABSTRACT: In this research work the results of the preparation functional cotton nanotextiles containing silver nanoparticles (NPs Ag) with different sizes are presented. The incorporation of nanoparticles was reached using *in-situ* chemical reduction synthesis; within the results the superhydrophobic property was developed, on cotton fabric, as a function of different sizes of nanoparticles and with the surface modification with Hexadecyltrimethoxysilane (HDTMS). Using three reducing chemical agents as: ascorbic acid, sodium borohydride, and sodium citrate; it was possible to vary the nanometric size NPs Ag on the cotton fabric. The formation and nanotextiles properties were verified using different characterization techniques: UV-Vis spectroscopy and X-ray diffraction. The superhydrophobic property was verified using contact angle measurement with ImageJ software.

KEYWORDS: Nanotextiles, Silver nanoparticles, superhydrophobicity.

1 | INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que el desarrollo de industria textil depende de la investigación, innovación e implementación de tecnologías que permitan crear nuevos materiales textiles con propiedades de funcionalidad para satisfacer un mayor número de actividades que no serían posibles obtener con los textiles convencionales (Mather, 2021). Los nanoacabados son un nuevo concepto que esta recientemente acaparando la atención dentro del área del sector textil, ya que mediante la incorporación de nanopartículas está siendo posible generar telas con una variedad de propiedades jamás imaginables como es el incremento de su resistencia, telas anti-manchas y que no se arruguen, resistentes al fuego, que cambian de color (dependiendo las condiciones climáticas a las que sean expuestas), que eviten la formación de bacterias, que sean auto-limpiables, telas con propiedades de protección a los rayos UV y repelentes al agua (Shirley Coyle, 2007).

Las nanopartículas definidas como entes cristalinos o amorfos con tamaños en la escala nanométrica y con formas irregulares hasta esféricas, son materiales que presentan nuevas y extraordinarias propiedades ópticas, estructurales, eléctricas y altos valores de área/volumen que están siendo aprovechadas para el desarrollo de telas textiles con nuevas propiedades de funcionalidad. A nuestro conocimiento, no existe reporte alguno sobre el efecto del tamaño de nanopartícula de Ag en la propiedad superhidrofóbica de la tela de algodón, por lo que en este trabajo se presenta los resultados de la preparación de un nanotextil de algodón conteniendo nanopartículas de Ag con diferentes tamaños y con la modificación superficial con HDTMS. La propiedad superhidrofóbica del nanotextil es

estudiada en función del tamaño de las nanopartículas metálicas.

2 | DETALLES EXPERIMENTALES

2.1 Reactivos

Para la preparación de los nanotextiles conteniendo nanopartículas de plata (NPs-Ag) se utilizaron los siguientes reactivos; Hidróxido de Sodio (NaOH, al 99.0%), Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2 , al 99.0%), Silicato de Sodio (Na_2SiO_3), Carbonato de Sodio (Na_2CO_3), Abrillantador, Nitrato de Plata ($AgNO_3$, al 99.0%), Ácido Ascórbico ($C_6H_8O_6$, al 99.0%), Borohidruro de Sodio ($NaBH_4$, al 99.0%), Citrato de Sodio ($Na_3C_6H_5O_7$, al 99.0%), Hidróxido de Potasio (KOH, al 85%), Etanol (C_2H_5OH), Hexadeciltrimethoxisilano (HDTMS, al 85%), y Ácido Acético Glacial (CH_3COOH , al 99.7%), todos adquiridos de Sigma Aldrich. Jabón neutro (Extran MA O₂, Merck) fue utilizado para el lavado de todo el equipo de laboratorio.

2.2 Equipo de caracterización

La formación de las nanopartículas de Ag fue monitoreada utilizando espectros de absorción óptica en el rango UV-Vis (200-400 nm) con un espectrofotómetro de barrido UV-Vis-NIR (Thermo Scientific, modelo Evolution 600). Un equipo de difracción de rayos-X Rigaku D/Max-C con radiación $K\alpha$ -Cu fue utilizado para la caracterización estructural de las nanopartículas de Ag.

