



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Caracterización de un músculo artificial de nylon y su implementación en una articulación de un robot manipulador serial.

Authors: ZAMUDIO-MARTÍNEZ, Patricio y AGUILAR-SALAZAR, Alejandro Tonatiuh.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2019-240
BCIERMMI Classification (2019): 241019-240

Pages: 14
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

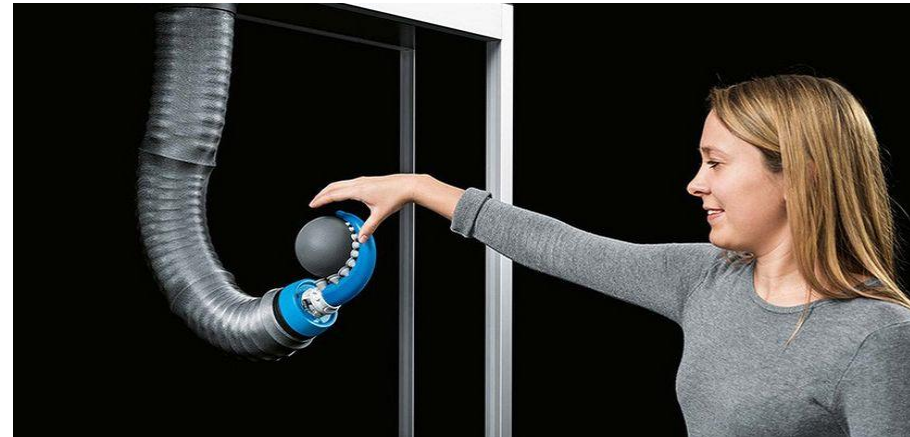
Referencias

Introducción

La robótica blanda es una rama de la robótica la cual sus componentes están esencialmente hechos de materiales blandos y estructuras flexibles con la capacidad de contraerse y flexionarse, lo cual permite una mejor interacción en su entorno que los robots que están hechos de materiales rígidos (Robótica convencional).



Octobot, Universidad de Harvard

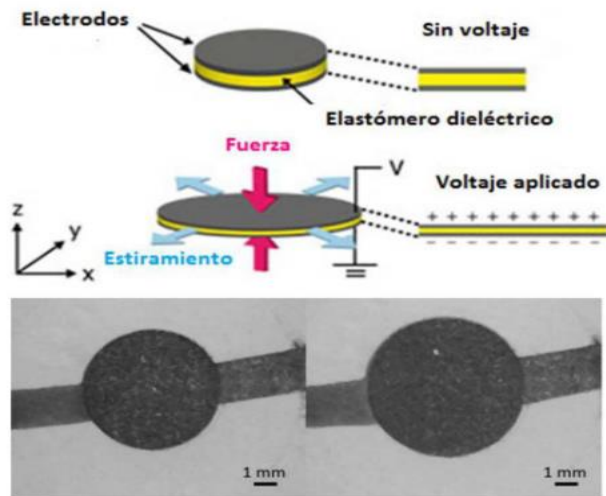


Brazo robótico Festo.

Actuadores blandos

Los actuadores blandos están compuestos de polímeros capaces de expandirse y contraerse, efectuando movimientos lineales o rotatorios.

La clasificación de estos dispositivos varia dependiendo del medio externo con el que trabaja y transforma esa energía en un movimiento (neumáticos, hidráulicos, térmicos, eléctricos y etc.).



Elastómero dieléctrico (Actuador blando eléctrico, Gonzalez-Jimenez 2015)



