



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



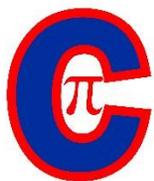
ISSN en línea: En trámite

4ª. Edición, 2021-1 (junio)



Depto Ciencias Básicas

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO
FUERZA AÉREA COLOMBIANA



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*



HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI

ISSN en línea: En trámite

©Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel
Suárez” (EMAVI)
©EMAVI Sello Editorial
© Varios autores

Dirección
CR. Oscar Mauricio Gómez Muñoz

Subdirección
CR. Jorge Andrés Henao Bohórquez

Comando Grupo Académico
TC. Yadira Cárdenas Posso

Jefatura Sección Investigación
TE. Andrea Carolina Gómez Ruge

Sección Investigación

Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali–Colombia
Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas
Jennifer J. García Saldarriaga

© Organizadores

Sandra Milena Ramos Arteaga, Dalila Victoria
Rincón y Alberto Vélez Rodríguez
Orientadores de Defensa - Departamento de
Ciencias Básicas - Grupo Académico - Escuela
Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

4ª. Edición, 2021-1 (junio)

PDF Digital
Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2021.

Publicado en Colombia–Published in Colombia

Contenido relacionado

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Idioma Español e inglés

Palabras clave Celdas solares, neurociencias computacionales, inteligencia artificial, tecnología, CUBESAT.

Categoría/ Temática Ciencias Básicas, Memorias, Conferencias.

Detalle de la publicación

“Hablando de Ciencia en EMAVI” se ha concebido como un espacio de divulgación en temas científicos y de interés general, orientado a los cadetes de la EMAVI para que contribuya con el logro de la misión institucional dejando huella en la comunidad académica del alma mater de la oficialidad de la Fuerza Aérea Colombiana. Para tal efecto se invitan ponentes, generalmente docentes con trayectoria en universidades de prestigio, que han dedicado buena parte de su vida a la formación educativa desde la enseñanza y/o la investigación para que compartan experiencias con los docentes, cadetes y en general con la comunidad académica de EMAVI.

Las memorias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” constituye un documento que deja grabado este esfuerzo para la posteridad.

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	5
Agradecimientos	8
Celdas solares de última generación: investigación, industria e impacto social	9
Neurociencias computacionales e inteligencia artificial - convergencias e intersecciones	24
Generalidades de tecnología CUBESAT	56

INTRODUCCIÓN

El ciclo de conferencias “Hablando de Ciencia en EMAVI” se desarrolló entre el 25 de febrero y el 22 de abril de 2021. Contó con la presencia de invitados nacionales e internacionales quienes compartieron sus experiencias en temas tales como energías limpias, neurociencias y tecnología cubesat. Se destaca el evidente interés de los conferencistas por seducir a los Alféreces y Cadetes desde sus áreas de conocimiento incluyendo el ofrecimiento a trabajar en proyectos de grado que se ajusten a temas de sus dominios.

La conferencia **“CELDAS SOLARES DE ÚLTIMA GENERACIÓN: INVESTIGACIÓN, INDUSTRIA E IMPACTO SOCIAL”**, a cargo del Doctor **JOSÉ DARIO PEREA OSPINA**, se llevó a cabo con un total de 386 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes, docentes EMAVI y docentes externos, Oficiales y Suboficiales EMAVI y el señor Mayor Andrés Alejandro Moreno Cancimanci, inspector del Comando General de las Fuerzas Militares como un invitado de honor. La conferencia presentada por la señora Mayor GINA PAOLA GARZÓN MENDEZ, Coordinador Educativo Ciencias Básicas (E) - Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” es una divulgación científica en la que trata tres temas interconectados en el campo de las celdas y paneles solares de última generación – orgánicos y perovskitas. La automatización basada en aprendizaje de máquina (MACHINE LEARNING en inglés), robótica, y modelo teórico, para la optimización de la eficiencia y la estabilidad en celdas solares orgánicas de múltiples componentes. El sistema industrial de ventanas solares orgánicas que se ha venido adelantando, inicialmente con una aproximación al foco de energía de la misión de Sabios

y busca de inversionistas. Los problemas de reproducibilidad que hace parte del modelo de investigación y la razón por la que es viable para Colombia como futuro centro creación de ventanas y sistemas de energía solar de última generación. Finalmente, la democratización de la energía solar y el espacio exterior de estas celdas solares, con niños de Cali (Sena y otras instituciones), Caicedonia, Oiba-Santander, comunidad Ishipa – Wayuu, myrobotech en Tuluá, concursando y ganando para testear celdas de última generación en la estratosfera y la termosfera.

La conferencia "**NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL-Convergencias e Intersecciones**" a cargo del PhD. **DAVID FERNANDO RAMÍREZ MORENO**, se llevó a cabo con un total de 292 asistentes entre Alféreces, Cadetes, docentes EMAVI y externos, oficiales y suboficiales de EMAVI. La conferencia presentada por el señor Capitán JUAN CARLOS ZAMORA CRESPO, director del Programa de Ingeniería Mecánica, PIMEC - Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" señala que el sistema nervioso, en los animales más complejos, produce representaciones internas del entorno tanto físico como social, que son procesadas con el propósito de supervivencia, reproducción, entrelazamiento social, exploración y búsqueda, creación artística, etc. En tal sentido y con una visión simplificada se dijo que la función del sistema nervioso produce soluciones a problemas que el entorno presenta al sujeto en sus interacciones con otros o con el ambiente en el que se encuentra. Además, que desde el trabajo fundacional del neurólogo español Ramón y Cajal, hasta los logros de múltiples equipos de trabajo en el mundo contemporáneo, el progreso ha sido incesante y cada vez más acelerado en el estudio

de la estructura, dinámica y funcionalidad del sistema nervioso. Finalmente, se mencionó que la vertiente conexionista de la Inteligencia Artificial se ha apoyado en tales hallazgos evidenciando logros sorprendentes que marcarán de manera decisiva, crucial y desafiante, la historia por escribir en este siglo.

La conferencia "**GENERALIDADES DE TECNOLOGÍA CUBESAT** " a cargo del MSC. **JORGE ALBERTO CORREA GARCÍA**, se llevó a cabo con un total de 193 asistentes incluidos Alféreces y Cadetes, docentes EMAVI y oficiales EMAVI.

La conferencia presentada por la señora teniente **MAGDA YOULIETH ECHEVERRÍA DÍAZ**, Coordinador Educativo Ciencias Básicas- Grupo Académico-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” constituye una introducción al tema de los satélites pequeños tipo CUBESAT: sus orígenes, componentes y algunas de sus principales aplicaciones. Así mismo se mostró, a nivel de Latinoamérica, los desarrollos alcanzados en dicha tecnología mostrando en particular el caso especial de CUBESAT, el satélite FACSAT-1 de la Fuerza Aérea Colombiana.

El Grupo Académico bajo la dirección de la señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO, el departamento de Ciencias Básicas con la coordinación de la señora teniente MAGDA YOULIETH ECHEVERRÍA DÍAZ, los profesores DALILA VICTORIA RINCÓN, SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA Y ALBERTO VÉLEZ RODRÍGUEZ se enorgullecen en presentar las memorias del ciclo de conferencias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI”-2021.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a la Sección Recursos educativos por el diseño y elaboración oportuna de los afiches de divulgación y las notas de estilo.

Agradecimiento a los conferencistas, quienes participaron con mucho entusiasmo en la preparación de las conferencias y durante sus exposiciones, además elaborando resúmenes extendidos que nutren las presentes memorias.

Señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO, comandante-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, gracias por su apoyo.

Señora teniente MAGDA YOULIETH ECHAVERRÍA DÍAZ, Coordinador Educativo Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, gracias.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS

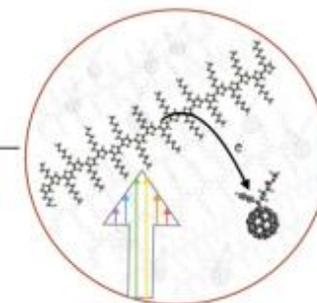
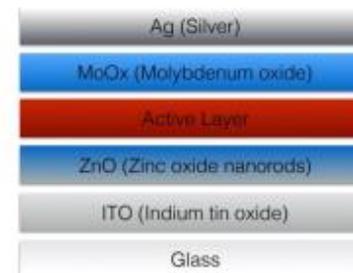


Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Solar cells at NASA's Columbia Scientific Balloon Facility in Ft. Sumner, New Mexico in August 2019, Cubes in Space Program. Photo Credit. Cubes in SpaceTM

José Darío Perea Ospina et al. Chapter Book, Encyclopedia of Physical Organic Chemistry, First Edition. Edited by Zerong Wang. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-1-118-47045-9. 2017



Conferencia:

"CELDAS SOLARES DE ÚLTIMA GENERACIÓN: INVESTIGACIÓN, INDUSTRIA E IMPACTO SOCIAL"

Conferencista:

Doctor JOSÉ DARIO PEREA OSPINA
University of Toronto, Canada

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/27XEN3IXSTVP>

25 **JUEVES**
febrero | **10:00**
2021 | **A.M.**

**“CELDAS SOLARES DE ÚLTIMA GENERACIÓN: INVESTIGACIÓN, INDUSTRIA E
IMPACTO SOCIAL”**



Doctor José Darío Perea Ospina

University of Toronto, Canadá

José Darío Perea Ospina es un convencido de que la persistencia es la clave para surgir en cualquier campo. Investigador postdoctoral de la Universidad de Toronto,

Doctor en Ciencia de Materiales de la FAU (Alemania), Físico y Magíster en Física de la Universidad del Valle. Vinculado a universidades y grupos de investigación de alto prestigio y reconocimiento mundial como Harvard y MIT, con colaboraciones científicas de impacto social con la CiS-NASA. Tiene claro que la ciencia es una herramienta de transformación social. Invitado a conferencias en eventos científicos reconocidos con énfasis empresarial en Singularity.U y de carácter de innovación social en TEDx por citar algunas. Actualmente enfocado en la investigación de materiales para energías

renovables, músico y emprendedor social, fundador de SunMer Solutions S.A.S y el colectivo de voluntariado Proyecto VIVE.

CELDA SOLARES DE ÚLTIMA GENERACIÓN: INVESTIGACIÓN, INDUSTRIA E IMPACTO SOCIAL

**Dr. José Darío Perea Ospina - University of Toronto, Canadá. INFIVALLE,
Colombia**

RESUMEN

En este documento se correlacionan la investigación, la industria y la innovación social de las celdas solares de última generación. Se revisan algunos resultados producto de investigaciones recientes en lo referente a energía solar, se trata el manejo de este tema para la creación de la industria y la interrelación entre ellos para el mejoramiento de la calidad de vida con énfasis en la innovación social.

Los tres temas interconectan el campo de las celdas y paneles solares de última generación- orgánicos y perovskitas en varios frentes: en primera instancia, la automatización basada en aprendizaje de máquinas (machine learning en inglés), robótica y modelamiento teórico, para la optimización de la eficiencia y la estabilidad en celdas solares orgánicas de múltiples componentes. Conocido como principio de inteligencia artificial para el descubrimiento de nuevos materiales y laboratorios autosostenidos. En segundo lugar, el sistema industrial de ventanas solares orgánicas que se adelantan desde la misión de sabios y que actualmente se halla en la búsqueda de inversionistas en el país, para realizar una transferencia tecnológica real. Los problemas de reproducibilidad hacen parte del modelo de investigación. Todo esto puede ser excluido tendientes a convertir a Colombia como futuro centro de fabricación de ventanas y sistemas de energía solar de última generación. Por último, los adelantos del proyecto de democratización de la energía solar y el espacio exterior de estas celdas

solares, con niños de Cali (Sena y otras instituciones), Caicedonia, Oiba Santander, comunidad Ishipa (Wayuu), MyRobotech en Tuluá, y ahora Etnociencias de la Gobernación del Valle testeando celdas solares de última generación en la estratosfera y la termosfera con cubes in Space - NASA y la agencia espacial de Canadá.

Palabras clave: Celdas solares, perovskitas, energía solar, aprendizaje de máquinas, laboratorios autosostenidos, democratización de la energía solar.

INVESTIGACIÓN.

En el grupo de investigación de la Universidad de Toronto en Canadá actualmente se trabaja en temas tales como computación cuántica, energía y materiales funcionales, así como inteligencia artificial para el descubrimiento de laboratorios auto sostenidos, estructura electrónica, biofísica y computadores moleculares.

En este caso particular se trabaja en selección de materiales para dispositivos optoelectrónicos y a partir de modelos teóricos se escogerán los materiales donadores y aceptadores (materiales que donan y otros que electrones respectivamente). En la figura 1 se muestran los fullerenos con color rojo haciendo referencia a los materiales aceptadores y los polímeros con color azul como los materiales donadores, que presentan una serie de grupos funcionales llamados monómeros y que se ubican contiguos entre sí. Los dos tipos de materiales son de base de carbono.

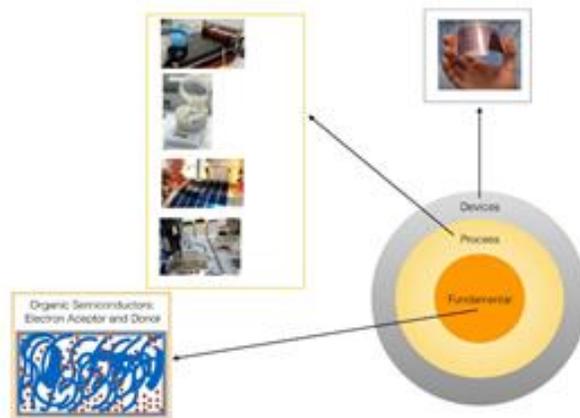


Figura 1. Celdas solares en contexto, fundamentos, procesos y dispositivos (Perea, 2019)

Una vez se hace la selección de los materiales mediante aproximaciones teóricas, se establecen los métodos para la creación de sistemas fotovoltaicos y posteriormente se realiza el diseño sobre la base del nivel de atracción, eficiencia y estabilidad del producto.

En síntesis, una celda solar está compuesta por vidrio, una película de ITO (óxido de indio) y estaño creado en el laboratorio, seguida de una película de ZnO (óxido de Zinc), posteriormente una capa activa donde ocurre la creación y transferencia electrónica, donde se encuentran los polímeros y los fulerenos. La luz ingresa como se indica en la figura 2 y el donador le entrega los electrones al fullereno. Las capas se cierran con MoOx (óxido de Molibdeno), donde se encuentra el potencial de trabajo que induce a los electrones hacia el metal. En el caso de la figura 2 el metal es Plata (Ag).

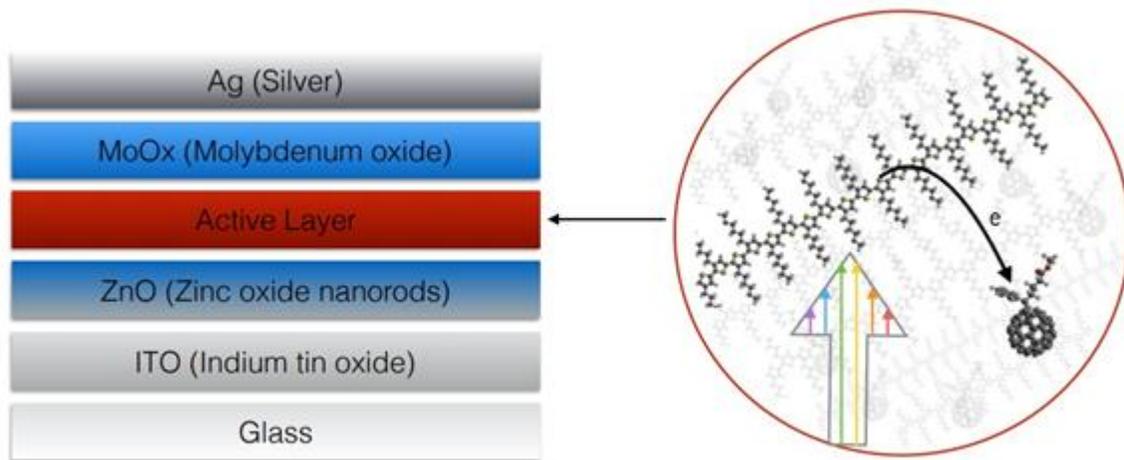


Figura 2. Capa activa (Perea Ospina, 2019) (Perea, 2019)

El estudio de la capa activa permite determinar, como se observa en la figura 3, algunos de los colores que se podrían implementar en una ventana solar como resultado de diversas combinaciones podrían ser en el futuro: Sistemas unitarios, combinación de un polímero y dos fulerenos o moléculas pequeñas entre otros (Du, y otros, 2017).