3 | PREPARACIÓN DEL NANOTEXTIL DE ALGODÓN CONTIENIENDO NANOPARTICULAS DE PLATA CON DIFERENTES TAMAÑOS

3.1 Descruce y blanqueo

Una tela cruda de algodón 100 % con una densidad superficial correspondiente a 175 g/m² para el tejido plano por urdimbre “Tafetan” y 200 g/m² para el tejido de punto “Single Jersey”, ambos tejidos fueron utilizados durante este trabajo. La tela adquirida fue primeramente acondicionada a través de un proceso de descruce para eliminar las impurezas naturales y adquiridas durante su procesamiento. Para el proceso de descruce se utilizó 1g de textil y fue tratado con una solución caliente (80-90 °C) de NaOH a una concentración (40 - 100 gr/l al 100%) con un tiempo de permanencia de 30 a 45 min, a fin de asegurar la eliminación completa de compuestos no deseados. Después de un proceso de lavado, la tela de algodón presentó buenas propiedades de absorbancia.

Para el blanqueo de la tela de algodón se utilizaron productos que por la reacción química liberen oxígeno; el peróxido de hidrógeno fue el elemento químico utilizado para esta tarea, el textil fue sumergido en una solución conteniendo H_2O_2 (2 gr/l) por un tiempo de 30 min a temperatura de 80 – 90 °C. La tela de algodón fue posteriormente lavada con jabón neutro, enjuagada con suficiente agua desionizada y sumergida en etanol todo a

temperatura de 65°C y en agitación a 110 revoluciones por minuto (rpm) durante 5 min; para la eliminación de las impurezas restantes el textil fue tratado térmicamente a 70 °C durante 15 min.

3.2 Activación química de la superficie textil

Después del proceso de descruce, blanqueo y lavado las muestras textiles fueron activadas químicamente. En la Figura 1. Se ilustra el proceso de activación química del textil, la tela de algodón fue trata con hidróxido de potasio (1 M) a temperatura ambiente por 10 min bajo agitación moderada. Posteriormente, las muestras fueron lavadas varias veces con agua abundante para remover el exceso de KOH y obtener una superficie de “Celulosa-Potasio” (CP).

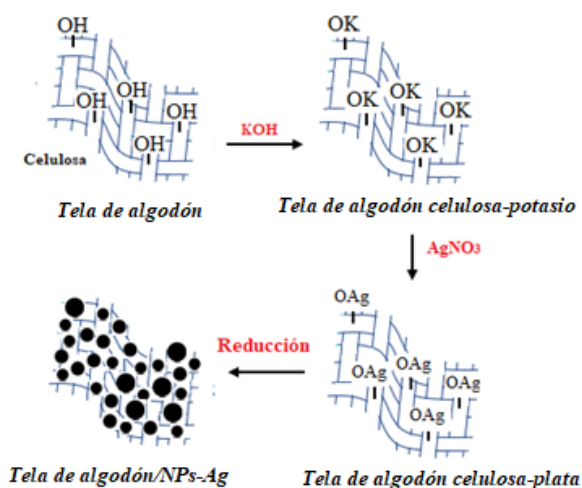


Figura 1. Ilustración esquemática de la síntesis in-situ de NPs- Ag sobre textil de algodón.