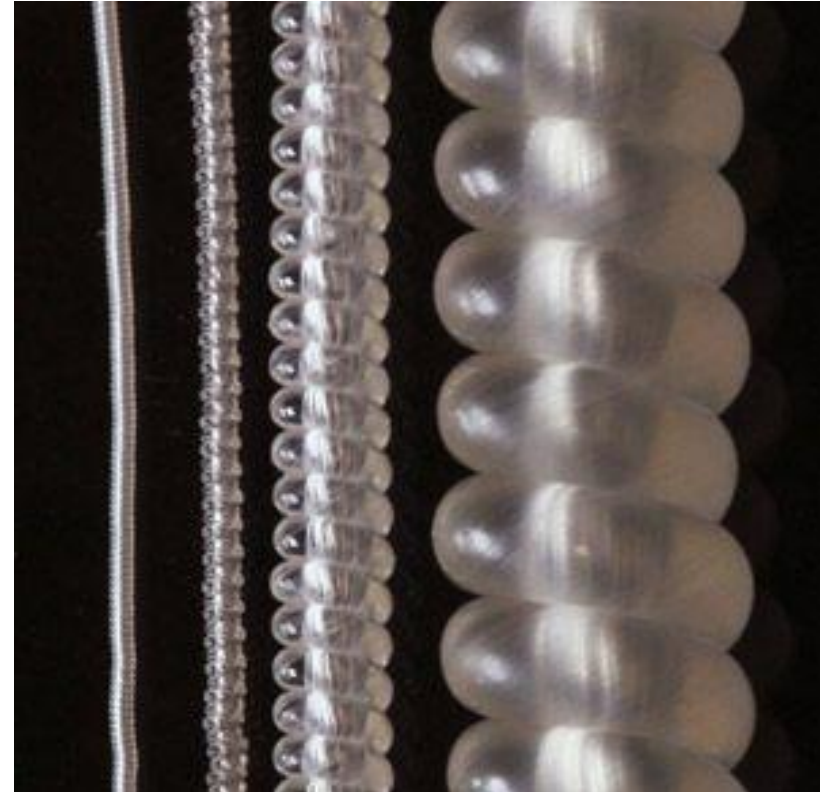
Pneu Net (Actuador blando Neumatico, Mosadegh, Polygerinos et al. 2014)



HASEL (Actuador blando Hidraulico - Acome, Mitchell et al. 2018)

Actuadores blandos de Nylon (Músculo Artificial de Nylon)

La característica de este tipo de actuadores es poseer la capacidad de deformarse al someterse a una diferencia de temperatura. Las fibras de nylon y polietileno son grandes precursores de las fibras musculares artificiales, ya que permite combinar la contracción que ocasiona la inducción térmica reversible en dirección de la fibra, la gran expansión térmica volumétrica y la gran anisotropía en los **cambios** dimensionales inducidos térmicamente proporcionan un golpe muscular.



Músculo artificial de Nylon

Metodología

- **Fabricación del músculo artificial de nylon**
- **Pruebas de alargamiento del músculo**
- **Características mecánicas del músculo**
- **Pruebas de del músculo**
- **Implementación de un manipulador serial.**

Fabricación del músculo artificial de nylon

Del artículo “Artificial Muscles From Line And Sewing Thread”(Haines 2015) se tomaron las técnicas para la fabricación del músculo de nylon enroscado, este consiste en someter el filamento de nylon a una tensión tal que se ejerce un torque sobre la misma, modificando su estructura y obteniendo de esta la espiral característica que poseen los músculos de nylon enroscados.

Para la construcción del músculo de nylon se, tensó el filamento de nylon a un extremo y se aplicó el torque hasta obtener la espiral característica, posteriormente este músculo retorcido se introdujo en agua caliente para evitar tenciones internas en el proceso de fabricación.



Proceso de fabricación del Músculo de Nylon



Músculo de nylon caracterizado

Pruebas de alargamiento del músculo

Se sometió a una prueba de alargamiento, esto permite conocer la magnitud de elongación del material antes de sufrir una deformación permanente por la carga suministrada.

En la tabla 1 se muestra el alargamiento del músculo con respecto al peso medido en newtons.

Alargamiento (m)	Fuerza (N)
0.085	0
0.087	0.667
0.090	1.334
0.095	1.978
0.097	2.002
0.105	2.669
0.113	3.337
0.120	3.957
0.143	5.935
0.155	7.914
0.164	9.893



Prueba de carga y alargamiento del Músculo de Nylon

Características mecánicas del músculo

Se utiliza la teoría de los resortes para definir los parámetros mecánicos del músculo, ya que parte de la configuración de los músculos artificiales de nylon se comportan de la misma manera.