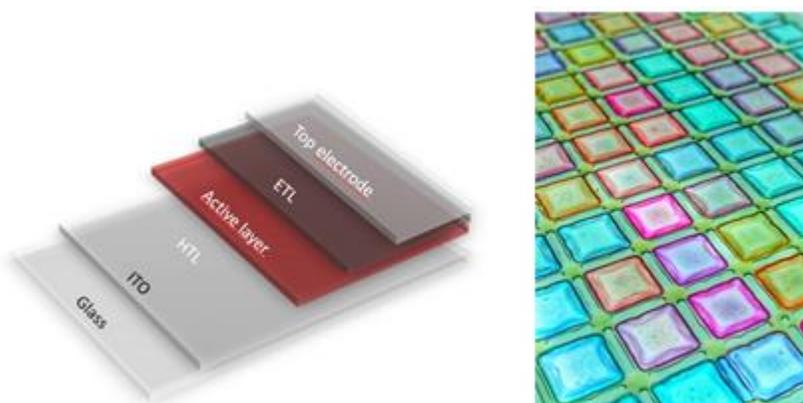


Figura 3. Estructura de las celdas solares orgánicas - Capa activa (Langner, y otros, 2020)

Se pretende que los colores no se deterioren bien sea porque se opaquen o decoloren, para lo cual se utiliza un robot con capacidad para manejar muestras muy pequeñas y que a la vez incremente el grado de reproducibilidad al 97% comparado con el grado de reproducibilidad del 30% aproximado en el caso en que dicho trabajo fuese llevado a cabo manualmente. El tipo de robot empleado para llevar a cabo dicha labor se aprecia en la figura 4.

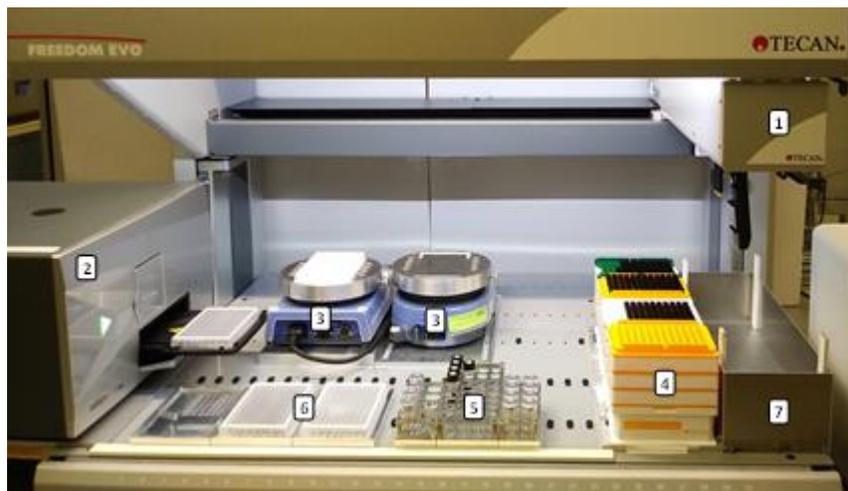


Figura 4. Fotografía del robot utilizado (Langner, y otros, 2020)

El sistema empleado consta de un brazo robótico, cuatro puntas de pipeteado, un espectrómetro que mide absorción y fotoluminiscencia, dos sistemas de deposición, diferentes pipetas, un conjunto de soluciones o materiales, microplacas de 96 pocillos donde se colocan las muestras y un contenedor de residuos.

Otro aspecto importante es el estudio de los materiales podrían ser llevados a cabo, fundamentalmente materiales orgánicos tendientes a generar combinaciones que den lugar al mejoramiento de la estructura de energía solar o alternativa. Los materiales propuestos como donadores y aceptadores se indican en la figura 5.

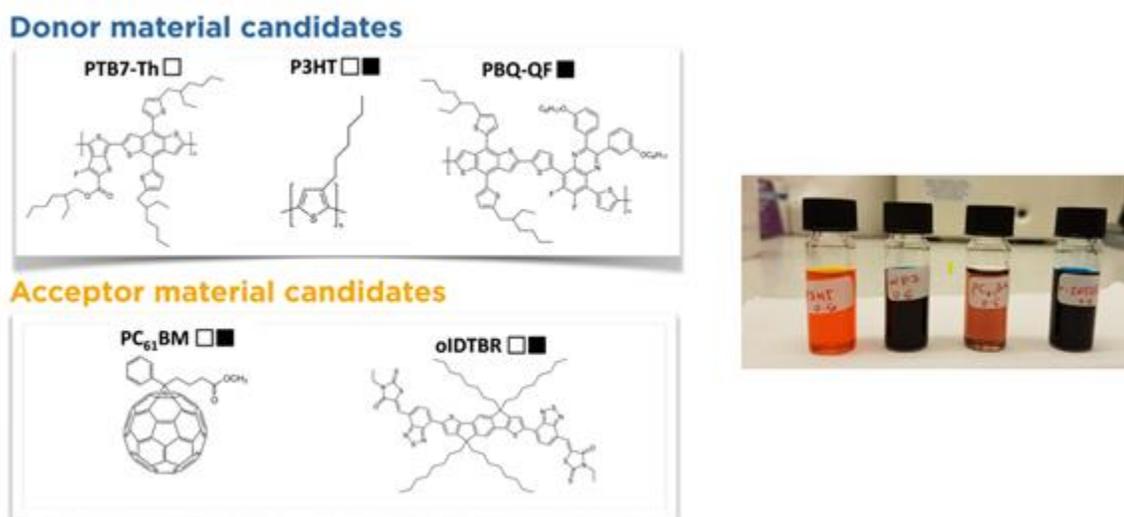


Figura N. 5 *Materiales donadores y receptores propuestos* (Langner, y otros, 2020)

Se realizaron dos tipos de combinaciones, indicadas en la figura 6. Para cada una de las cuales se realizaron combinaciones unitarias, binarias, ternarias y cuaternarias en diferentes concentraciones. Se llevaron a cabo medidas de absorbancia y análisis de temperatura con objeto de generar un sistema estable. Posteriormente se le hizo un proceso de envejecimiento de 18h de exposición de simulación de un Sol en laboratorio de la Friedrich Alexander Universität, Alemania y finalmente se realizó nuevamente absorbancia para verificar que tanto se decoloraba el material.

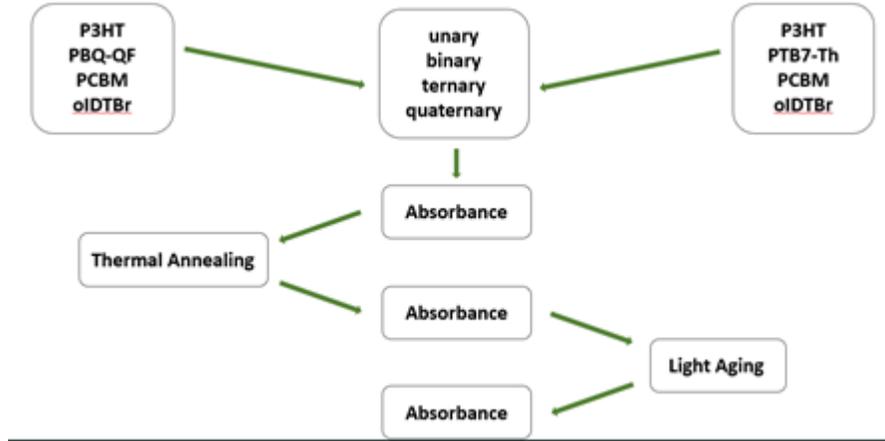


Figura 6. Esquema de las combinaciones de materiales usados (Langner, y otros, 2020)

Con el empleo de inteligencia artificial se logró la foto estabilidad del sistema como se pone de relieve en la figura 7. Lo anterior significa que el sistema no se va a decolorar una vez sea expuesto al sol sin perder sus propiedades ópticas ni absorbancia.

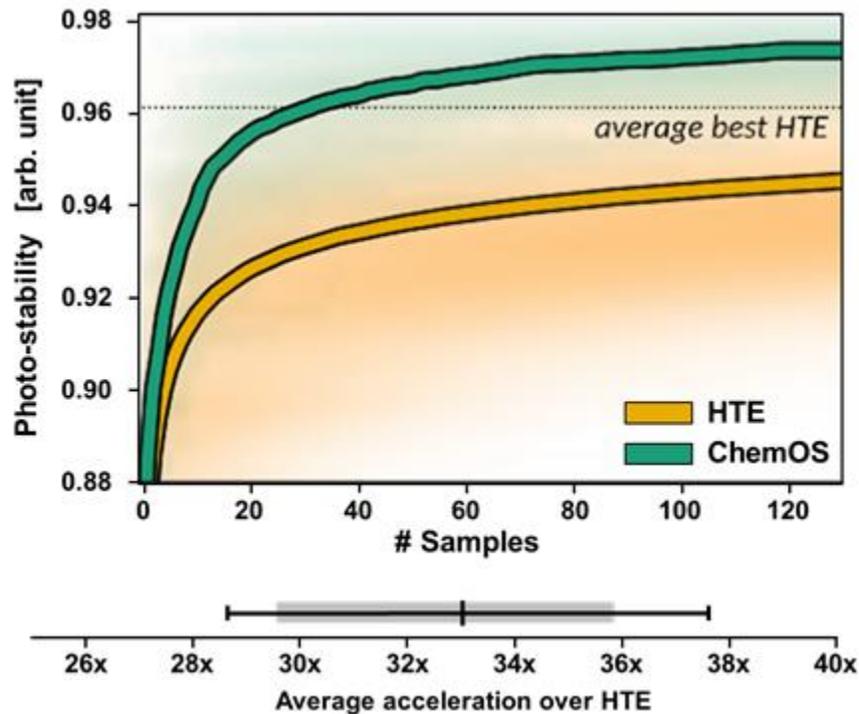


Figura 7. Resultados de foto estabilidad encontrados (Langner, y otros, 2020)

INDUSTRIA.

Se pretende que en Colombia exista la posibilidad de hacer modelos fotovoltaicos a escalas industriales. La misión de sabios en 2019 lanzó una propuesta tendiente a la generación de paneles solares en Colombia a fin de que este se convierta en un país pionero en la realización de paneles.

Una de las propiedades interesantes al utilizar este tipo de materiales es que en el estudio realizado se observó que con paneles de distintos colores las plantas no presentaban problemas asociados a su crecimiento. Sin embargo, en presencia de vidrios de tonalidades azules u oscuros, algunas plantas podrían presentar dificultades a fin de realizar su fotosíntesis. En la figura 8 se propone la construcción de una casa solar fuera de la red en cuyo caso, la radiación propia del sistema de este tipo ubicado en el campo no afectará el crecimiento de las plantas. Además, se hizo uso de la inteligencia artificial para el control de la humedad y el riego automático.



Figura 8. *Modelo de invernadero con un panel solar orgánico propuesto*

Entre las ventajas del sistema pueden mencionarse: la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental debido a su reducida huella de carbono, además son livianas y por tanto de fácil transporte, modularidad (formas y colores), producción sencilla, eficiencia y durabilidad.

Es posible avizorar una industria regionalmente líder en la producción de energía limpia a través de la implementación de paneles solares orgánicos dada la condición de riqueza que exhibe Colombia como país rico en materiales orgánicos -tipo polímeros- derivados del petróleo. La participación en congresos internacionales relacionados con el aprovechamiento de la energía solar ha permitido la interacción con diferentes expertos y es allí donde han surgido ideas que culminen en la proposición de proyectos tales como el que se está desarrollando.

INNOVACIÓN SOCIAL

En lo referente a innovación social se vienen fortaleciendo clubes de ciencia, entre los cuales se destaca uno para niños en la ciudad de Cali, en el cual se llevó a cabo el ensamblaje de un diseño llevado a cabo en Alemania en la FAU, un spin coater, aparato similar a un triturador de verduras, pero sin cuchilla, que gira y permite dispersar homogéneamente los materiales sobre una superficie. En el mercado este dispositivo puede costar alrededor de 4.000 euros, sin embargo, el grupo de investigación creó uno de forma artesanal con materiales como un pequeño motor, un sistema de control Arduino, entre otros elementos, que costaron apenas unos 50 dólares y cumple el mismo fin para aportarle soluciones innovadoras a los retos de las energías alternativas y más limpias.

En la figura 9 se puede observar una actividad de los clubes de ciencia con niños de la ciudad de Cali.



Figura 9. *Haciendo Ciencia con niños en Cali*

De otra parte, los resultados de este grupo de investigación fueron conocidos por la Fundación STELLAM de Barranquilla gracias a la ingeniera Diana Carolina Gasca, quien participa en el programa Cubes in Space en colaboración con la NASA.

Simultáneamente y gracias a la intervención de la fundación STELLAM se gestionaron todos los trámites para que estas celdas fueran enviadas al espacio en un globo aerostático a partir de las instalaciones de la NASA en Fort Sumner Nuevo México (Estados Unidos). De las 30 laminillas creadas, sólo cuatro fueron al espacio, ya que al finalizar los talleres de clubes de ciencia Colombia, la mayoría de los estudiantes se las llevaron a casa y algunas semanas después quienes las dejaron en el laboratorio, se enteraron gratamente, que sus trabajos se lanzarían fuera de la tierra gracias a cubes in Space - NASA.

Bibliografía

- Amaro, J. E. (21 de 3 de 2006). *universidad de granada*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema1/node15.html>
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine, 1*.
- Bart, J., & Rutten, J. (1997). A tutorial on (Co)algebras and (Co)induction. *EATCS bulletin*, 222-259.
- Boden, M. A. (1994). *Filosofía de la inteligencia artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Bradford, J., Williams, C., & DelPozzo, S. (2020). *Nano-Microsatellite Market Forecast*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://a3space.org/wp-content/uploads/2020/02/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-2020.pdf>
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. Mexico D. F., Mexico: Paidós.
- Bruner, J. (1997). *La educación: puerta de la cultura*. Madrid, España: Visor.
- Buduma, N., & N., N. L. (2017). *Fundamentals of Deep Learning*. O'Reilly Media.
- Cid Manzano, R., & Cid Vidal, X. (2010). *Acercándonos al LHC*. Obtenido de https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.standard_model/idioma/es_ES
- Comisión Colombiana del Océano. (8 de 02 de 2015). *CCO - Programa Antártico Colombiano*. Obtenido de <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>
- Correa, J. (2016). *Propuesta de sensor remoto para un satélite pequeño (CubeSat) de observación de la tierra desarrollado por la Escuela Militar de Aviación de la Fuerza Aérea Colombiana*.
- CubeSat Design Specifications*. (1999). Obtenido de https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf
- Cubesat Requirements and Constraints [en línea]*. (25 de 05 de 2021). Obtenido de <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>
- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space*. (2015). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.isispace.nl/cubesats/>
- Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu*. (25 de 05 de 2021). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.nanosats.eu/>
- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing*. New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (01 de 02 de 2020). *FAC*. Obtenido de Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (05 de 03 de 2020). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen, J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si-/C-PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Project "PRISM"*. *Researchgate*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM
- Esionwus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions. Academia.edu*. Recuperado el 08 de 05 de 2021, de https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf

- Felipe, A. (26 de Febrero de 2017). *Historia-Biografia.com*. Obtenido de <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crito,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Fisica cuantica en la red*. (08 de 2014). Obtenido de <http://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory*. Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News*. (19 de junio de 2011). Obtenido de <https://francisthemulenews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximacion*. Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologias Inteligencia artificial, robotica y sistemas auotnomos. (2018). *Declaracion sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos"*. Luxemburgo: Comision Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Cymbolix*.
- Gunter's Space Page*. (s.f.). Obtenido de http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm
- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience*. Oxford University Press.
- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones. Doctorado thesis, Universidad Nacional*. Manizales, Colombia.
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (05 de 2015). Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (28 de 06 de 2017). Obtenido de <http://fenomenoselectricosoyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atómico-de-thomson.html>.
- Kandel , E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat*. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y un idad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning. Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Martinez, F. (s.f.). *La tribología: Ciencia y tecnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative*. (2021). Recuperado el 18 de 05 de 2021, de http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.

- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4ta ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (16 de julio de 2019). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry*. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9.).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods*. *Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Baviera, Alemania.
- Ramírez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulación de circuitos sinápticos sensoriomotores. Introducción a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Remote sensors Earthdata*. *Earthdata.nasa.gov*. (2021). Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: MxGraw Hill.
- Rincón , S., Cárdenas , L., & Tulcán , C. (2020). *Informe de comisión proyecto final* . Santiago de Cali: CITAE .
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>
- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (s.f.). *Learning Representation by Back- Propagating Errors* (Vol. 323). *Nature*.
- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions*. (2021). Recuperado el 06 de 05 de 2021, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (26 de 05 de 2020). *FAC*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>
- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Obtenido de *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council*. (2021). Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art*. (2015). Recuperado el 15 de 05 de 2021, de NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Speretta, S., Perez, S., T. , B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketqubes: Opportunities and Challenges*. In *Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de [IAC-16-B4.7.5_A]IAF: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de *Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit*: <http://www.CubeSatkit.com/>
- Structural Subsystem*. (s.f.). Obtenido de http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf

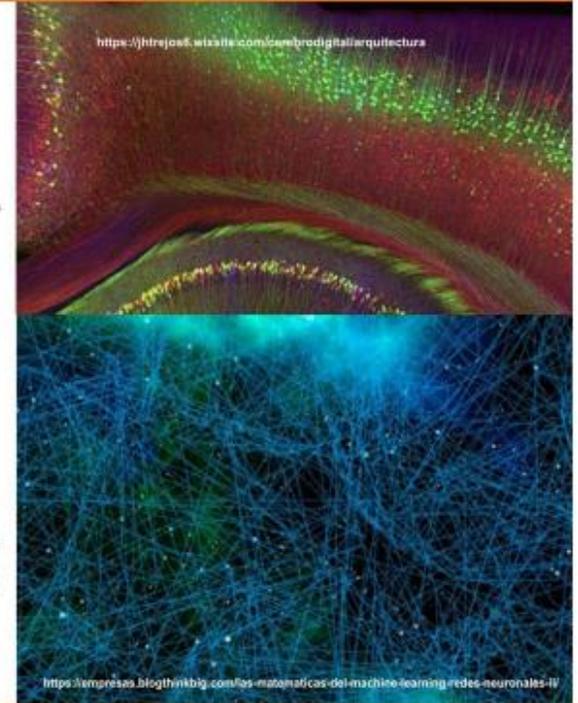
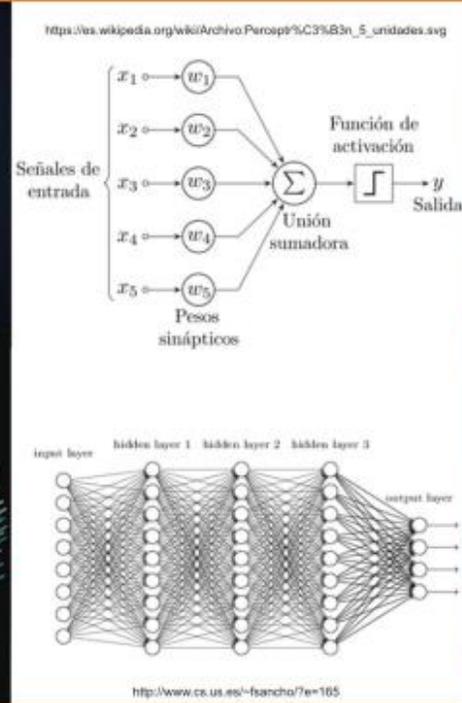
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers*. Recuperado el 07 de 05 de 2021, de http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf
- Swartwout, M. (2021). *CubseSats Database*. Saint Luis University. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. *Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos . Contribuciones a una teoría general de la artificialidad* . Buenos Aires: Aike Editoriales.
- Thome, K. (2003). Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. *Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula* . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappenberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification of Design Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>
- Tulcan, T. (2020). Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. *Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales* , Enero - Marzo 2020 .
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (7 de 7 de 2017). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Obtenido de <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.
- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Diseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). Microstructure and wear of materials Tribology series. (E. S. B.V., Ed.) 10.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
 ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
 GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia: **NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
Convergencias e Intersecciones

Conferencista:

PhD. David Fernando Ramírez Moreno
 Universidad Autónoma de Occidente Cali, Colombia

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/211HVSC2DSL>

25 **JUEVES**
marzo | **10:00**
2021 | **A.M.**

**“NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL-
Convergencias e Intersecciones”**



Doctor David Fernando Ramírez Moreno

Universidad Autónoma de Occidente Cali, Colombia

David Fernando Ramírez Moreno es Físico de Universitatea din Craiova-Romania, MSC en Física de Universidad del Valle-Colombia, PhD en Ciencias Biomédicas de Universidad del Valle-Colombia. Vinculado a la universidad Autónoma de Occidente por más de 37 años, fue profesor de la PUJ por 12 años hasta 1998. Tiene más de 15 artículos publicados en revistas especializadas internacionales del primer cuartil entre los que se pueden mencionar Heart rate variability dynamics for the prognosis of cardiovascular risk, una revisión de modelos de atención visual Bottom-up neurobiológicamente inspirados, nonlinear dynamics of an oscillatory neural network acting as a motor central pattern generator, modelamiento y simulación de circuitos sinápticos sensorio motores: Introducción a la Neurobiología Computacional, desarrollo de la atención visual en escenas naturales: un modelo bottom-up basado en mapa de prominencia con dinámica realista entre otros.

**“NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL-
Convergencias e Intersecciones”**

Prof. David Fernando Ramírez Moreno, PhD

1. NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES

Las *Neurociencias* abarcan un espectro amplio de disciplinas de las ciencias naturales que tienen como objeto la descripción y estudio de la estructura, dinámica, y funcionalidad del tejido nervioso o de las células nerviosas, en los seres vivos donde se encuentran. En los seres vivos más complejos, tales como los vertebrados, este espectro comprende la neurobiología, la neuroanatomía funcional, la neurofisiología, la biofísica, la bioquímica, la biología molecular, la genética, la biología evolutiva, entre otras. En los primates o simios hominoideos, como el *Homo Sapiens*, las neurociencias se nutren también en la psicología, la psicología evolutiva, la psicología cognitiva, y la antropología.

El término compuesto *neurociencias computacionales* fue presentado por primera vez en 1985 en una conferencia en Carmel, California, por Eric L. Schwartz. Los modelos matemáticos y las simulaciones computacionales se suman a aplicaciones desde la ingeniería eléctrica y la ingeniería computacional para fortalecer el conjunto de herramientas teóricas y empíricas en la tarea de entender y explicar el sistema nervioso en los diferentes niveles de complejidad evolutiva en que se presenta en diferentes especies.

En adelante, la mención de sistema nervioso central (SNC) se referirá a la estructura que toma el tejido nervioso en Homo Sapiens y en otros mamíferos y vertebrados. Se asumirá la existencia de una unidad estructural compleja de procesamiento, el encéfalo, protegida por la estructura ósea craneal y de una unidad en prolongación o proyección, la médula espinal, protegida en el canal vertebral.

El SNC procesa la información que se recoge por sensores especializados, tanto del entorno físico y social externo, como de variables internas que dan cuenta del estado orgánico interno y las posiciones relativas entre los diferentes segmentos móviles articulados y de ellos respecto al entorno y al campo gravitacional (propiocepción). Las respuestas al procesamiento de las señales de interés conforman la conducta sensorio-motora y emocional, y guían el foco de atención de la actividad cognitiva en el aseguramiento de la supervivencia, la reproducción, y la inserción social del sujeto en su entorno.

Procesos cognitivos como el aprendizaje, la memoria, el olvido, la toma de decisiones, las representaciones perceptuales alternantes, la generalización y abstracción, y el reconocimiento de patrones, entre otros, han sido modelados con circuitos sinápticos o neurales simplificados respecto a los reales, haciendo uso de la teoría de sistemas no lineales y de las simulaciones computacionales que permiten el estudio e integración de su dinámica. Para realizar el modelamiento matemático de tales circuitos neurales se requiere de un modelo de respuesta de la neurona individual ante la aferencia y procesamiento de estímulos o señales provenientes de otras neuronas o de sensores. Este modelo se conoce como el

modelo de integración y disparo, (leak integrate - fire neuron, en la literatura en lengua inglesa) y se representa con la ecuación diferencial dada a continuación.

$$\frac{dz_i}{dt} = \frac{1}{\tau} \left(-z_i + g \left(\sum_j \omega_{ij} z_j - \theta_i \right) \right)$$

Aquí, z_i es la frecuencia media de disparo de la neurona i , que describe el estado de la neurona, w_{ij} es el peso de la conexión sináptica entre las neuronas j e i , o entre la neurona i y el sensor j , θ_i es el umbral de disparo de la neurona i y g su función de transferencia, que puede ser una función de crecimiento monótono como la función sigmoidea con valores límite de saturación o la función de campana gaussiana o de decrecimiento exponencial radial. El parámetro τ corresponde a un intervalo de tiempo de amortiguación y/o recuperación.

En este texto me abstendré de escribir las ecuaciones detalladas de los modelos matemáticos asociados a los diferentes circuitos sinápticos o neurales, y remitiré al lector interesado a las referencias (Wilson, 2004) y (Ramirez Moreno & Hurtado Lopez, 2014) para mayores detalles.

Proceso de Toma de Decisiones

En la expresión más simple de este proceso, el sujeto compara dos opciones o alternativas que han sido valoradas en al menos una variable, y por competencia directa entre estas opciones, decide por aquella que tiene la ponderación más alta de la variable o variables consideradas.

Para ello, se ha establecido con claridad, (Wilson, 2004), (Kandel , Schwartz, Jessell, siegelbaum, & Hudspeth, 2013) que, a nivel de estructura, las opciones rivales son codificadas o representadas por ensamblas o colectivos neuronales distintos, y que dinámicamente compiten merced al mecanismo de inhibición lateral recíproca entre dichos colectivos neuronales. La opción que es representada con mayor peso en su codificación neuronal inhibe por completo la representación rival por atenuación de la actividad del colectivo neuronal que la codifica y de esa manera emerge como una decisión alcanzada. Tanto la estructura del circuito neuronal como su comportamiento dinámico se muestran a continuación en las Figuras 1, 2a, y 2b.

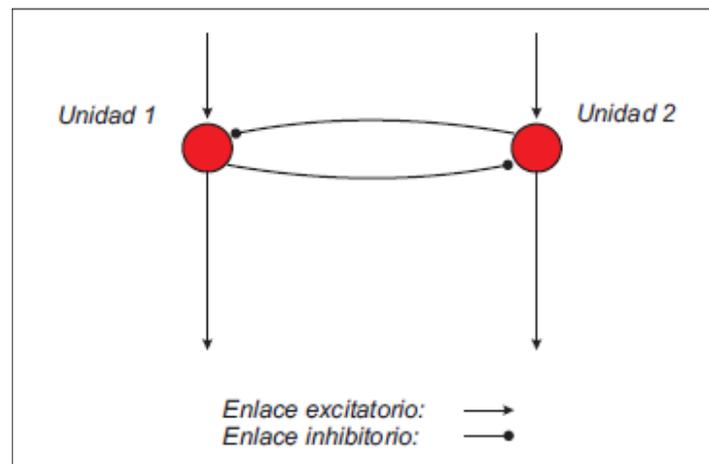


Figura 1. Red neuronal básica de toma de decisiones (WTA: winner take all). Los colectivos o ensambles neuronales representados por las unidades 1 y 2 compiten vía inhibición recíproca. La unidad con una señal de salida mayor inhibe completamente a la contraparte.

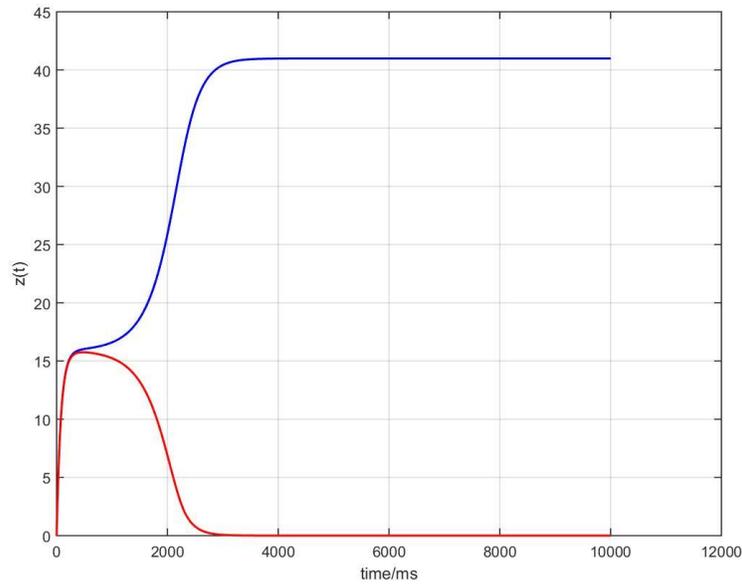


Figura 2a. Los estímulos que alimentan las unidades 1 y 2 de la red básica de toma de decisiones tienen valores bien diferenciados y la decisión de la red es rápida.

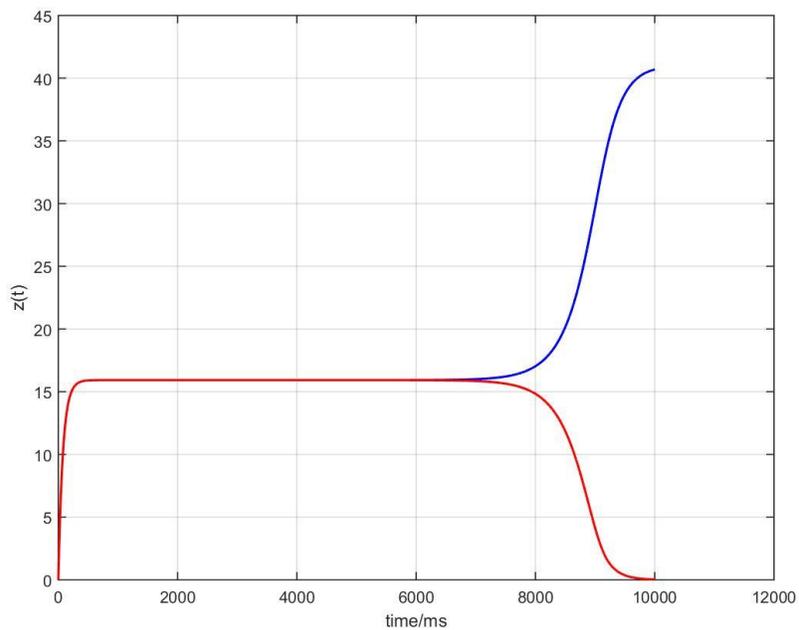


Figura 2b. Los estímulos que alimentan las unidades 1 y 2 de la red básica de toma de decisiones tienen valores muy cercanos y la decisión de la red es lenta.

Si la diferencia entre las alternativas es fácilmente apreciable o significativa, la toma de decisiones es rápida, mientras que el proceso es lento o toma mayor tiempo si la diferencia entre las alternativas no es apreciable o es muy pequeña como se ilustra en la Figuras 2a y 2b.

Memoria de corto plazo y Olvido

Se ilustra ahora el circuito neural básico que da soporte al proceso llamado memoria de corto plazo y al mecanismo de olvido.

