

Arquitectura y Medicina Inteligente contra el Cáncer: Nanorobots.

Diego Geovanny Criollo Tacuri
Universidad Politécnica Salesiana

Resumen—El presente documento tiene como fin presentar prototipos y arquitecturas renovadoras para la medicina nanorobótica. El campo de diseño y construcción de dispositivos a un nivel atómico, molecular o celular que se convierten en un campo exigente tratando con cosas minúsculas. Se pretende dar a conocer un hardware innovador mediante la obtención de datos clínicos, sistemas embebidos de transición de datos utilizando tecnología inalámbrica en terapias del cáncer. Conocer algunos acontecimientos en curso y las tendencias en la nano electrónica, enfoques de simulación en 3D. Los nano-robots como respirocitos y microbivores se han diseñado como sustitutos artificiales de la sangre, cumpliendo todas las funciones de las células rojas. Su actuación en el interior del cuerpo humano sus frecuencias de comunicación y las medidas más considerables y mejoradas que van desarrollando de acuerdo al sistema de utilización y el propósito que cumpla en el interior de un ser humano. Saber las señales químicas que producen, y los cambios que producen de acuerdo a las etapas del cáncer y su operación por la comunicación en tiempo real al ordenador o base de datos. Establecer un entorno general de las aplicaciones médicas utilizadas en la actualidad y las diversas aplicaciones que nos permiten cumplir actuando de forma real y precisa.

Index Terms—Nanorobots, Proliferante, Nanotecnología, Metabólicos, Catéteres, Electrodo

I. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio del conocimiento humano, con su crecimiento y desarrollo, las innovaciones medicas están todavía en sus etapas iniciales de encontrar diversos mecanismos y formas para tratar el cáncer. La situación mundial padece y necesita tratamientos contra este mal que daña gravemente a la sociedad o a una parte de ella. El elevado numero de pacientes con cáncer sitúan su tratamiento entre la prioridad de la investigación científica [1].

La tecnología de la creación de máquinas o robots en o cerca de la escala microscópica de un nanómetro. la interesante posibilidad de que las máquinas construidas a nivel molecular se pueden usar para curar el cuerpo humano de sus diversos males. Esta aplicación de la nanotecnología en el campo de la medicina se denomina comúnmente como la nanomedicina. El advenimiento de la nanotecnología con la fabricación de nanorobots, (Máquinas capaces de manipular átomos, moléculas y operar de forma precisa.) abre nuevas ventanas que prometen maneras eficaces en la localización de las fuentes químicas, realizando un control de las células cancerosas y eliminándolas [1], [2].

Diego Geovanny Criollo Tacuri, Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrica, Cuenca, Ecuador, e-mail: dcriollo@est.ups.edu.ec.

El cáncer es el crecimiento inusitado y descontrolado de células que tienen la capacidad de migrar a otros lugares y hacia la superficie. Las células cancerosas se replican mas rápido que las células sanas, provocando la deformación en el suministro de nutrientes y en la eliminación de residuos metabólicos. Como en el cuerpo humano las células cancerosas se reproducen mas rápidamente, los nutrientes adecuados no llegan a servir a todas las células sanas, comenzado una competencia por nutrientes por las cuales no logran alcanzar esto hace que sean reemplazadas por células tumorales. Una vez desarrollado el tumor las células internas perecerán y solo las superficiales tendrán acceso a los nutrientes, esto hace que en determinado momento el incremento del tumor llegara a un estado de equilibrio donde la tasa de muerte celular sera igual a la tasa de proliferante celular [1].

El actual método convencional en el tratamiento del cáncer, implica la inserción de catéteres para permitir la quimioterapia, esto permite la reducción de cáncer presente, para luego reducir los tumores quirúrgica mente, los diversos factores solicitan la necesidad de implementar tecnología, proporcionando a gentes a nivel molecular; tendrán la capacidad de identificar células cancerosas y comunicar externamente a un dispositivo, todos estos percances y necesidades solo podrán ser buscados en el nano mundo. Nanorobots que puedan navegar diagnosticando cáncer y administrando fármacos inteligentes [1].

II. CONCEPTOS GENERALES

Las principales tecnologías y parámetros, el uso de tratamientos y aplicaciones utilizados para la medicina nanorobotica su arquitectura y activación de control requerida que puede ser conducida a la fabricación de maquinas moleculares se describirán a continuación.