Ley de Hooke. Establece que el alargamiento del músculo será directamente proporcional al módulo de la fuerza aplicada.

$$F = -k(x - x_0)$$

Módulo de Young. Mide la resistencia del músculo del nylon a ser deformado elásticamente.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Potencia. Es la cantidad de trabajo efectuado sobre una unidad de tiempo.

$$P = \frac{T}{t}$$

Energía cinética. La energía que posee un cuerpo a causa de su movimiento.

$$E_C = \frac{1}{2} M V^2$$

Energía potencia elástica. Es la energía ganada al deformar un resorte (la configuración del músculo artificial.)

$$E_{PE} = \frac{1}{2} kx^2$$

Índice de muelles helicoidales. Este parámetro permite saber por medio del valor de los diámetros (diámetro del músculo D_E y diámetro del filamento D_I) del músculo la rigidez.

$$C = \frac{D_E}{D_I}$$

En la Tabla 2 se muestra las características mecánicas del músculo.

Ley de Hooke	$197.8 \frac{N}{m}$
Módulo de Young	$173.55 \frac{N}{m^2}$
Potencia	0.0049465 Watt
Energía cinética	0.009893 [N * m]
Energía potencial elástica	0.00989 [N * m]
Índice de muelles helicoidales.	3

Pruebas de control del músculo

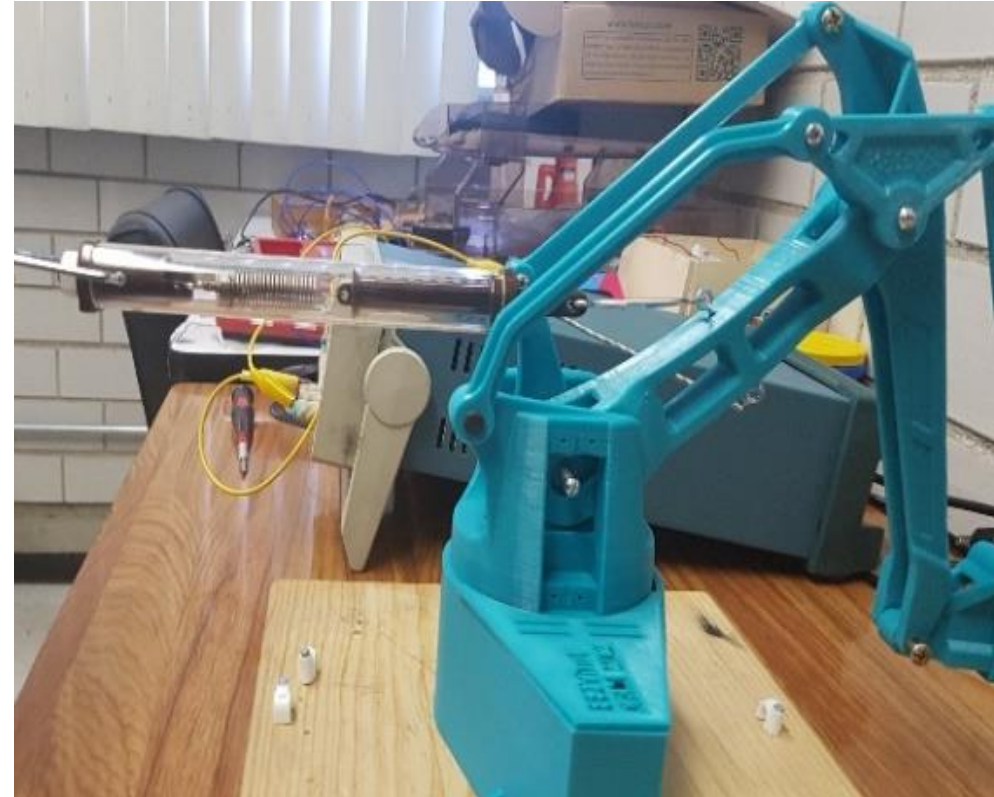
Se utilizó una pistola de calor, la cual proporciona una temperatura de 300°C , se colocó el músculo en suspensión soportando una carga de 2.669 N . Posteriormente se utilizó la pistola aproximando la boquilla en el músculo. Esto dio como resultado una contracción por parte del músculo artificial de nylon aproximadamente de 0.02m levantando la carga de 2.669 N en un tiempo de 2 a 3 segundos.