3.3 Síntesis *In-situ* de nanopartículas de plata sobre la tela de algodón

Una capa de iones de Ag fue formada primeramente sobre la tela de algodón a través de una reacción de intercambio iónico con una solución de AgNO₃. Las muestras textiles CP fue sumergida en una solución acuosa de AgNO₃ (0.02 M) bajo agitación moderada por 30 min a temperatura ambiente para el intercambio de los iones potasio por los iones de Ag. Al término del intercambio iónico, las muestras fueron enjuagadas varias veces con agua para eliminar exceso de reactantes y tratadas térmicamente a 90 °C por 45 min. Muestras de “Tela de Algodón Celulosa/Plata” fueron así obtenidas. Para la síntesis *in-situ* de las nanopartículas de Ag, la Tela de Algodón Celulosa/Plata fue sumergida en una solución reductora por 30 min con agitación moderada en un matraz de vidrio de 25 ml. La formación de las nanopartículas de plata fue observada de manera instantánea sobre la superficie del

textil producto del proceso de nucleación y crecimiento (Mohammad Shateri Khalil-Abad, 2010), (M.H. El-Rafie, 2012).

Un cambio de color de blanco a amarillo-verdoso oscuro fue observado producto de la formación de partículas de Ag en la escala nanométrica. Al término de la formación de las nanopartículas, la tela de algodón conteniendo nanopartículas fue lavada con exceso de agua y sometida a un tratamiento térmico a 65 °C durante 60 min para asegurar el anclaje de las nanopartículas de Ag. Muestras denotadas como “Tela de Algodón/NPs-Ag” fueron obtenidas al término de esta etapa. En la Figura 1. Se representa de manera esquemática la síntesis *in-situ* de las NPs-Ag.

Para controlar el tamaño de las nanopartículas de Ag formadas *in-situ* sobre las fibras de algodón, soluciones conteniendo tres diferentes agentes reductores (0.01 M) fueron utilizadas: borohidruro de sodio (NaBH_4), ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) y citrato de sodio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), respectivamente. Para el caso de la reducción con citrato de sodio, se utilizó una temperatura de 90 °C por 30 min bajo agitación moderada.

3.4 Modificación superficial de la tela de algodón conteniendo nanopartículas de Ag

Para disminuir la energía superficial de la tela de Algodón/Ag-NPs e incrementar el valor hidrofóbico del textil, las muestras de Algodón/NPs-Ag fueron tratadas con HDTMS. En este proceso, las muestras de la tela de algodón/NPs-Ag fueron inmersas en una solución alcohólica (1 % vol.) de HDTMS pre-hidrolizada. La solución es agitada a 95 rpm durante 60 min a temperatura ambiente. Las muestras fueron lavadas con agua y etanol varias veces. Un tratamiento térmico a 90 °C por 30 min fue utilizado en las muestras para obtener finalmente un nanotextil conteniendo NPs-Ag.

4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para caracterizar la formación y tamaño nanométrico de las NPs-Ag el textil (Daniel A. Cruz, 2012), espectros de absorción óptica fueron obtenidos después del proceso de la síntesis *in-situ*. Los nanotextiles conteniendo NPs-Ag fueron sacudidos suavemente en una solución ácida para separar las partículas de Ag de la superficie de las fibras textil, las partículas así obtenidas en la solución fueron dispersadas en 2.5 ml de H_2O . La dispersión coloidal de Ag obtenida fue caracterizada utilizando un espectrofotómetro de UV-Vis. En la Figura 2. Se muestran los espectros de absorción de cada una de las dispersiones coloidales obtenidas de los correspondientes nanotextiles. La Figura 2a. Corresponde al espectro de la muestra nanotextil obtenido con la reducción de NaBH_4 , en la Figura 2b. Pertenece al $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ y por último en la Figura 2c. Es del $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Se pueden observar un máximo de absorción en 400, 403 y 406 nm, respectivamente. La posición de picos corresponde a la presencia de partículas de Ag con tamaños en la escala nanométrica. La variación de la posición de los

picos es producto de la presencia de nanopartículas con diferentes tamaños. Partículas más pequeñas de Ag son observadas para longitudes de onda menores del máximo de absorción.