II-A. Componentes de los Nanorobots

La compleja tecnológica y trabajar con medidas extremadamente minúsculas, hace que los diversos componentes en un nanorobot incluyan suministro de energía, pulmón de combustible, sensores, motores, manipuladores a bordo de ordenadores, bombas, tanques de presión y apoyo estructural. Las sub-estructuras en un nanorobot incluyen:

1. Payload: Esta sección contiene una pequeña dosis de medicamentos. Los nanorobots podrían atravesar en la viscosidad de la sangre y liberar el fármaco al sitio de la infección [3].
2. Micro cámara: El nanorobot puede incluir una cámara en miniatura, esto hace que el operador pueda dirigirlo a través del cuerpo humano de forma manual [3], [5].

3. Electrodo: El electrodo montado en el nanorobot podría constituir la batería utilizando los electrolíticos en la sangre. Estos electrodos también servirían para destruir células cancerosas mediante la generación de corriente eléctrica [3].
4. Lasers: Estos podrían quemar el material nocivo como la placa arterial, coágulos de sangre o células cancerosas [5].
5. Señal ultrasonica: Estos generadores son utilizados cuando se utilizan los nanorobots para destruir y atacar cálculos renales [5].
6. Cola nadadora: El nanorobot requerirá a un medio de propulsión para entrar en el cuerpo a medida que viajan en contra del flujo de sangre en el cuerpo, es por eso que esta cola le proporcionara el empuje necesario [5].

El minúsculo nanorobot contara con motores para el movimiento y brazos manipuladores. Los dos principales enfoques en la construcción son el ensamblaje posicional, el brazo de un robot en miniatura servirá para recoger moléculas y montarlas manualmente. Los nanorobots tienen sensores químicos que pueden detectar las moléculas, la inteligencia de estos se proporciona a través de la denominada inteligencia de enjambre (Inteligencia Swarm) algoritmos diseñados para la inteligencia artificial inspirado en el comportamiento de los animales sociales como hormigas, abejas y termitas trabajando en colaboración sin un control centralizado. Los tres tipos principales de técnicas de inteligencia enjambre diseñados son: optimización hormiga colonia (ACO), colonia de abejas artificial (ABC) y la optimización de enjambre de partículas (PSO) [6].

II-A1. Respirocitos: Nanorobots diseñados como glóbulos rojos artificiales, que van a ser transmitidos por la sangre a un diámetro dimensionado. La capa exterior esta hecha de diamondoid bombas de moléculas selectivas y reversibles, estos respirocitos llevaran moléculas de oxígeno y dióxido de carbono a todo el cuerpo [7].

Esta constituido de 18 mil millones de átomos, que se distribuyen precisamente en unos tanques de presión, estos les permitirá almacenar hasta 3 mil millones de moléculas de oxígeno y carbono dióxido. Este entregara 236 veces mas oxígeno a los tejidos del cuerpo humano, comparado con células rojas de sangre natural [8].

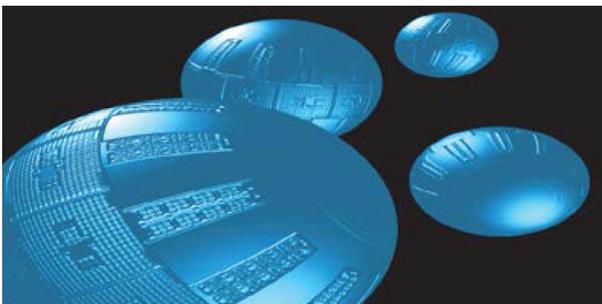


Figura 1. Diseño de un Respirocito (Robert A.Freitas Jr.)

II-B. Tecnología de Elaboración

La fabricación de nanorobots podría resultar una tendencia actual y nuevos métodos de fabricación, manipulación y sistematización estos dependerán de los diferentes cambios de temperatura y agrupación de productos químicos en el torrente sanguíneo. El diseño de estos sistemas se da utilizando litografía ultravioleta profunda debido a su alta precisión en nanodispositivos y nanoelectrónica [9].

La tecnología CMOS conduciría con éxito el camino para los montajes necesarios para la fabricación de los nanorobots, ya que con el uso de nanofotónica, nanotubos aumentarían los niveles de resolución desde 248nm a 157nm, logrando una implementación exitosa [10].

II-C. Sensor Químico

Los productos químicos y con sensores de movimiento de fabricación con silicio utilizan una jerarquía que se basa en una arquitectura con sistemas de dos niveles. El uso de nanocables, producen costos significativos, demanda de energía para transferencia de datos como la reducción de su circuito un 60% [11].

La evolución reciente de los circuitos en 3D y FinFETs (puertas - dobles) han logrado resultados sorprendentes en semiconductores, mejorando aun su técnica de fabricación y su tecnología para alto rendimiento con la estructura, sobre de silicion aislante (SOI) [12], [13].