Contracción del músculo de nylon

Evaluación de la fuerza requerida para mover el eslabón del manipulador.

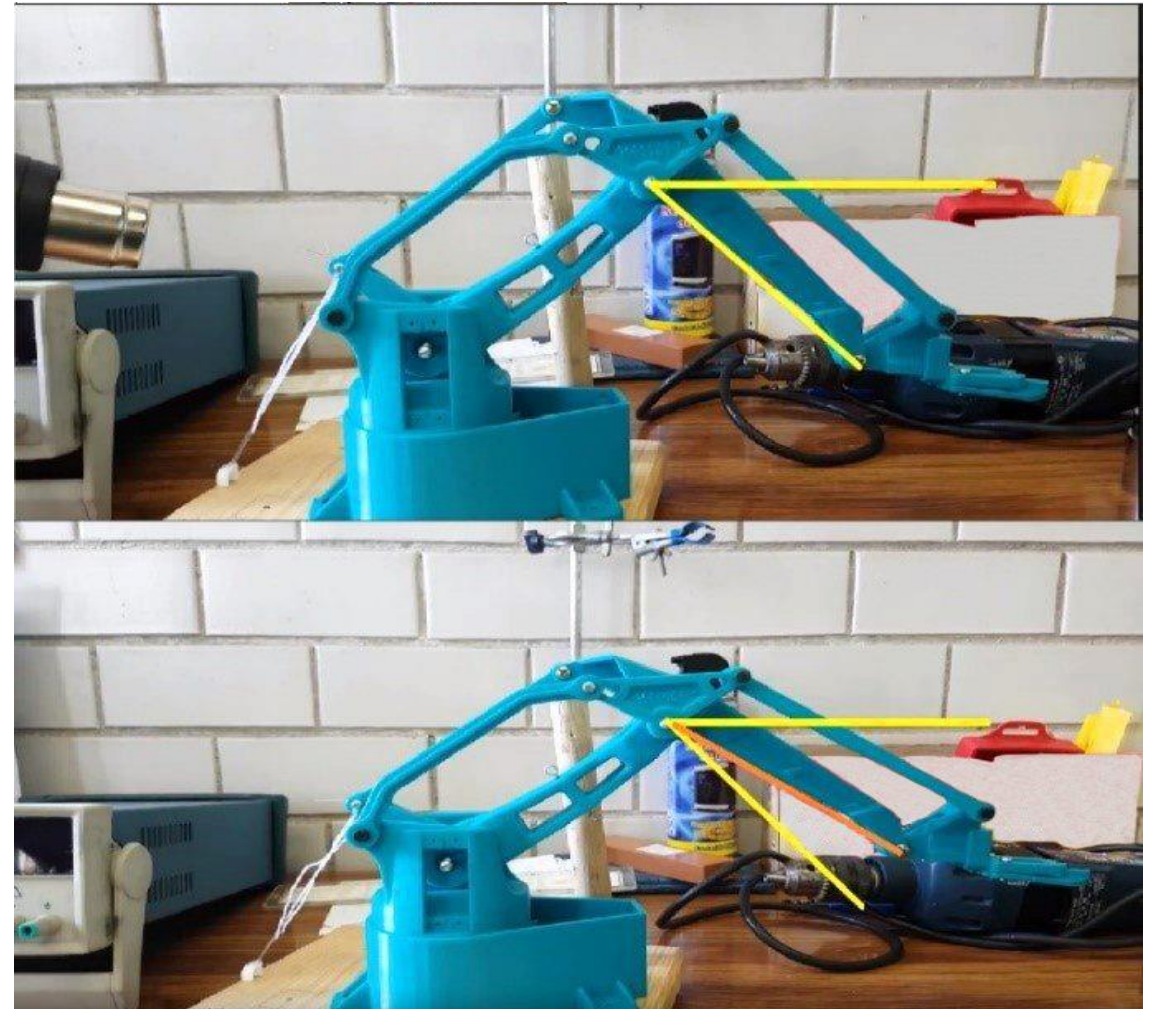
Se procedió a evaluar la magnitud de la fuerza necesaria para poder mover la articulación del manipulador serial por medio de un dinamómetro de 1kg*f ó 10 N, En esta prueba se obtuvo una fuerza necesaria de aproximadamente 250 gr*f. para poder desplazar la articulación del brazo del manipulador.