Como se observa en la Figura 3, dos ensamblajes o grupos neuronales principales interactúan entre sí por excitación recíproca, y cada uno proyecta estimulación excitatoria a un colectivo neuronal vecino, que a su vez le retorna una señal inhibitoria. En este circuito muy simplificado, los colectivos neuronales se ilustran con una sola unidad.

Las unidades principales o de proyección excitatorias establecen entre ellas un circuito de excitación recíproca con una constante de tiempo τ pequeña (~5 -10ms). El circuito ipsilateral excitatorio-inhibitorio, por el contrario, presenta una dinámica lenta debido a las constantes de tiempo τ mayores presentes en las unidades

inhibitorias (~100 - 1000 ms). La diferencia de tiempo en las dinámicas permite la existencia breve de la memoria por unos cuantos segundos y su disolución catastrófica que da paso al olvido, que se observa por la caída veloz de la actividad en las unidades principales de proyección.

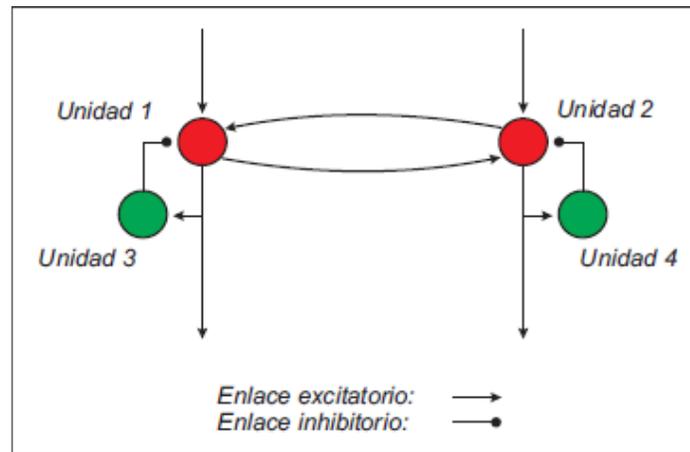


Figura 3. Red neuronal de memoria de memoria de corto plazo. Se aprecia la excitación mutua entre las unidades principales y el mecanismo de atenuación por inhibición o adaptación debido a las unidades 3 y 4, que conduce finalmente al olvido.

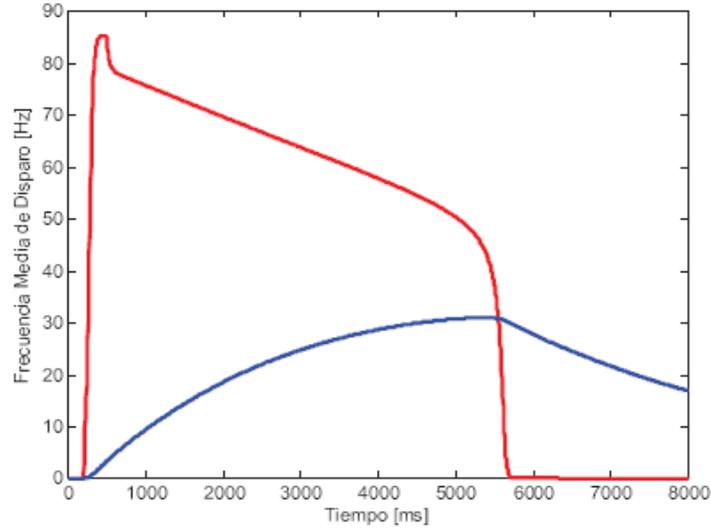


Figura 4. La curva roja indica la actividad de las unidades excitatorias principales 1 y 2 indicadas en la Figura 3. El pequeño pico inicial muestra el registro breve del estímulo a ser recordado. La actividad persistente de las unidades principales mantiene el recuerdo transitorio del estímulo aplicado durante casi 6s. Luego sobreviene la caída u olvido del estímulo debido a la actividad creciente de la unidad inhibitoria mostrada en azul.

La memoria de corto plazo es entonces el resultado de una “conversación animada” entre las unidades principales de proyección debido a la excitación recíproca. El fenómeno del olvido aparece cuando el crecimiento lento de la capacidad inhibitoria de las unidades que retroalimentan a las principales de su vecindad alcanza el nivel suficiente para acallar súbitamente el lazo excitatorio como se observa en la Figura 4.

Oscilaciones Perceptuales

La construcción de una entidad perceptual o concepto puede depender de la perspectiva o punto de vista del sujeto observador como todos lo hemos experimentado y como lo ilustra la Figura 5, en la que el cubo A puede apreciarse como visto desde abajo B o como visto desde arriba C. Una vez realizada la primera conmutación entre las dos interpretaciones perceptuales, es inevitable la alternancia u oscilación entre ambas en la mente del sujeto observador.

En este caso, como puede intuirse desde la lectura de los mecanismos simples de decisión, interviene un mecanismo de inhibición recíproca entre las unidades o colectivos que realizan la representación de las percepciones rivales, e igualmente se intuye un mecanismo similar a la retroalimentación negativa o inhibitoria ipsilateral vista como detonador del fenómeno de olvido en la sección anterior. Ver la Figura 6.

La inhibición recíproca contralateral de rápida dinámica asegura que en cierto momento gane una de las representaciones perceptuales llevando la representación rival a su transitoria extinción, en tanto que la inhibición ipsilateral de lenta dinámica asegura que este predominio se extinga en un lapso determinado, dando lugar al levantamiento y crecimiento de la representación rival, que a su vez repetirá el ciclo. De este modo, se asegura la alternancia u oscilación perceptual mostrada al apreciar el cubo de la Figura 5.

Los resultados de la integración del modelo matemático (no mostrado aquí) se observan en la Figura 7, donde se aprecia la actividad cíclica.

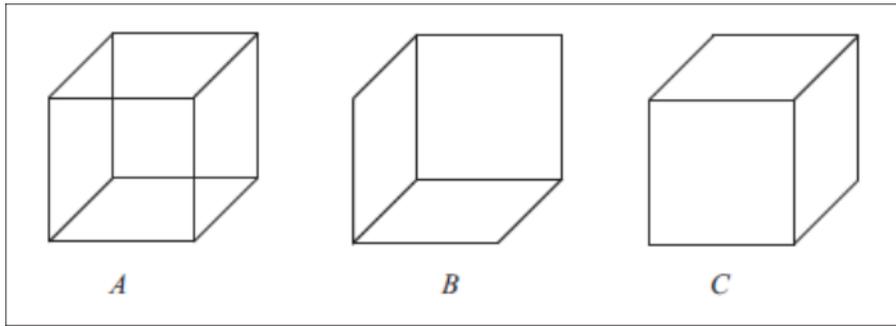


Figura 5. El cubo del esquema A puede apreciarse desde abajo (B) o desde arriba (C). Una vez que se establecen las dos percepciones, es inevitable la conmutación entre ambas al mirar de nuevo el dibujo A debido a la oscilación del circuito mostrado en la Figura 6.

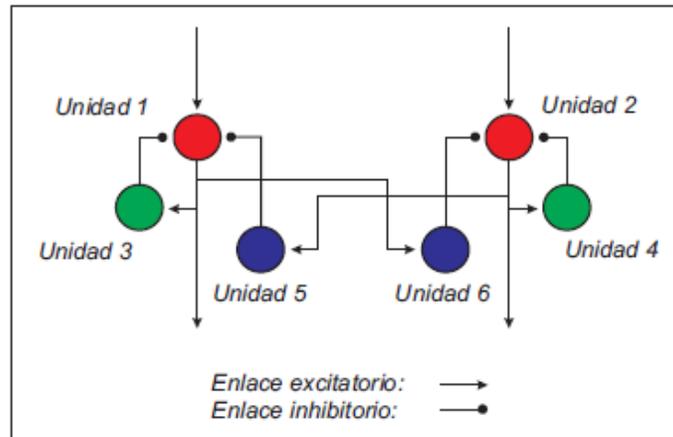


Figura 6. Red neuronal de oscilación perceptual. Se observa el mecanismo de inhibición mutua entre las unidades principales 1 y 2 y el mecanismo de auto-atenuación o auto-inhibición que permite la aparición de la oscilación.

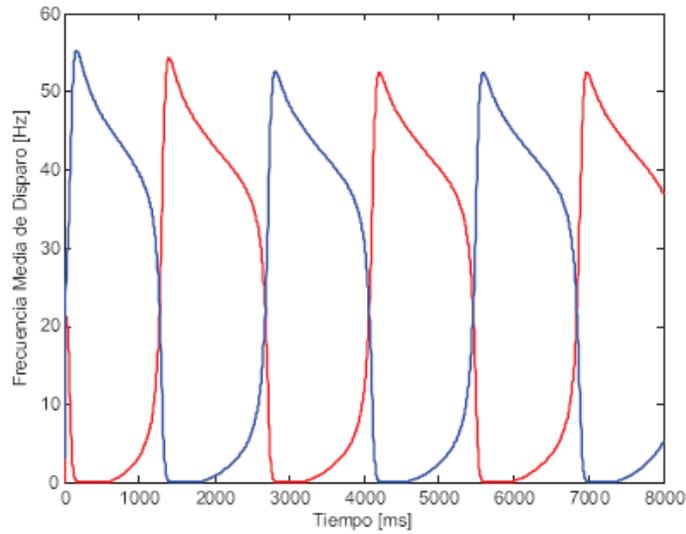


Figura 7. Curvas de activación y desactivación cíclicas de las unidades principales 1 y 2 en el circuito de la Figura 6.

Activación del foco de atención

En algunos casos, un sujeto puede hallarse en una situación de observación casual, no interesada, no comprometida en tarea alguna, como un momento de descanso o de plácida relajación, en el que el flujo sensorial en sus distintas modalidades discurre sin provocar un procesamiento particular de alguna señal o fuente específica.

En dichas ocasiones puede ocurrir que algo irrumpa y cambie drásticamente la escena visual natural, el ruido de fondo, la uniformidad de algún estímulo presente. Tal ruptura en la homogeneidad del flujo sensorial desencadena el proceso de

atención y de manera súbita, el sujeto coloca los recursos neurales disponibles en el procesamiento de la fuente de tal irrupción.

El circuito sináptico que produce la breve señal de activación del mecanismo de atención se muestra en la Figura 8. Las unidades mostradas representan colectivos, grupos, núcleos, o asambleas neuronales como en los casos anteriores. Dos unidades en el canal principal de procesamiento son excitatorias o de proyección y una tercera es una unidad local o interneurona que recibe una entrada excitatoria de la primera unidad de proyección principal y proyecta a su vez, una señal inhibitoria a la segunda unidad principal.

En tanto el flujo de señal a lo largo del canal principal sea constante o invariable en el tiempo, se puede probar que la señal en la unidad principal de salida es cero. Tan pronto se dé un cambio positivo en el flujo de la señal, un incremento, la unidad principal de salida generará un pico de actividad, agudo o suave, que se mantendrá durante el tiempo que dure el cambio en la señal de entrada. Este es el pico de actividad que dispara corriente abajo el mecanismo de atención.

Las curvas que indican el comportamiento de las unidades ante el flujo de una señal se muestran en la Figura 9.

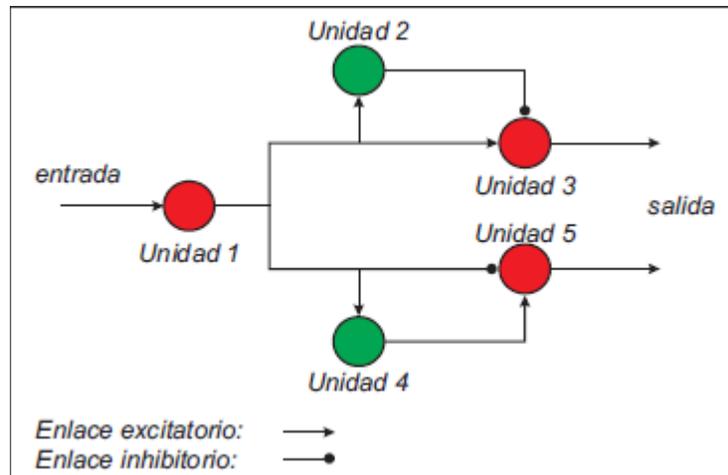


Figura 8. Red neuronal que produce picos transitorios de actividad para señalar cambios crecientes, unidad 3, o cambios decrecientes, unidad 5, en la señal de entrada de la unidad 1.

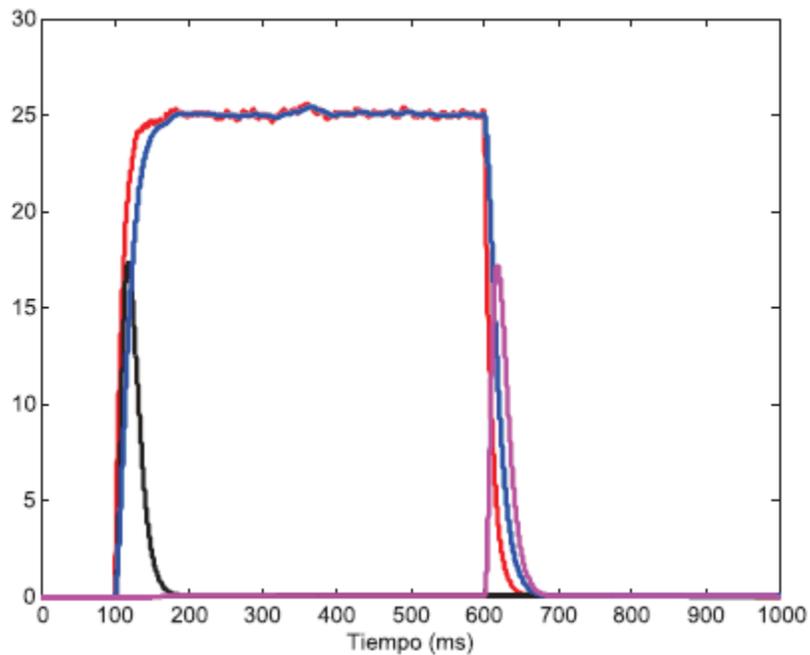


Figura 9. Picos de activación de las unidades 3 y 5, en negro y violeta respectivamente, asociados a los cambios de la señal de entrada indicada en rojo.

Conclusiones

Los circuitos sinápticos mostrados ejecutan operaciones importantes para el logro de la función específica de las redes neuronales de las cuales hacen parte. Un destacado papel lo representa la inhibición hacia delante que permite la señalización de los cambios en el tiempo de un parámetro dado, y, por lo tanto, el cálculo de la velocidad de dicho cambio, o su derivada temporal. Identificar cambios en una escena natural en el campo visual representa una ganancia evolutiva que en ciertos momentos puede representar la supervivencia del individuo.

En todos estos arreglos sinápticos se observa la materialización de operaciones de computación neurobiológica que tienen su correspondiente estructural particular en los respectivos espacios de representación neuronal. Esta regularidad es la que permite la aproximación al concepto de neurocomputación que permea este texto.

2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL – REDES NEURONALES ARTIFICIALES

En el sentido más simple, agudo y directo, la Inteligencia Artificial (IA) es el campo multidisciplinario de investigación que busca el desarrollo de inteligencia en las máquinas. En un sentido más amplio, diverso y comprehensivo, la IA es el escenario

de desarrollo de las capacidades cognitivas humanas en máquinas, pensar como humanos, según Stuart Russel y Peter Norvig (Haykin, 2009) en lo que a las redes neuronales artificiales concierne.

En este sentido, debe mencionarse que, desde una perspectiva muy general, en el campo de la IA se pueden distinguirse dos enfoques: el top-down y el bottom-up, como se dieron a conocer en lengua inglesa.

En el enfoque top-down, lo que fundamentalmente cuenta es la estructura y naturaleza lógico-matemática de las operaciones conexas con el comportamiento inteligente donde éste se muestre, la computación propiamente dicha. Por lo tanto, no cuenta la estructura física que da soporte a la operación lógico-matemática o computación. Los algoritmos o el software pueden ser más eficientes en cierta estructura de soporte o hardware que en otra, pero no dependen en sí mismos de dicha estructura.