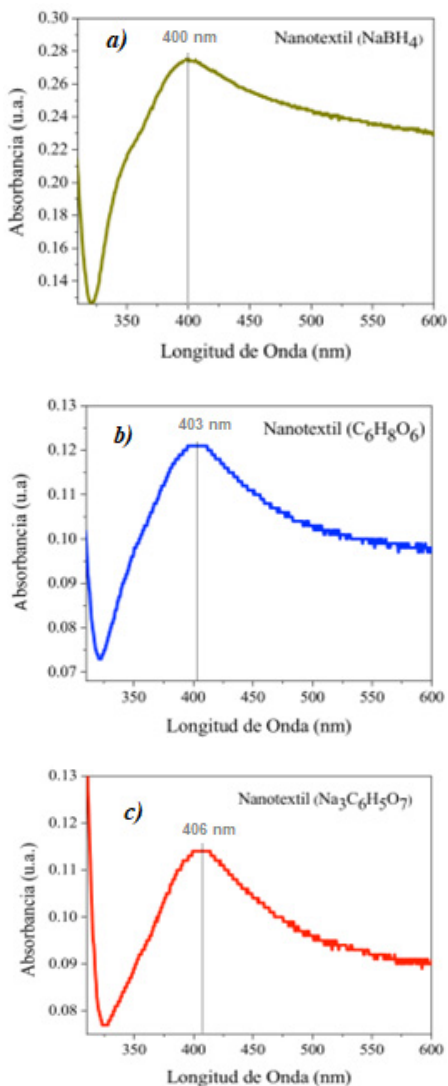


Figura 2. Espectro UV-Vis de NPs Ag utilizando como sistema reductor: a) NaBH₄, b) C₆H₈O₆ y c) Na₃C₆H₅O₇, respectivamente.

Para corroborar el tamaño de las partículas de plata en la superficie del textil, así como la calidad cristalina de las mismas, difractogramas de rayos-X de las muestras fueron obtenidos, ver Figura 3. Los difractogramas del nanotextil conteniendo NPs-Ag presentan señales que corresponden a picos localizados a 2θ en 38.1°, 44.3°, 64.5° y 77.5° correspondientes a los planos (111), (200), (220) y (311) de una muestra de plata con

estructura cristalina tipo cúbica.

Para predecir el tamaño nanométrico de las partículas de Ag, se utilizó la señal de difracción de rayos-X y la ecuación de Scherrer para el pico correspondiente al (111) de cada una de las muestras con diferente reductor. Los tamaños estimados de las NPs Ag fueron de 9.6 nm utilizando al NaBH_4 como sistema reductor, 12.7 nm utilizando al $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ y 19.2 nm utilizando al $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Esta variación del tamaño es producto de los diferentes procesos de nucleación y crecimiento de las nanopartículas de Ag con los diferentes tipos de reductores.