Prueba de fuerza en articulación con dinamómetro

Implementación de un manipulador serial.

La implementación del músculo a una articulación de un manipulador serial, se pudo observar el movimiento que se obtuvo de este al momento de suministrar calor al músculo, obteniendo un desplazamiento angular de aproximadamente 10° por 2 cm de contracción del músculo de Nylon.



Actuación del músculo dentro de articulación de un manipulador serial

Resultados

Las pruebas mecánicas realizadas al músculo artificial de nylon mostraron los parámetros mecánicos de los cuales están constituidos, se logró observar y medir el comportamiento del músculo de nylon al estar sometido a cargas y al control de la contracción del músculo por medio del calor suministrado, teniendo una respuesta entre 2 y 3 segundos, contrayéndose a 2 cm y soportando cargas aproximadas a los 9.89 N. Se obtuvieron resultados interesantes con respecto a la actuación en los manipuladores, sin embargo, el músculo artificial de nylon al ser sometido a diez pruebas, se vio una deformación a causa del contacto directo de la temperatura de la pistola de calor, esto causaba una pérdida en la tensión del músculo y por ende la contracción del músculo disminuye

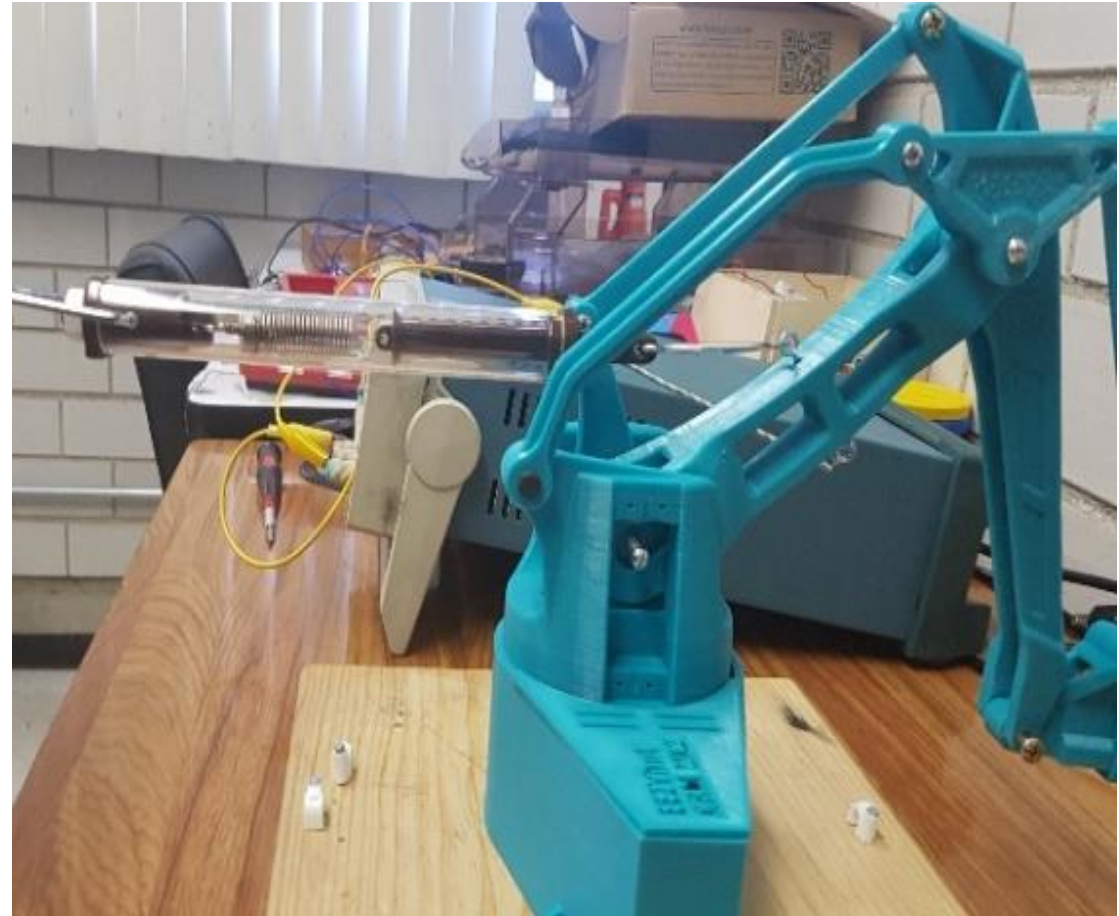


Actuación del músculo dentro de articulación de un manipulador serial

Conclusiones

El estudio y la aplicación de este tipo de elementos blandos permiten el desarrollo de sistemas discretos y capaces de trabajar bajo diferentes tipos de estímulos dependiendo del entorno.

Una característica importante de los músculos de nylon es su increíble capacidad de contraer cargas que son superiores al mismo peso del músculo, Por lo tanto, el material es sumamente atractivo para la aplicación de la robótica blanda y materiales inteligentes.



Prueba de fuerza en articulación con dinamómetro.

Referencias

- Acome, E., S. K. Mitchell, T. G. Morrissey, M. B. Emmett, C. Benjamin, M. King, M. Radakovitz and C. Keplinger (2018). "Hydraulically amplified self-healing electrostatic actuators with muscle-like performance." Science **359**(6371): 61-65.
- Bauer, S. (2014). Dielectric Elastomers. Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials. S. Kobayashi and K. Müllen. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg: 1-9.
- Campbell, S. (2018). "The Robotics Revolution Will Be Soft: Soft Robotics Proliferate-Along with Their Sources of Inspiration." IEEE Pulse **9**(3): 19-24.