En el enfoque bottom-up, por el contrario, cuenta la estructura que da soporte a la computación, y por ende la guía a seguir es la estructura, dinámica y funcionalidad del cerebro humano, que, debido a la presión evolutiva biológica, es la mejor estructura que ha brindado, brinda y brindará las mejores soluciones al problema de la computación, según el criterio de los afines a este enfoque. Al fin de cuentas, es nuestro cerebro el que ha dado origen a la matemática, ciencia y tecnología que nos permite poner el problema de la computación en la mesa. Y no sólo ese problema.

En este corto texto, adoptamos como referente el enfoque bottom-up, y por lo tanto hacemos una aproximación al campo de las redes neuronales artificiales, RNA, que representa esta perspectiva en el amplio espectro de la IA.

La Figura 10 ilustra el modelo básico matemático de la neurona artificial, que considera la entrada neta de estímulos x_i a la neurona como una suma ponderada de los mismos, por medio de los llamados pesos sinápticos w_j . Luego, la entrada neta o campo local inducido constituye el argumento de la llamada función de activación o función de transferencia que produce la respuesta o salida y que la neurona artificial proyecta a otras o a un dispositivo externo o actuador.

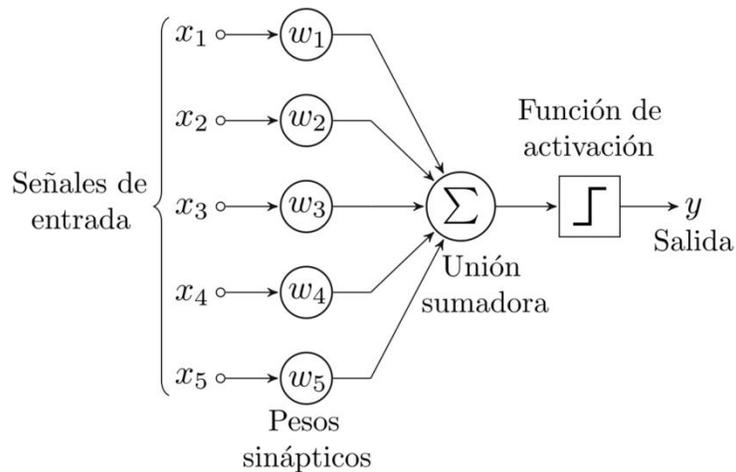


Figura 10. Modelo matemático de una neurona artificial.

Usualmente, la función de activación o de transferencia se construye como una función monótona creciente no lineal, acotada o con saturación, como es el caso de

la tangente hiperbólica, o simplemente no lineal y creciente como es el caso de la función ReLU. Ver Figuras 11 y 12 respectivamente.

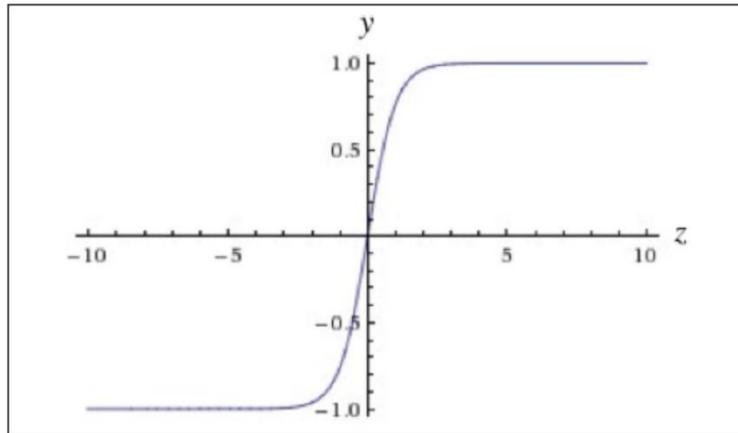


Figura 11. Función tangente hiperbólica.

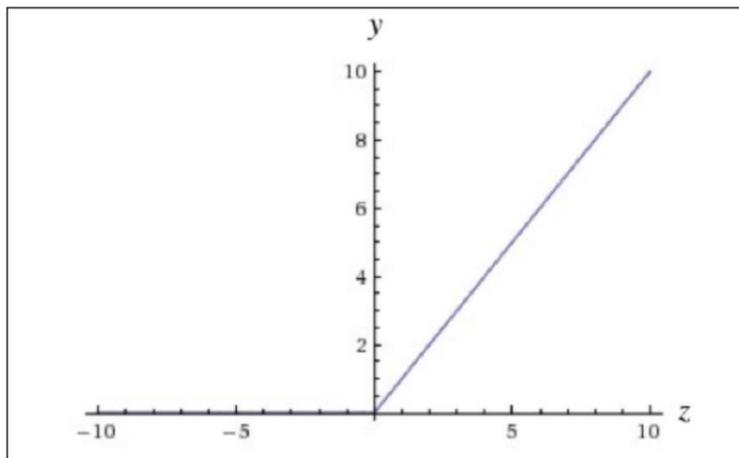


Figura 12. Función ReLU, por unidad de rectificación lineal.

Las RNA cuentan con los siguientes elementos (Haykin, 2009): 1. Un conjunto de neuronas o unidades de procesamiento organizadas por capas, láminas o núcleos. 2. Un patrón de conectividad o arquitectura que define como se organizan las neuronas o unidades de procesamiento y como se conectan entre sí. 3. Una regla o dinámica de aprendizaje en el entrenamiento que le permite la actualización, cambio o afinamiento de sus parámetros para mejorar el desempeño en la función a la que da soporte. Los parámetros suelen ser los pesos sinápticos o cantidades asociadas a las funciones de transferencia como coeficientes, exponentes, pendientes, etc. 4. Una dinámica de activación en la fase de validación, desempeño o trabajo, que indica la secuencia de procesamiento de las señales de entrada a lo largo de la red. 5. Un entorno de trabajo que permite definir, entre otros parámetros, el número de unidades en las capas de entrada y de salida, la naturaleza binaria, bipolar, o numérica en general de las componentes de la entrada, el tipo de funciones de activación, etc...

Una RNA muy conocida y empleada es el llamado *perceptrón multi-capas* (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016) o *MLP*, Figura 13, por sus iniciales en inglés, que se construye ordenando las neuronas por capas o láminas, con la propagación de la señal de entrada siempre hacia adelante, haciendo uso de funciones de activación no lineales, al menos en las capas ocultas, funciones que matemáticamente deben ser continuas y derivables. El número de neuronas en la capa de entrada es igual al número de variables o rasgos que caracterizan el estado del sistema o entrada que será procesado por la red, éste es la dimensión del espacio de entrada. La capa de entrada no es una capa de cómputo y por tanto no

se le asocia una función de transferencia a sus unidades. Ella sólo traduce a variables de estado, el estado de los elementos del espacio externo que serán presentados a la red. En estas redes, todas las neuronas o unidades de una capa conectan con todas las unidades de la siguiente capa. Por tanto, el número de pesos sinápticos puede ser del orden de miles en una red MLP con muchas capas ocultas.

Las capas ocultas, que varían en número de conformidad con la complejidad del espacio de entrada tratado, sí son capas de procesamiento y presentan la misma función de activación en todas las neuronas que pertenecen a la misma capa. El número de unidades o neuronas por capa se elige por prueba (ensayo y error) así como el número de capas.

La capa de salida es también una capa de cómputo y puede o no presentar una función de activación lineal. El número de unidades en esta capa obedece a las necesidades del procesamiento final del espacio de entrada. Por ejemplo, la salida binaria (0 ó 1) o bipolar (± 1) de una única unidad en esta capa puede representar la clasificación del elemento de entrada en una de dos clases si esa es la función de la red. Un mayor número de unidades en la capa de salida representa una mayor carga de procesamiento o de clasificación del espacio de entrada.

El aprendizaje o entrenamiento en las redes MLP es un aprendizaje de tipo supervisado denominado *algoritmo BP* o *back propagation* (Buduma & N., 2017). En este aprendizaje, a la red MLP se le presentan patrones, vectores o señales de entrada, que al ser procesados por la red, generan resultados en la capa de salida que son comparados con los resultados esperados presentados a la red en esa

capa, para generar una señal de error que se propaga en sentido inverso, hacia la capa de entrada, para cambiar, actualizar o ajustar los pesos sinápticos en pequeños pasos, y de este modo acercar el desempeño de la red al desempeño esperado, de manera sucesiva con cada caso o patrón presentado. De esta manera, debe tenerse un conjunto de patrones de entrenamiento con sus respectivas etiquetas o resultados esperados, y proceder con los ajustes en los pesos sinápticos en el modo que el algoritmo de entrenamiento determine. El conjunto de entrenamiento se procesa una y otra vez hasta que se alcanza el desempeño deseado o se detiene después de un determinado número de veces (épocas). En el inicio, los pesos sinápticos entre las diferentes unidades se inicializan de manera aleatoria con valores pequeños en torno a cero, y se ajustan en conformidad con el algoritmo.

El desempeño esperado de la red se establece en un valor muy pequeño del error cuadrático medio calculado sobre todo patrones presentados del conjunto de entrenamiento (dataset). Una vez alcanzado, se detiene el entrenamiento y se pasa a la validación de la red con un conjunto sustraído del dataset que no haya sido empleado en el entrenamiento. Desempeños usuales en la validación son superiores al 90% de logro cuando el entrenamiento ha sido exitoso.

Por lo tanto, en la fase de entrenamiento se tiene la propagación hacia delante de la señal de entrada o función, y la propagación hacia atrás de la señal de error o de ajuste de los pesos sinápticos, Figura 14. En las fases de validación o de trabajo,

sólo se tiene la propagación hacia adelante, puesto que los pesos sinápticos ya han sido fijados en el entrenamiento.

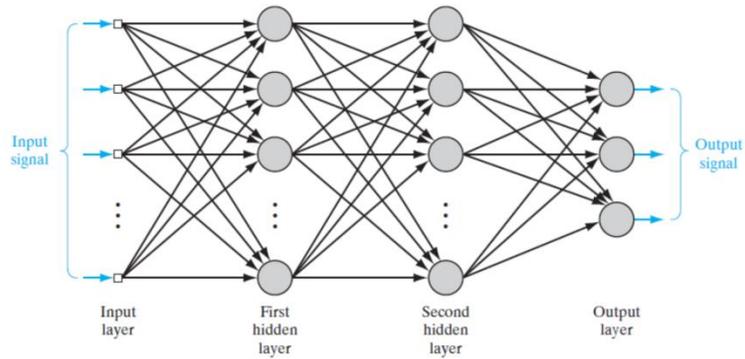


Figura 13. Esquema de una red neuronal multi-capa con dos capas ocultas.

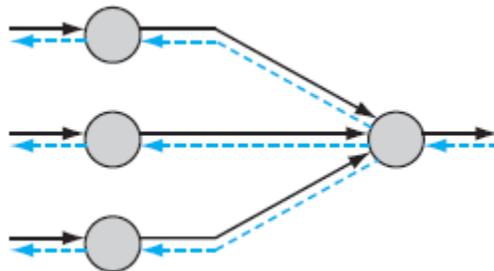


Figura 14. Flujo de la señal de entrada en negro y flujo inverso de la señal de error en azul.

En el denominado *aprendizaje profundo* o *Deep Learning*, se implementa el *algoritmo BP* para redes MLP con un número significativo (aprox. decenas) de capas ocultas.

Otra red multi-capas de propagación hacia adelante es la *red neuronal convolucional* ó *CNN* (Lu L, Carneiro, & Yang, 2017), de uso frecuente en el procesamiento de imágenes para su clasificación o identificación, en las que el número de parámetros libres o pesos sinápticos es significativamente inferior respecto a las redes MLP. En estas redes, el campo receptivo de una unidad en una capa (el conjunto de unidades de la capa precedente que proyectan a la unidad en consideración) es muy limitado o reducido, por ejemplo, un parche o conjunto de 5x5 o 7x7 unidades, Figura 15. Los pesos sinápticos en este caso son los mismos para todas las proyecciones que alimentan cualquier unidad de la misma capa, es decir, son compartidos, permitiendo la identificación de rasgos específicos en las imágenes, sin distinción de dónde se encuentren, o qué orientación tengan, Figura 16. Esto permite la invariancia a la traslación o rotación en la identificación de rasgos en las imágenes bajo procesamiento.

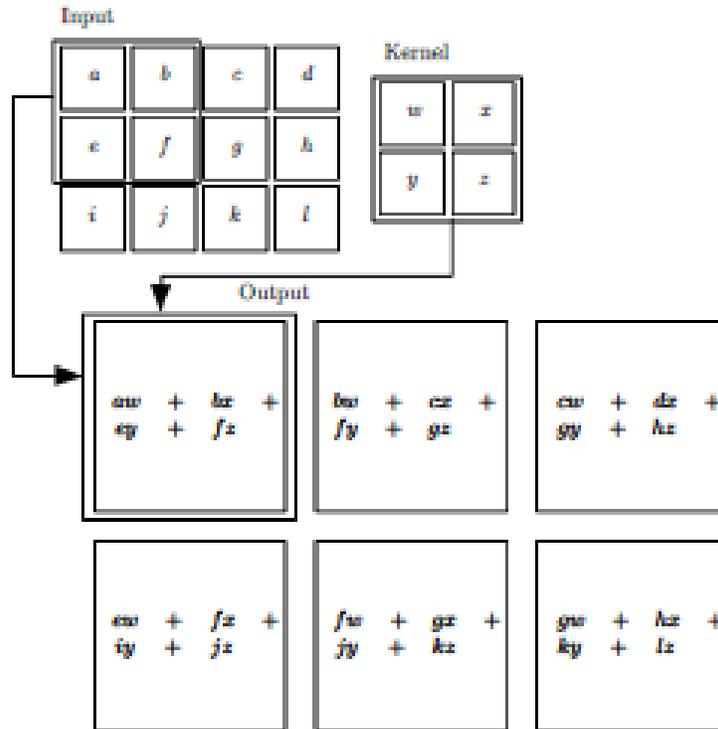


Figura 15. Tránsito desde una capa 3x4 a una capa 2x3 mostrando el filtro o kernel de pesos sinápticos que determina los valores de las unidades en la segunda capa.

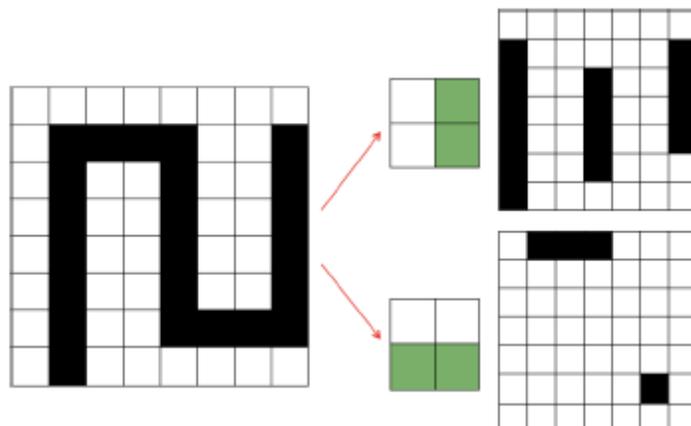


Figura 16. Efecto de la aplicación de dos filtros diferentes a la imagen de la izquierda. Se observa la identificación de los rasgos verticales y horizontales donde ellos aparecen.