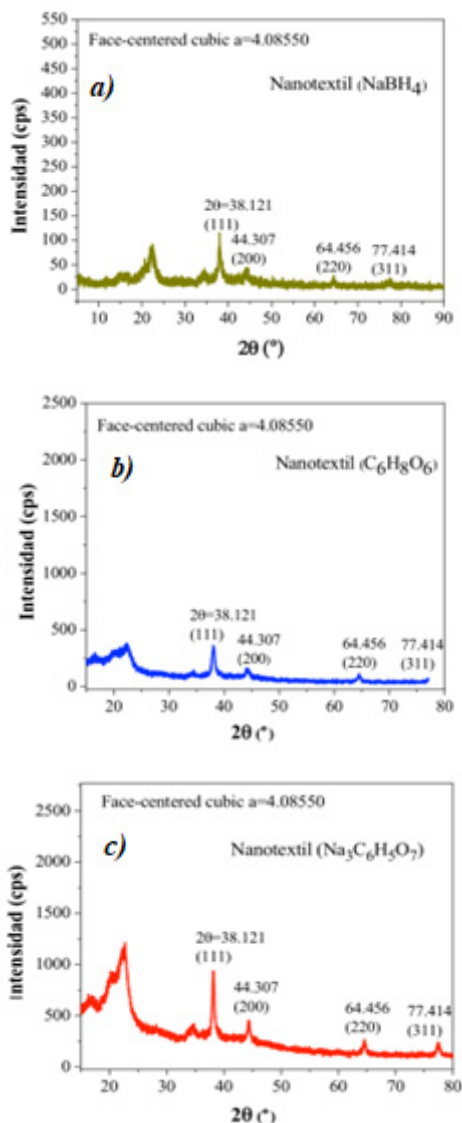


Figura 3. Difractogramas de rayos X del Nanotextil conteniendo NPs-Ag utilizando como sistema reductor: a) NaBH_4 , b) $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ y c) $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, respectivamente.

La propiedad superhidrofóbica del textil se desarrolló mediante la combinación de una nanorugosidad adquirida por la formación de las NPs-Ag y la formación de un recubrimiento de HDTMS para tener una baja energía superficial sobre la superficie del sustrato de algodón (Hua Bai, 2018) (Junlong Song, 2013), Figura 4. Esta combinación contribuye al incremento de la hidrofobicidad de la tela de algodón con ángulos de contacto mayores a 160°.

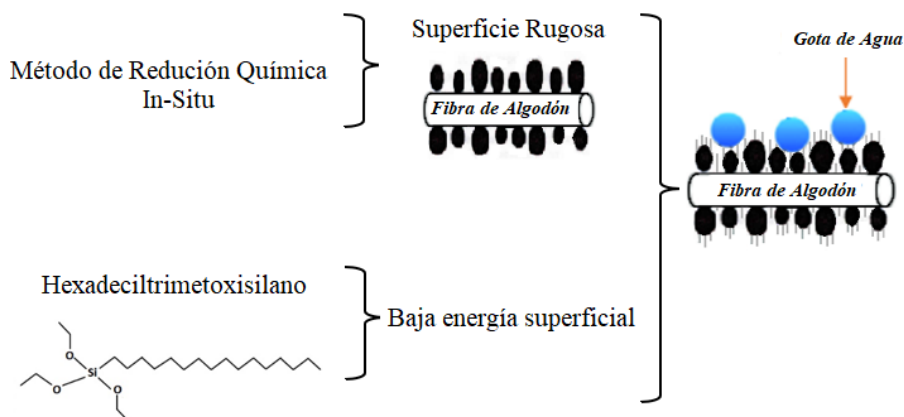


Figura 4. *Combinación de nanorugosa más recubrimiento de la superficie del textil con HDTMS.*

En la Figura 5. Se muestran imágenes fotográficas de la tela de algodón sin tratamiento y del nanotextil desarrollado utilizando al NaBH_4 como sistema reductor, es posible observar el color amarillo verdoso del nanotextil indicando la presencia de partículas de Ag en escala nanométrica. La presencia de las gotas esféricas de agua coloreadas sobre la superficie del nanotextil es producto de la propiedad superhidrofóbica desarrollada (M.H. El-Rafie, 2012); una mojabilidad del 100 % fue observada para el textil de algodón sin el nanoacabado. Similares resultados fueron obtenidos en los nanotextiles con los sistemas reductores de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ y $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$.

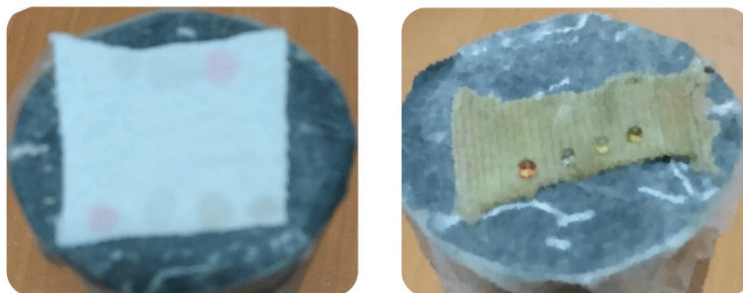


Figura 5. *Sustrato textil sin tratamiento (izquierda) y nanotextil conteniendo NPs-Ag desarrollado (derecha).*