- Coyle, S., C. Majidi, P. LeDuc and K. J. Hsia (2018). "Bio-inspired soft robotics: Material selection, actuation, and design." Extreme Mechanics Letters **22**: 51-59.
- Gonzalez-Jimenez, A. R. (2015). Elastómeros dieléctricos para su uso como actuadores o músculos artificiales. Plásticos Modernos. **Vol. 109.**: 14-17.
- Haines, C. S. (2015). Artificial muscles from fishing line and sewing thread, ProQuest LLC.
- Kim, J.-H., W. Yang, J. Jo, P. Sincak and H. Myung (2015). Robot Intelligence Technology and Applications 3. Results from the 3rd International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications. Cham, sl: Springer International Publishing (Advances in Intelligent Systems and Computing, 345). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16841-8>. II, Springer.
- Miriyev, A., K. Stack and H. Lipson (2017). "Soft material for soft actuators." Nature Communications **8**(1): 596.
- Mirvakili, S. M. and I. W. Hunter (2016). Bending artificial muscle from nylon filaments. Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2016, March 21, 2016 - March 24, 2016, Las Vegas, NV, United states, SPIE.
- Mirvakili, S. M., A. R. Ravandi, I. W. Hunter, C. S. Haines, N. Li, J. Foroughi, S. Naficy, G. M. Spinks, R. H. Baughman and J. D. W. Madden (2014). Simple and strong: Twisted silver painted nylon artificial muscle actuated by Joule heating. Electroactive Polymer Actuators and Devices, EAPAD 2014, March 10, 2014 - March 13, 2014, San Diego, CA, United states, SPIE.
- Paik, J. (2015). Soft Robotics: Transferring Theory to Application, "Soft Components for Soft Robots", Springer.
- Petralia, M. T. and R. J. Wood (2010). Fabrication and analysis of dielectric-elastomer minimum-energy structures for highly-deformable soft robotic systems. 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- Semochkin, A. N. (2016). A device for producing artificial muscles from nylon fishing line with a heater wire. 2016 IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM).
- Wu, L., M. J. d. Andrade, R. S. Rome, C. Haines, M. D. Lima, R. H. Baughman and Y. Tadesse (2015). Nylon-muscle-actuated robotic finger. SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, SPIE.
- Yin, H., J. Zhou, J. Li and V. S. Joseph (2018). "Fabrication and Properties of Composite Artificial Muscles Based on Nylon and a Shape Memory Alloy." Journal of Materials Engineering and Performance **27**(7): 3581-3589.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)