3. CONVERGENCIA E INTERSECCIONES DE LAS NEUROCIENCIAS COMPUTACIONALES CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Las RNA surgen desde los esfuerzos de entender el funcionamiento del cerebro humano como una estructura de neurocomputación y de aplicar las características más relevantes de las redes neuronales biológicas, al diseño de sus pares artificiales. De este doble esfuerzo surge la propuesta del procesamiento masivo en paralelo, distribuido, y tolerante a fallos en las RNA, que tiene una expresión muy exitosa en las CNN. En estas redes, el estudio de la neuroanatomía funcional en la ruta visual del cerebro humano, desde la retina hasta las áreas de asociación en la corteza parieto-temporal, pasando por el núcleo geniculado del tálamo, y las áreas visuales de la corteza occipital, ha sido instrumental para diseñar redes que tienen un desempeño muy relevante en el apoyo al diagnóstico de patologías como el cáncer en el procesamiento de imágenes radiológicas de pulmón, (Zhao, y otros, 2020), (Apostolopoulos & Mpesiana, 2020), o de glándulas mamarias (Lehman, y otros, 2019), por citar sólo este ejemplo desde el campo de la medicina diagnóstica. Las aplicaciones se extienden a ámbitos tan distantes y dispares como en la astrofísica, donde las CNN han sido valiosísimas en el descubrimiento de

exoplanetas distantes en nuestra propia galaxia, o el control del tráfico vehicular en intersecciones viales o la identificación de sospechosos en terminales de buses o aeropuertos.

En los casos anteriores, subyace el traslado de la invariancia traslacional y rotacional que muestra el procesamiento visual biológico a las redes CNN.

De otra parte, desde los estudios en las redes artificiales de memoria asociativa bidireccional, entre ellas las de Hopfield, se ha brindado sentido y explicación al tipo de conectividad observado entre distintas neuronas de diferentes estructuras a nivel del hipocampo, una estructura esencial en la formación de nuevas memorias en los sujetos humanos. El sentido de que ciertas estructuras o patrones de conectividad están asociados a cierto tipo de tarea cognitiva, emerge como un estímulo muy fuerte para continuar en el esfuerzo de la computación biológicamente inspirada que nutre el campo de las RNA.

Los párrafos anteriores muestran un diálogo bidireccional muy fértil entre ambos campos. Sin embargo, debe admitirse también que hay desarrollos en cada terreno que no son “exportables” al vecino. Por ejemplo, en las redes neuronales biológicas, no tiene sentido buscar un lugar para el algoritmo BP. Este algoritmo tan exitoso en las redes MLP profundas, no tiene ningún uso explicativo en la neurobiología. Igualmente, algunos mecanismos neurobiológicos de control motor fino, son de muy difícil apropiación y aplicación en campos como la robótica biológicamente inspirada. No tenemos un equivalente robótico-computacional para la estructura neuronal de los Ganglios Basales.

El futuro parece prometedor en campos de convergencia como las estructuras y procesos de toma de decisiones. Es muy pronto para estimar fechas, pero podría ocurrir algo similar con lo visto en las CNN.

Algunos fenómenos como el de la conciencia dividen de manera radical a la comunidad que debate estos temas. Por el momento, no hay nada parecido a un esfuerzo siquiera lejano en esta dirección. El tema es incluso desafiante en el seno de comunidad neurocientífica. Por el momento, seguirá siendo un elemento llamativo en la literatura y el cine de ciencia-ficción.

Bibliografía

- Amaro, J. E. (2006, 3 21). *universidad de granada*. Retrieved from <https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema1/node15.html>
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 1.
- Bart, J., & Rutten, J. (1997). A tutorial on (Co)algebras and (Co)induction. *EATCS bulletin*, 222-259.
- Boden, M. A. (1994). *Filosofía de la inteligencia artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Bradford, J., Williams, C., & DelPozzo, S. (2020). *Nano-Microsatellite Market Forecast*. Retrieved 05 10, 2021, from <https://a3space.org/wp-content/uploads/2020/02/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-2020.pdf>
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. Mexico D. F., Mexico: Paidós.
- Bruner, J. (1997). *La educación: puerta de la cultura*. Madrid, España: Visor.
- Buduma, N., & N., N. L. (2017). *Fundamentals of Deep Learning*. O'Reilly Media.
- Cid Manzano, R., & Cid Vidal, X. (2010). *Acercándonos al LHC*. Retrieved from https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.standard_model/idioma/es_ES
- Comisión Colombiana del Océano. (2015, 02 8). *CCO - Programa Antártico Colombiano*. Retrieved from <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>
- Correa, J. (2016). *Propuesta de sensor remoto para un satélite pequeño (CubeSat) de observación de la tierra desarrollado por la Escuela Militar de Aviación de la Fuerza Aérea Colombiana*.
- CubeSat Design Specifications*. (1999). Retrieved from https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf
- Cubesat Requirements and Constraints [en línea]*. (2021, 05 25). Retrieved from <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>

- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space.* (2015). Retrieved 05 25, 2021, from <http://www.isispace.nl/cubesats/>
- Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu.* (2021, 05 25). Retrieved 05 25, 2021, from <http://www.nanosats.eu/>
- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing.* New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (2020, 02 01). *FAC.* Retrieved from Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (2020, 03 05). *Fuerza Aerea Colombiana.* Retrieved from IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen , J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si-/C -PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Project "PRISM". Researchgate.* Retrieved 05 10, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM
- Esiowus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions. Academia.edu.* Retrieved 05 08, 2021, from https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf
- Felipe, A. (2017, Febrero 26). *Historia-Biografia.com.* Retrieved from <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crito,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Fisica cuantica en la red.* (2014, 08). Retrieved from <http://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory.* Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News.* (2011, junio 19). Retrieved from <https://francisthemulenews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximacion.* Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologias Inteligencia artificial, robotica y sistemas auotnomos. (2018). *Declaracion sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos".* Luxemburgo: Comision Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Cymbolix.*
- Gunter's Space Page.* (n.d.). Retrieved from http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm
- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small.* Retrieved 05 02, 2021, from <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience.* Oxford University Press.
- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones. Doctorado thesis, Universidad Nacional.* Manizales, Colombia.

- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (2015, 05). Retrieved from <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (2017, 06 28). Retrieved from <http://fenomenoselectricosoyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atómico-de-thomson.html>.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat*. (2021). Retrieved 05 20, 2021, from <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y un idad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning. Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Martinez, F. (n.d.). *La tribología: Ciencia y técnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative*. (2021). Retrieved 05 18, 2021, from http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.
- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4th ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (2019, julio 16). Encyclopedia of Physical Organic Chemistry. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods*. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Baviera, Alemania.
- Ramirez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulación de circuitos sanápticos sensoriomotores. Introducción a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Remote sensors Earthdata*. *Earthdata.nasa.gov*. (2021). Retrieved 05 05, 2021, from <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: McGraw Hill.
- Rincón, S., Cárdenas, L., & Tulcán, C. (2020). *Informe de comisión proyecto final*. Santiago de Cali: CITAE .
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>
- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (n.d.). *Learning Representation by Back- Propagating Errors* (Vol. 323). Nature.

- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions.* (2021). Retrieved 05 06, 2021, from <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (2020, 05 26). *FAC*. Retrieved from Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Retrieved 02 05, 2021, from <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>
- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Retrieved from *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council.* (2021). Retrieved 02 05, 2021, from <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art.* (2015). Retrieved 05 15, 2021, from NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Speretta, S., Perez, S., T., B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketcubes: Opportunities and Challenges. In Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Retrieved 05 12, 2021, from [IAC-16-B4.7.5_A]IAF: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Retrieved 05 15, 2021, from *Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit*: <http://www.CubeSatkit.com/>
- Structural Subsystem.* (n.d.). Retrieved from http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers*. Retrieved 05 07, 2021, from http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf
- Swartwout, M. (2021). *CubseSats Database. Saint Luis University*. Retrieved 05 20, 2021, from <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. *Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos . Contribuciones a una teoría general de la artificialidad* . Buenos Aires: Aike Editoriales.
- Thome, K. (2003). Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. *Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula* . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Retrieved from <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappenberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification of Design Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Retrieved 09 30, 2016, from <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>

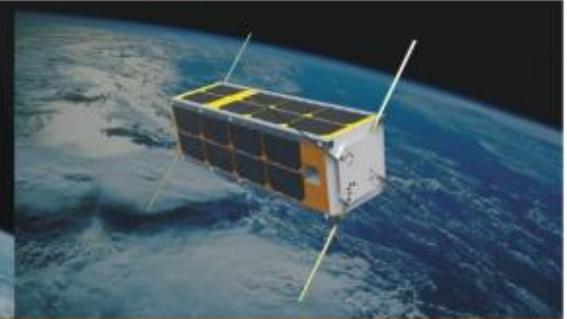
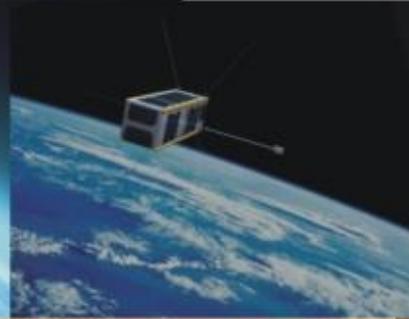
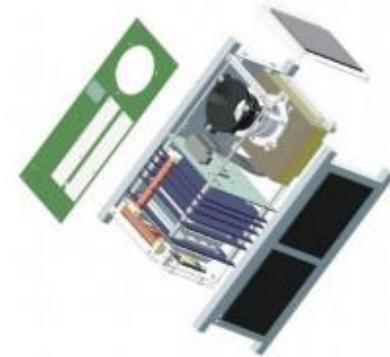
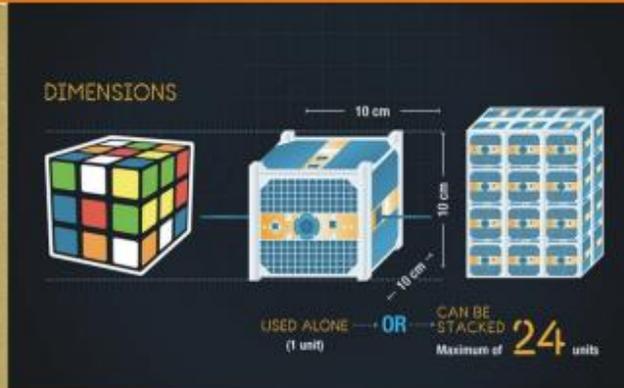
- Tulcan, T. (2020). Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. *Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales* , Enero - Marzo 2020 .
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (2017, 7 7). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Retrieved from <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.
- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Diseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). *Microstructure and wear of materials Tribology series*. (E. S. B.V., Ed.) 10.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia:

"GENERALIDADES DE TECNOLOGÍA CUBESAT"

Conferencista:

Ingeniero **JORGE ALBERTO CORREA GARCIA**

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/2JXWNC4TVP9H>

22 **JUEVES**
abril
2021 | **10:00**
A.M.

“GENERALIDADES DE TECNOLOGÍA CUBESAT”



MSC. Ingeniero Jorge Alberto Correa García

Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez Cali, Colombia

Jorge Alberto Correa García tiene una experiencia de más de 25 años de como docente universitario, con estudios de Ingeniería de Sistemas Y Computación- Universidad Autónoma de Manizales, Especialista en Administración de Empresas-Universidad Antonio Nariño Sede Manizales, Maestría en Teledetección y Sensoramiento Remoto. Ha trabajado como ingeniero de sistemas en empresa privada (Manizales) y ha sido coordinador de programas de ingeniería de sistemas en algunas instituciones en la ciudad de Cali. Con una trayectoria de 18 años y medio en EMAVI como docente del Programa de Ingeniería Informática. Ha sido ponente en congresos internacionales y tiene certificaciones en tecnología satelital con la empresa GOMSpace de Dinamarca.

Hizo parte además del proyecto FACSAT-1 de la Fuerza Aérea colombiana. Los estudios los ha enfocado hacia el campo de los SIG y los Sensores Remotos.

“GENERALIDADES DE TECNOLOGIA CUBESAT”

MSC. Ing. Jorge Alberto Correa García

Resumen: El tema de los satélites artificiales y de sus tecnologías asociadas ya no es de tratamiento exclusivo de los denominados países desarrollados o del primer mundo pues el mismo avance de la tecnología satelital, la microelectrónica, los sistemas de cómputo, etc. El surgimiento de los micro y mini satélites que abarataron los costos hasta en un 90% ha hecho que actualmente países en vías de desarrollo como Chile, Venezuela, Méjico, Brasil, Nigeria, Algeria, Turquía, etc., ya cuenten con satélites propios, sobre los cuales tienen total control y cuyas capacidades tecnológicas son cada vez mayores.

Palabras clave: Satélite, Espacio, Tecnología, Nanosatélite.

Introducción.

Por definición se denomina satélite a cualquier objeto ya sea natural o fabricado por el hombre que orbite alrededor de otro objeto de mayor tamaño. Específicamente, los satélites artificiales vienen en todos los tamaños, formas y configuraciones, desde el satélite más sencillo hasta los satélites de comunicaciones, de posicionamiento global, meteorológicos, etc., los cuales cumplen misiones con un alto grado de dificultad.

Su tecnología aparece a mediados del siglo XX con el lanzamiento el 4 de octubre de 1957 por parte de la, en aquella entonces, Unión Soviética y dicho satélite se denominó el Sputnik I. Por otro lado, Estados Unidos respondió con el lanzamiento de su satélite al que llamó Explorer I. Así se inició lo que se conoce como la “carrera espacial”.

La continua evolución de la tecnología tanto en materiales, electrónica, hardware y software conllevó al desarrollo de lo que hoy día se conoce como nanosatélites o satélites CubeSat. Los primeros CubeSats fueron lanzados en junio de 2003 en un vehículo de lanzamiento Rockot. El presente artículo trata de explicar de manera muy concreta en qué consisten dichos satélites, su arquitectura básica y sus principales usos.

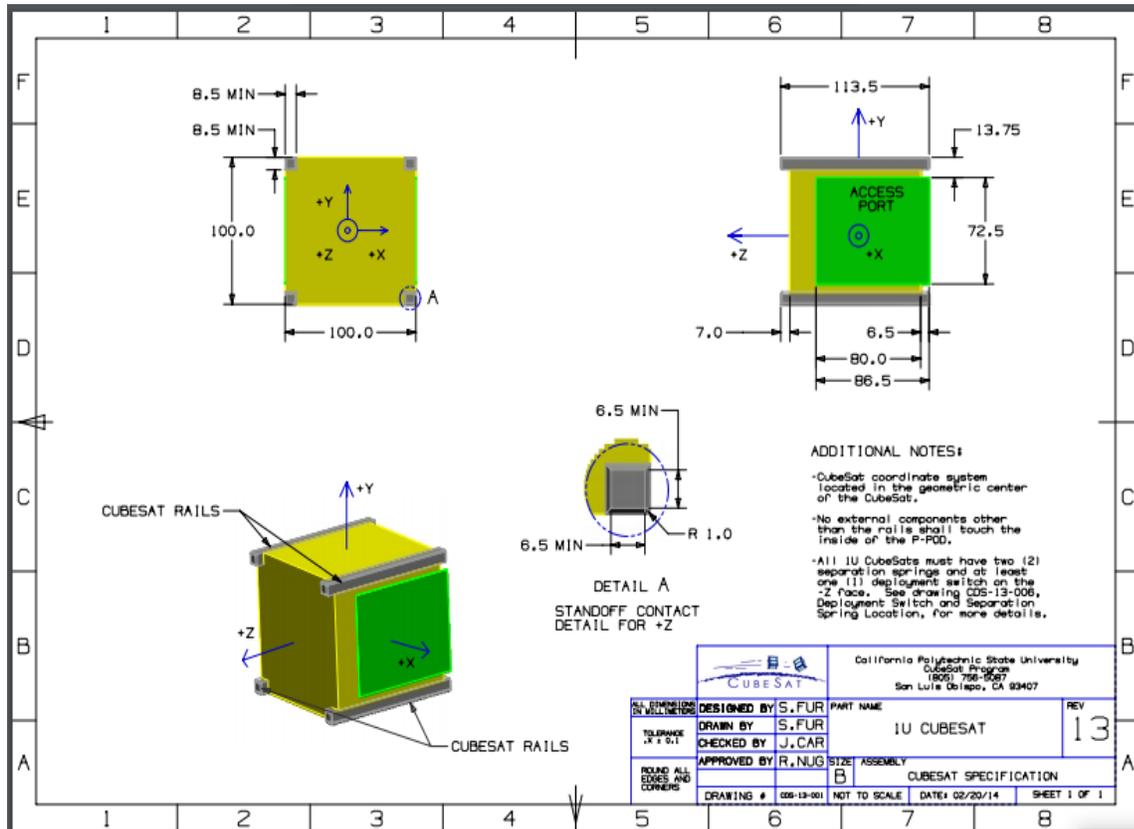
CUBESATS.