La medición del ángulo de contacto es la manera de cuantificar las propiedades morfológicas y químicas de la superficie del nanotextil conteniendo NPs-Ag obtenido de manera práctica (Xu Lihui, 2011), (Cañete, 2013). Para cuantificar el valor superhidrofóbico, se procedió a medir el ángulo de contacto de los correspondientes nanotextiles. Para tal efecto se depositó una gota de agua de $5\mu\text{L}$ sobre la superficie del textil funcionalizado. Posteriormente se obtuvieron las imágenes correspondientes con una cámara réflex digital marca NIKON de 24 megapíxeles.

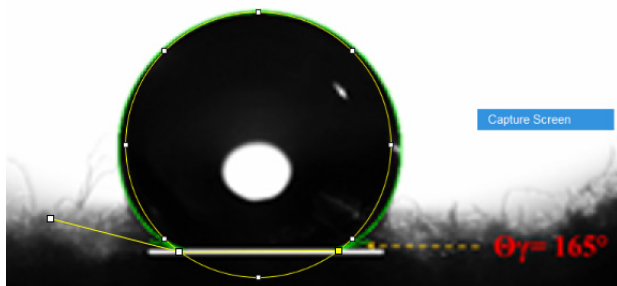


Figura 6. Micrografía del nanotextil conteniendo NPs- Ag, utilizada para cuantificar el ángulo de contacto con el software ImageJ.

Las imágenes obtenidas fueron procesadas con el software ImageJ para obtener la medida del ángulo de contacto, los resultados obtenidos se presentan en la Figura 7. Incisos a, b, y c respectivamente.

Results NaBH4 - □ ×

	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	163.193
2	0	0	0	0	163.657
3	0	0	0	0	163.807
4	0	0	0	0	163.866
5	0	0	0	0	163.103

a)

Results C6H8O6 - □ ×

	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	162.953
2	0	0	0	0	162.871
3	0	0	0	0	162.536
4	0	0	0	0	162.251
5	0	0	0	0	162.396

b)

	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	165.127
2	0	0	0	0	165.619
3	0	0	0	0	165.747
4	0	0	0	0	165.878
5	0	0	0	0	165.239

Figura 7. Valores de la medición del ángulo de contacto del nanotextil conteniendo NPS-Ag utilizando como sistema reductor: a) borohidruro de Sodio, b) ácido ascórbico, c) citrato de sodio.

Los valores obtenidos, en las imágenes anteriores, muestran mediciones de ángulos de contacto mayores a 160° indicando que la propiedad de superhidrofóbicidad ha sido lograda. Mayor propiedad superhidrofóbica se desarrolló para el nanotextil conteniendo nanopartículas de Ag con tamaños más pequeños.

5 | CONCLUSIONES

- Se logró exitosamente la síntesis controlada *In-Situ* de NPs-Ag sobre fibras de algodón para el desarrollo de nuevos textiles funcionales (nanotextiles) con propiedades de superhidrofobicidad.
- El tamaño nanométrico de las partículas de Ag fue controlado variando el tipo de reductor químico. Nanopartículas de Ag bien definidas con tamaños de 9.6 nm fueron sintetizadas sobre la tela de algodón utilizando al borohidruro de sodio como agente reductor, tamaños de 12.7 nm y 19.5 nm fueron obtenidas con ácido ascórbico y citrato de sodio, respectivamente.
- Utilizando la espectroscopia de UV-Vis fue posible monitorear la existencia de las NPs-Ag a través de la presencia y posición de la resonancia del plasmón superficial de las nanopartículas con diferentes tamaños.
- La presencia y tamaño de NPs-Ag sobre la superficie de los textiles de Algodón fue corroborada mediante la técnica de Difracción de rayos-X.
- Los nanotextiles mostraron excelentes propiedades de superhidrofóbicidad con ángulos de contacto superiores a 160° .
- Mayores ángulos de contacto fueron obtenidos para nanotextiles conteniendo NPs-Ag con menores tamaño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a UPIITA-IPN, CONACyT-México,

COFAA-IPN, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Facultad de Ingeniería BUAP, Colegio de Ingeniería Textil BUAP por el apoyo recibido para el desarrollo de trabajo.