Uno de los tamaños más interesantes es el de los llamados CubeSats, haciendo referencia a su nombre, que tiene una forma de un cubo con un tamaño de 10cm x 10cm x 10cm y con un peso no mayor a 1kg. Estos satélites están configurados por módulos o unidades; cada módulo es un cubo llamado unidad y pueden aumentar su tamaño por módulos o bloques según sea necesario. Pueden estar acoplados unos con otros para de esta forma tener más espacio y así mismo menor restricción de peso. El diseño de estos satélites ha sido pensado para que cualquier persona pueda construirlos, las instrucciones son gratis y se pueden encontrar en Internet.

Un proyecto sencillo universitario está costando alrededor desde USD\$50.000 hasta USD\$150.000 para el lanzamiento y aproximadamente USD\$100.000 por cada unidad, aunque algunas veces se consiguen ofertas de lanzamientos gratis para CubeSats como adicional a la carga útil que ya llevan los cohetes.

En la Figura 1 puede observarse el diseño y esquema general de un CubeSat.

Figura 1. Diseño de un CubeSat 1U



Fuente: (CubeSat Design Specifications, 1999)

El origen de los CubeSats se da gracias a los profesores Bob Twiggs del departamento de aeronáutica y astronáutica en Standfor University y Jordi-Puig Suari de California Polytechnic State University y fue propuesto como un programa de apoyo en la práctica de educación espacial a nivel universitario y como oportunidad a bajo costo de desarrollo e investigación en el campo aeroespacial.

Esta particular estructura y masa fue estandarizada como una medida para que los lanzamientos fueran más económicos y fáciles de alcanzar para los proyectos de

aprendizaje universitarios. Desde que fue introducido este modelo estándar en 1999, docenas de CubeSats han sido lanzados en órbita y la mayoría de éstos haciendo parte de carga útil secundaria aprovechando el espacio extra en cohetes de otros satélites.

El punto central del concepto de los CubeSats es la estandarización de la interface entre el dispositivo de lanzamiento y el cohete que los almacena para, de esta forma, estandarizar también los lanzamientos, reducir los costos e incrementar las oportunidades para los proyectos de investigación y desarrollo universitario. Un estándar formal para CubeSats se encuentra actualmente bajo desarrollo por la Organización Internacional para la Estandarización ISO.

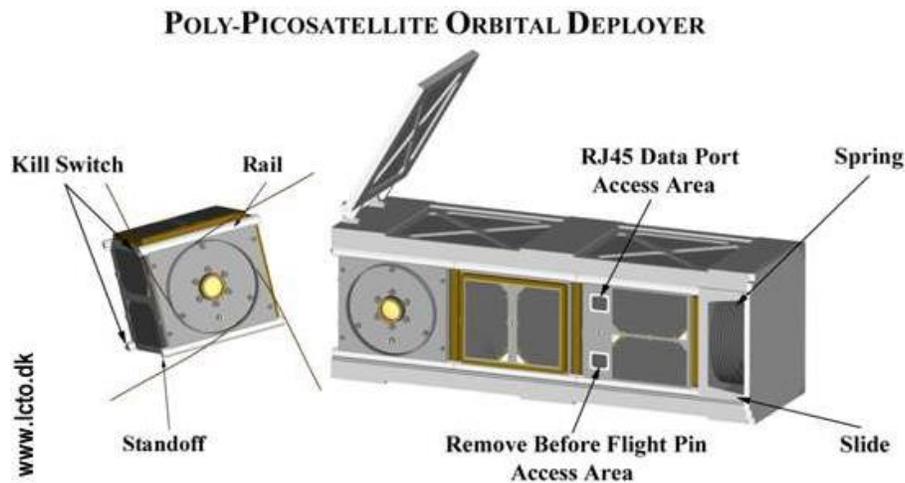
El uso de estos CubeSats está soportado sobre las siguientes premisas:

- Una reducción en la administración del proyecto y la garantía de la calidad de los subsistemas.
- El uso de estudiantes para que de esta manera obtengan experiencia diseñando, construyendo y probando los diferentes subsistemas que conforman una misión espacial.
- El uso de comunicaciones por frecuencias, bandas y soporte para radioaficionados con estaciones terrenas.

Los CubeSats son lanzados al espacio mediante un método común de despliegue llamado Poly-PicoSatelite Orbital Deployer o P-POD el cual normalmente puede llevar un CubeSat hasta de tres unidades y encaja en cualquier cohete como carga útil secundaria.

La Figura 2 muestra la estructura de un P-POD.

Figura 2. P-POD



Fuente: (Structural Subsystem)

Desde la propuesta del concepto inicial los esfuerzos futuros han sido encaminados a definir y mejorar la interface externa e interna para generar, por varios desarrolladores de subsistemas de CubeSats, los productos y servicios que se han definido como estándar desde sus inicios. El más significativo de todos estos avances ha sido el sistema POD (lanzador) y la modularización de la electrónica interna.

Actualmente se han lanzado en total 1553 CubeSats (0.25U a 16U). Varias de esas misiones satelitales son originadas a partir de proyectos de instituciones educativas y compañías privadas.¹

Nanosatellite Database. [en línea]. [citado en 25 de mayo de 2021].

(Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu., 2021)

Algunas de las misiones que hacen parte de los datos mencionados en el párrafo anterior son mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. CubeSats 1U exitosamente operados en órbita (lista parcial)

Satellite	Organisation	Launch Date	Launcher
3Cat 1	Universidad Politécnica de Cataluña	2016	FALCON-9 V1.2
AAUSAT 5	Aalborg University	19.08.2015	H-2B-304
AeroCube 4C (AC 4C)	Aerospace Corporation	13.09.2012	Atlas-5(401)
AESP-14	IPA, INPE	10.01.2015	Falcon-9 v1.1
ARC 1	Alaska Space Grant Program	08.10.2015	Atlas-5(401)
ArduSat 1	NanoSatisfi	03.08.2013	H-2B-304
ArduSat X	NanoSatisfi	03.08.2013	H-2B-304
BeeSat 4	TU Berlin	2016	PSLV-CA
Black Knight 1	USMA	20.11.2013	Minotaur-1
Cal Poly 1U (CP1U)	CalPoly	27.03.2010	Terrier Mk.70 Improved Malemute
CanX 1	UTIAS	30.06.2003	Rokot-KM
CANYVAL-X 2	Astrodynamics and Control Lab. Yonsei Univ.	2016	Falcon-9 v1.2
CAPE 2	University of Louisiana	20.11.2013	Minotaur-1
Centennial 1	Booz Allen Hamilton	14.04.2015	Falcon-9 v1.1
ChargerSat 1 (UAH)	University of Alabama in Huntsville	20.11.2013	Minotaur-1
Chasqui 1	Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, SWSU	05.02.2014	Soyuz-U
COMPASS 1	Fachhochschule Aachen	28.04.2008	PSLV (3)
COPPER (SLU 01)	St. Louis University	20.11.2013	Minotaur-1
CSTB 1	Boeing	17.04.2007	Dnepr

CUNYSat 1	City University of New York	06.12.2013	Atlas-5(501)
CUTE 1 (CO 55, OSCAR 5)	Tokyo Institute of Technology	30.06.2003	Rokot-KM
DragonSat 1	Drexel University	20.11.2013	Minotaur-1
FUNcube1	AMSAT-UK	13.02.2012	Dnepr
KSAT 2 (HAYATO 2)	Kagoshima University	24.02.2014	H-2A-202
M-Cubed / COVE2	University of Michigan / JPL	06.12.2013	ATLAS-5
NEE 01- Pegaso	EXA (Agencia Espacial Civil Ecuatoriana)	26.04.2013	CZ-2D (2)
OSSI 1	Open Source Satellite Initiative	19.04.2013	Soyuz-2-1a
PropCube 1 (Flora)	SRI International	08.10.2015	Atlas-5(401)
PropCube 3 (Merryweather)	SRI International	08.10.2015	Atlas-5(401)
SwissCube 1	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	23.09.2009	PSLV-CA

Fuente: (Gunter's Space Page, s.f.)

Una base de datos con información muy completa y actualizada en tiempo real de cada misión que involucra un CubeSat puede encontrarse en la dirección de internet (CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space, 2015). Muestra para cada satélite información como nombre de la misión, organización propietaria, nación, tipo o masa del satélite, fecha de lanzamiento, órbita, tipo de misión, objetivos de la misión, tiempo de vida o estado en órbita, una dirección web donde se encuentra toda la información de la misión, etc.

Todas las misiones a la fecha son consideradas, de algún modo, misiones con objetivos tecnológicos. Ejemplo de esto son las misiones que se han llevado a cabo para

demostración de dispositivos electrónicos y arquitecturas de sistemas desarrolladas por alguna institución o como demostración de componentes de clasificación no espacial y comercial.

Requerimientos y restricciones en los CubeSats.

- Ya que se han vuelto un estándar, deben cumplir con unos requerimientos y restricciones básicas particularmente en lo referente a tamaño y forma.
- Existen requerimientos y restricciones con respecto al dispositivo de despliegue tales como masa máxima, forma de embalaje, localización de ventanillas de acceso al CubeSat, etc.
- Requerimientos referentes al vehículo de lanzamiento en el que serán montados los dispositivos de despliegue.

- Requerimientos y restricciones referentes a la campaña de lanzamiento los cuáles tienen que ver con el uso de elementos de alto riesgo como el combustible y los sistemas de propulsión.
- Requerimientos y restricciones de tipo normativo y regulatorio referentes al respeto de leyes y tratados de uso del espacio.
- Requerimientos y restricciones relacionados directamente con el diseño, métodos de desarrollo, carga útil, etc.

Muchos de estos requerimientos y restricciones no son conocidos desde el principio del desarrollo del CubeSat, por ejemplo, el vehículo de lanzamiento y las condiciones específicas del planeamiento de la misión sólo se conocen en una etapa posterior.

Algunos CubeSats tienen inclusive que cumplir misiones, las cuales poseen un alto grado de dificultad, tales como las misiones de monitoreo en desastres naturales o detección de objetos espaciales. La toma de imágenes de la Tierra es una misión comúnmente asignada a CubeSats usando cámaras CMOS con lentes sin ninguna complejidad.

Un impedimento para el desarrollo de una plataforma capaz de realizar misiones de este tipo es la prueba y evaluación de nuevos enfoques para incrementar la velocidad de descarga de datos y la fiabilidad de éstos. Las misiones de observación de la Tierra

poco a poco van siendo más importantes y reconocidas en CubeSats, pues éstos cada vez son más útiles y aumentan sus capacidades en su ingeniería.

Algunas estadísticas principales de las misiones CubeSat.

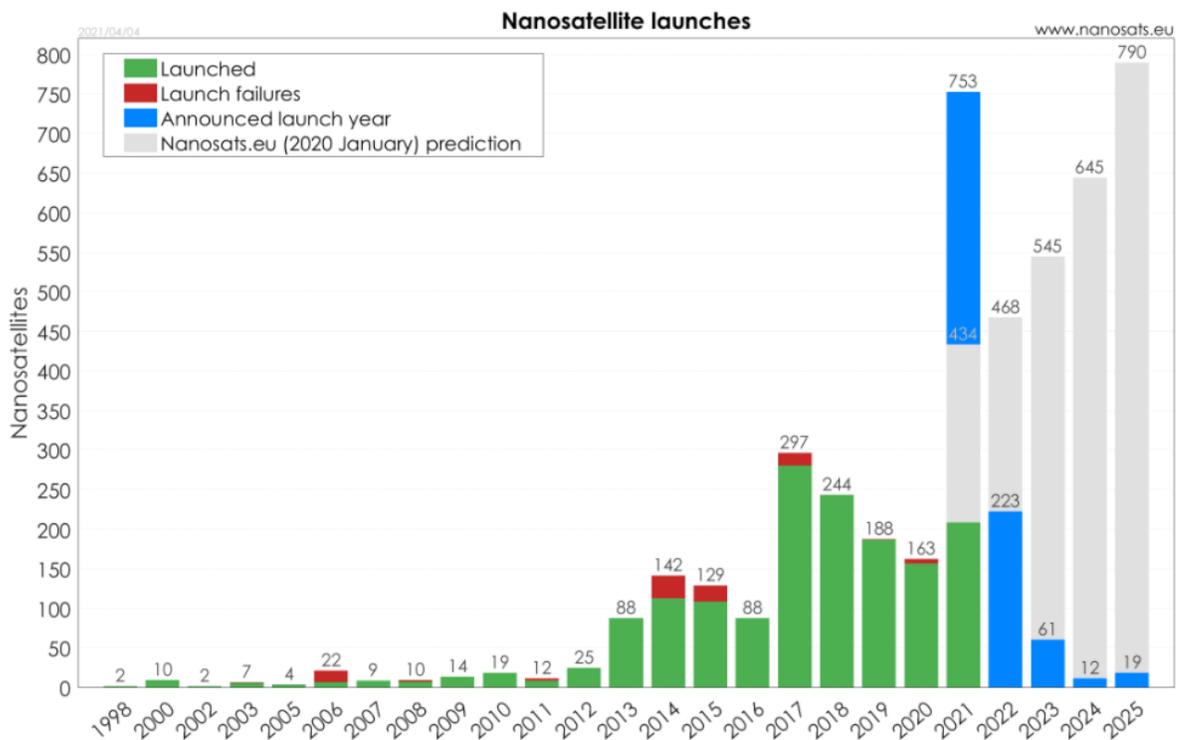
En la actualidad son muchos los proyectos CubeSats que han sido desarrollados cumpliendo diversos tipos de misiones (científicas, prueba de tecnología, experimentación, observación de la tierra, usos militares, etc.). Muchos de estos proyectos se han llevado a cabo por universidades con propósitos académicos, por agencias privadas desarrolladoras de dispositivos y sensores para uso en el espacio y por agencias espaciales de países que empiezan a dar sus primeros pasos en el uso de esta tecnología.

Otra razón por la cual los proyectos CubeSats están tomando impulso es que en un solo lanzamiento pueden ser desplegados varios satélites dado que su diseño y su peso lo

permiten, lo cual baja los costos de puesta en el espacio de una manera sustancial poniendo al alcance de naciones en desarrollo todos los beneficios que el uso de los CubeSats puede proporcionarles, especialmente aquellos cuya misión es la toma de imágenes de la superficie terrestre.

Como se muestra en la Figura 3, desde el año 1998 hasta el año 2021 se nota un continuo crecimiento en el número de lanzamientos de CubeSats, pero es el año 2025 en el que se visualiza un incremento muy sustancial en el número de proyectos que se tienen planeados para su lanzamiento lo cual demuestra el gran interés que se tiene por el desarrollo de dicho tipo de satélites y sus amplias aplicaciones.