REFERENCIAS

Cañete, A. F. (05 de 09 de 2013). **Estudio de la Hidrofobicidad y Autolimpieza en Materiales con Nanotratamientos Superficiales**. *Proyecto Final de Carrera, Ingeniería de Materiales*. Balleterra, Barcelona, España. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2013/hdl_2072_234675/PFC_AgustinFernandezCanete.pdf

Daniel A. Cruz, M. C. (2012). **Nanopartículas Metálicas y Plasmones de Superficie: Una Relación Profunda**. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(2), 67-78. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627686007.pdf>

Hua Bai, L. S. (2018). **Micrometer-sized spherulites building blocks for lotus leaf-like superhydrophobic coatings**. *Applied Surface Science*, 459, 54-62. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.107.183>

Junlong Song, O. J. (2013). **Approaching super-hydrophobicity from cellulosic materials: A Review**. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 28(2), 216-238.

M.H. El-Rafie, T. S. (2012). **Bio-synthesis and applications of silver nanoparticles onto cotton fabrics**. *Carbohydrate Polymers*, 90, 915-920. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.020>

Mather, R. R. (2021). **Intelligent Textiles**. *Coloration Technology*, 36-41. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2001.tb.00136.x>

Mohammad Shateri Khalil-Abad, M. E. (2010). **Superhydrophobic antibacterial cotton textiles**. *Journal of Colloid and Interface Science*, 351, 293-298. doi:[10.1016/j.jcis.2010.07.049](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.07.049)

Shirley Coyle, Y. W.-T. (2007). **Smart Nanotextiles: A Review of Materials and Application**. *MRS Bulletin*, 32, 434-442. Obtenido de www.mrs.org/bulletin

Xu Lihui, Z. W. (2011). Fabrication of superhydrophobic cotton fabric by silica hydrosol and hydrophobization. *Applied Surface Science*, 257, 5491-5498. doi:[10.1016/j.apsusc.2010.12.116](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.12.116)

A

Alfa de Cronbach 33, 40, 42, 43, 44, 48

Atividades industriais 2

C

Catalisadores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Celulosa-Potasio 25

Characterization study 11

Cloruros 51, 52, 54, 55, 56, 58

Construcción Civil 50

Corantes 1, 2, 3, 6, 8, 9

Corrosión 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58

Corrosión en refuerzos 49, 50, 58

D

Durabilidad 49, 50, 58

E

Electroquímica 51, 52, 55, 58

Emprendedurismo 33, 34, 47

Entrepreneurial self-efficacy 37, 46

F

Fármacos 5, 8

Fenton 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10

Floating population 11, 17

H

Hormigón armado 49, 50, 51, 52, 58

I

Indústria têxtil 2, 6, 9

Ingeniería Civil 49

In situ 56

Instrumento Perfil e20 34, 36

N

Naciones Unidas 34, 44

Nanopartículas de plata 22, 23, 24, 25

Nanotextil 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31

Nanotextiles 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 32

O

Organic waste 11, 12, 16

P

Patología 49, 50, 51, 52, 57, 58

Perfil de capacidad emprendedora 36, 37, 43

POA's 2, 3

Principio de parsimonia 33, 41, 42, 44, 48

Prospecção tecnológica 1, 2, 10

R

Recursos hídricos 2, 8

Residuos sólidos urbanos 11, 19, 20, 21

Responsabilidad Social Corporativa 44

S





Sector textil 23

Segregación 53, 55, 58

Superhidrofobicidad 23, 31

V

Validez factorial 33, 34, 36

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN

2


Ano 2023

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN

2


Ano 2023