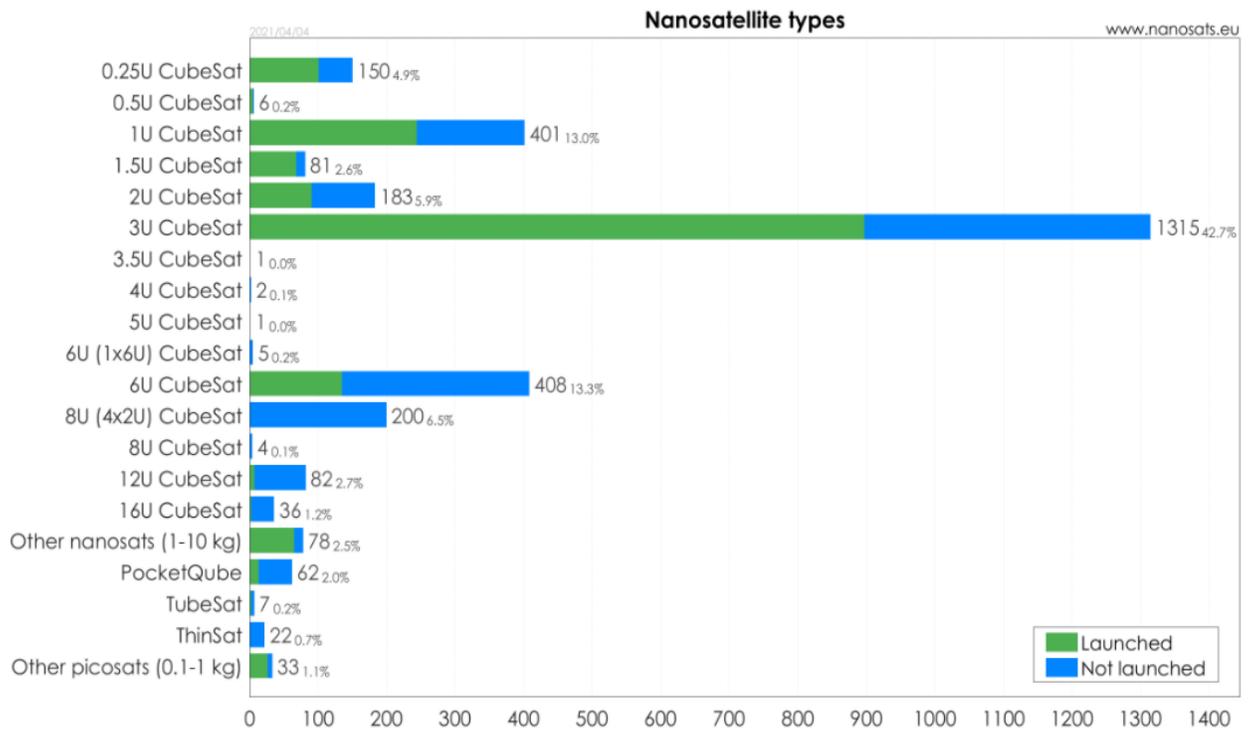
Figura 3. Número de satélites año de lanzamiento



Fuente: (Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu., 2021)

En la Figura 4 se puede ver una clasificación de los CubeSats por masa y tipo mostrando que son los CubeSats 3U (3 Unidades) los que más han sido desarrollados o se tienen en proyecto de ser lanzados seguidos de los CubeSats 1U (1 Unidad). Los CubeSats 3U por su tamaño y diseño permiten la adaptación de una mayor cantidad de dispositivos y sensores para realizar la misión a los que están dirigidos, aunque su costo, por obvias razones, se incrementa.

Figura 4. Satélites clasificados por masa y tipo

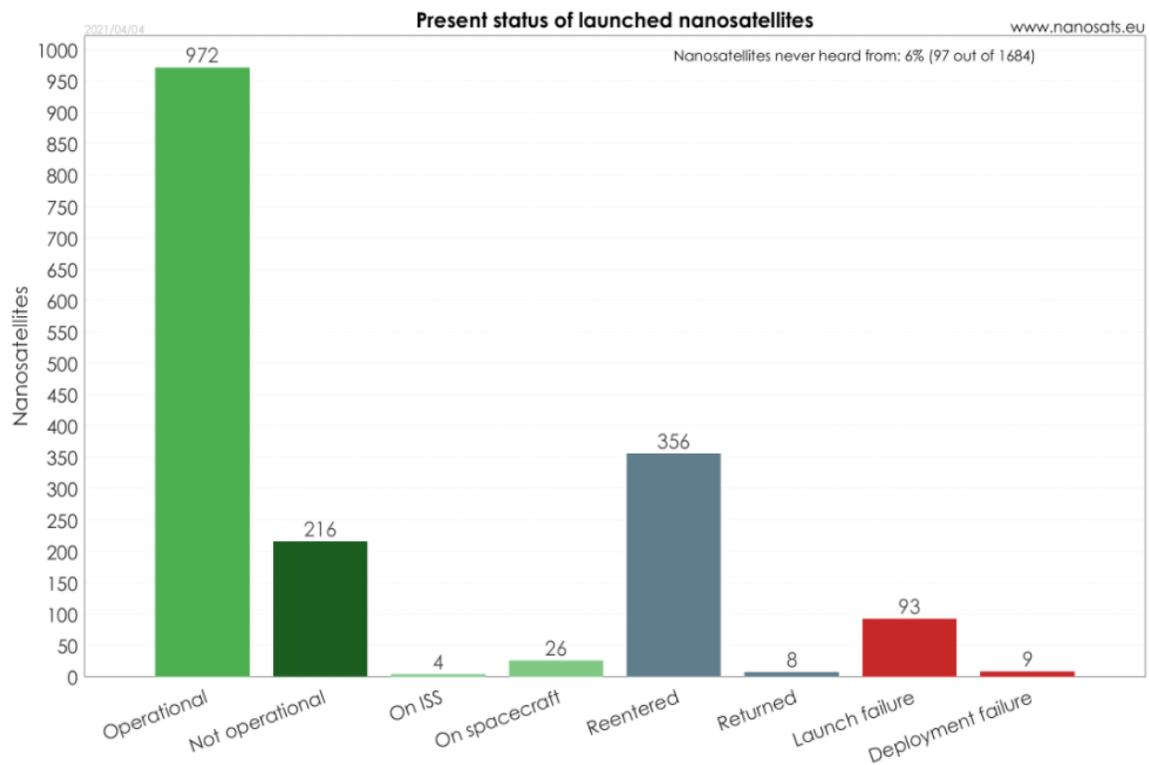


Fuente: (Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu., 2021)

Como se puede ver en la Figura 5 se encuentran hasta abril del año 2021 un número de 972 CubeSats en estado operacional, 216 no operacionales, 356 que han sido bajados

de órbita, 93 han presentado fallas en el lanzamiento, 8 han regresado a la tierra y 9 fallaron en el momento de su puesta en órbita.

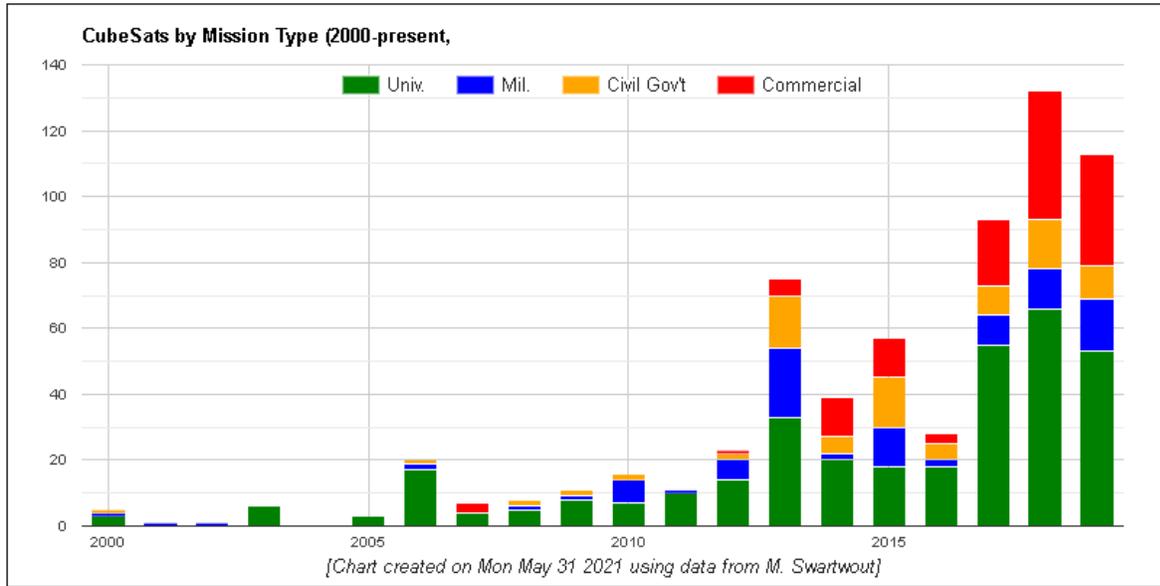
Figura 5. Estado de los satélites a abril de 2021



Fuente: (Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu., 2021)

La Figura 6 muestra una clasificación de los CubeSats según su tipo de misión desde el año 2000 hasta el 2019 resaltando especialmente que la mayor cantidad de misiones y aplicaciones de esta clase de satélites están orientadas hacia la demostración y pruebas de tecnología y la observación de la tierra. Además, otro punto importante a destacar es que su desarrollo se ha realizado principalmente por parte de instituciones universitarias.

Figura 6. Satélites por tipo de misión



Fuente: (Swartwout, CubseSats Database. Saint Luis University, 2021)

Los CubeSats generalmente están compuestos por dispositivos de tipo COTS (Comercial Off The Shelf), razón por la cual su costo de desarrollo es bajo. Los elementos COTS son productos que se encuentran disponibles comercialmente y pueden ser comprados y encontrados por cualquier persona y están diseñados para ser fácilmente instalados en sistemas existentes sin necesidad de personalizaciones y adecuaciones.

Otras de las misiones que pueden tener los CubeSats dependiendo de su carga útil y configuración son: monitoreo de la meteorología espacial, rastreo de objetos en órbita, toma de imágenes de la Tierra, detección de lluvia de rayos cósmicos, mapeos estelares, retransmisión de datos, reprogramación computarizada y sensoramiento multiespectral, entre otras.

Con más de 60 universidades participando en proyectos de CubeSats, los beneficios en la educación son increíbles. Estudiantes a través de su trabajo podrán desarrollar las habilidades y experiencia necesarias para tener éxito en la industria aeroespacial. Los proyectos de CubeSats, así mismo, brindan miles de beneficios para empresas privadas y públicas como al gobierno proporcionando, a un bajo costo, una excelente calidad y efectividad en sus misiones y así mismo creando muy buenas oportunidades para los estudiantes en la investigación.

Los CubeSats son destinados a estar siempre en órbita baja (LEO) debido a que no cuentan con sistemas de propulsión disponibles a esta escala que puedan darles la energía suficiente para llegar más lejos. Esto podría cambiar pronto y posibilitaría nuevas misiones y aplicaciones. Las misiones para CubeSats en órbita baja son de comunicación con estaciones terrenas y en algunos casos transmiten imágenes. Por otro lado, las cámaras instaladas en dichos satélites cada vez son más pequeñas, pero más potentes proporcionando una gran mejora en la resolución espacial y detalle de las imágenes.

Una muy completa base de datos actualizada a la fecha donde se pueden consultar las misiones CubeSats con información de su fecha de lanzamiento, nombre, desarrollador del satélite, tipo de CubeSat, tipo de misión, estado funcional, dispositivo de despliegue, etc puede encontrarse en la página web (Swartwout, CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers., 2016)

Agradecimientos.

Deseo expresar mis agradecimientos al Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (Esionwus, 2021)(CITAE) en cabeza de la Mayor Sonia Luz Rincón, a la Mayor Paola Andrea Zárate y al equipo de dicho centro por su colaboración y apoyo con información proporcionada para llevar a cabo la ponencia en el evento “Hablando de Ciencia”.

Bibliografía

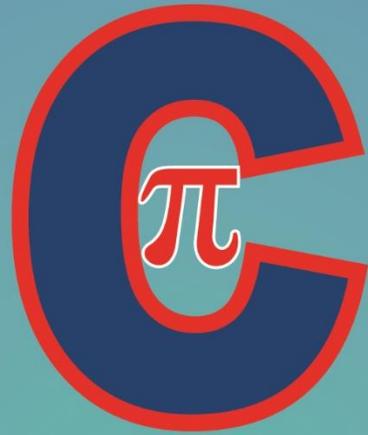
- Amaro, J. E. (21 de 3 de 2006). *universidad de granada*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema1/node15.html>
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine, 1*.
- Bart, J., & Rutten, J. (1997). A tutorial on (Co)algebras and (Co)induction. *EATCS bulletin*, 222-259.
- Boden, M. A. (1994). *Filosofía de la inteligencia artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Bradford, J., Williams, C., & DelPozzo, S. (2020). *Nano-Microsatellite Market Forecast*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://a3space.org/wp-content/uploads/2020/02/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-2020.pdf>
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. Mexico D. F., Mexico: Paidós.
- Bruner, J. (1997). *La educación: puerta de la cultura*. Madrid, España: Visor.
- Buduma, N., & N., N. L. (2017). *Fundamentals of Deep Learning*. O'Reilly Media.
- Cid Manzano, R., & Cid Vidal, X. (2010). *Acercándonos al LHC*. Obtenido de https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.standard_model/idioma/es_ES
- Comisión Colombiana del Océano. (8 de 02 de 2015). *CCO - Programa Antártico Colombiano*. Obtenido de <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>
- Correa, J. (2016). *Propuesta de sensor remoto para un satélite pequeño (CubeSat) de observación de la tierra desarrollado por la Escuela Militar de Aviación de la Fuerza Aérea Colombiana*.
- CubeSat Design Specifications*. (1999). Obtenido de https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf
- Cubesat Requirements and Constraints [en línea]*. (25 de 05 de 2021). Obtenido de <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>
- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space*. (2015). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.isispace.nl/cubesats/>
- Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu*. (25 de 05 de 2021). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.nanosats.eu/>

- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing*. New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (01 de 02 de 2020). *FAC*. Obtenido de Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (05 de 03 de 2020). *Fuerza Aerea Colombiana*. Obtenido de IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen, J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si-/C -PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Project "PRISM"*. *Researchgate*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM
- Esionwus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions*. *Academia.edu*. Recuperado el 08 de 05 de 2021, de https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf
- Felipe, A. (26 de Febrero de 2017). *Historia-Biografia.com*. Obtenido de <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crito,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Fisica cuantica en la red*. (08 de 2014). Obtenido de <http://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory*. Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News*. (19 de junio de 2011). Obtenido de <https://francisthemulenews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximacion*. Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologías Inteligencia artificial, robotica y sistemas autnomos. (2018). *Declaracion sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos"*. Luxemburgo: Comision Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Cymbolix*.
- Gunter's Space Page*. (s.f.). Obtenido de http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm
- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience*. Oxford University Press.
- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones. Doctorado thesis, Universidad Nacional*. Manizales, Colombia.
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (05 de 2015). Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atomico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (28 de 06 de 2017). Obtenido de <http://fenomenoselectricosoyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atomico-de-thomson.html>

- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat*. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y un idad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning. Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Martinez, F. (s.f.). *La tribología: Ciencia y técnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative*. (2021). Recuperado el 18 de 05 de 2021, de http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.
- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4ta ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (16 de julio de 2019). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry*. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9.).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods*. *Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Baviera, Alemania.
- Ramirez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulación de circuitos sinápticos sensoriomotores. Introducción a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Remote sensors Earthdata*. *Earthdata.nasa.gov*. (2021). Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: MxGraw Hill.
- Rincón, S., Cárdenas, L., & Tulcán, C. (2020). *Informe de comisión proyecto final*. Santiago de Cali: CITAE .
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>
- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (s.f.). *Learning Representation by Back- Propagating Errors* (Vol. 323). *Nature*.
- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions*. (2021). Recuperado el 06 de 05 de 2021, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (26 de 05 de 2020). *FAC*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>

- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Obtenido de *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council*. (2021). Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art*. (2015). Recuperado el 15 de 05 de 2021, de NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Speretta, S., Perez, S., T., B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketqubes: Opportunities and Challenges*. In *Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de [IAC-16-B4.7.5_A]IAF: http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de *Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit*: <http://www.CubeSatkit.com/>
- Structural Subsystem*. (s.f.). Obtenido de http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers*. Recuperado el 07 de 05 de 2021, de http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf
- Swartwout, M. (2021). *CubseSats Database. Saint Luis University*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). *Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos . Contribuciones a una teoría general de la artificialidad* . Buenos Aires: Aike Editoriales.
- Thome, K. (2003). *Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula* . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappenberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification of Design Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>
- Tulcan, T. (2020). *Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales* , Enero - Marzo 2020 .
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (7 de 7 de 2017). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Obtenido de <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.

- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Diseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). Microstructure and wear of materials Tribology series. (E. S. B.V., Ed.) 10.



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*