II-D. Fuente de Alimentación

El uso de la tecnología CMOS para la telemetría activa y fuente de alimentación es la forma mas eficaz para mantener la energía siempre y cuando que se desee mantener al nanorobot en funcionamiento esta técnica también es usada para la codificación de transferencia de datos digitales desde el interior del cuerpo humano [13].

Esto permite que nanocircuitos con propiedades eléctricas resonantes operen como chips proporcionando el suministro de energía electromagnética llevando a cabo muchas tareas con pocas o ningunas pérdidas significativas. Los procedimientos de telemetría han dado resultados significativos en la monitorización de pacientes y transmisión de energía con el uso de acoplamiento inductivo[14].

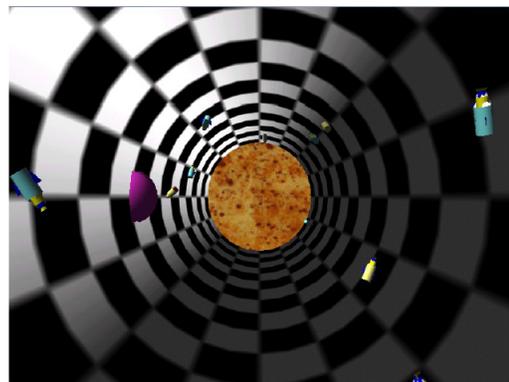


Figura 2. Control de Diseño Nanorobot (Adriano Calvacanti)

Todos los nanorobots nadan cerca de la pared para detectar señales de cáncer. vena vista interna sin los glóbulos rojos. La célula de tumor se representa el objetivo por la esfera rosa situada a la izquierda en la pared.

II-E. Transmisión de Datos

El estudio de dispositivos y sensores implantados dentro de un cuerpo humano para la transmisión de datos de la salud de los pacientes logra facilitar numerosas ventajas en la revisión medica. La recopilación de datos en vivo y su transmisión fue lograda con éxito en electroencefalogramas. La comunicación de espacios de trabajo, aplicaciones, acústica, luz y señales químicas son consideradas para comunicación y transmisión de datos usadas en la coordinación de trabajo en equipo. La implementación de sensores integrados para la transferencia de datos es la mejor respuesta para leer y escribir datos en dispositivos [15].

Las frecuencias de comunicación que un nanorobot puede alcanzar es $20 \mu W$ a $8 Hz$ a tasas de resonancia con el suministro de $3V$. La arquitectura de la maquina molecular que ha establecido con éxito una antena con el tamaño de $200nm$ para el nanorobot existiendo frecuencias que van desde 1 a $20MHz$ utilizadas con éxito para aplicaciones biomédicas sin causar daños [21].

II-E1. Aplicación del Sistema: La arquitectura nanorobotica implica el uso de teléfonos móviles, quimioterapia inteligente en la detección del cáncer. Estos utilizan un sistema transponedor en posicionamiento vivo utilizando bases de comunicación o protocolos que permiten posicionar al nanorobot.

III. SEÑALES QUÍMICAS EN EL CUERPO HUMANO

Uno de los aspectos claves para hacer frente a las diversas aplicaciones de los nano-robots para el cáncer es la interacción de las de las señales químicas con el torrente sanguíneo. La arquitectura diseñada en la detección de cambios restantes, es examinado para mejorar la respuesta de los biosensores y sus capacidades. En este modelado utilizan el de render este nos permite una mejor profundidad y percepción de la distancia en 3D [22]. El comportamiento nominal de un nanorobot pasando por encima del objetivo (circulo pequeño gris) con el fluido que se mueve a la derecha. Línea discontinua gruesa muestra inicial movimiento pasivo, que dura alrededor de $10ms$, como el nanorobot determina la señal de concentración es significativamente por encima del fondo. Las distancias son en micras. Como podemos observar en la Fig. 3

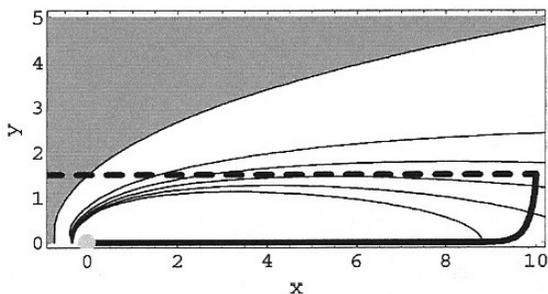


Figura 3. Comportamiento Nominal de un Nanorobot.

Cuando un primer nanorobot detecta un tumor para el tratamiento medico, este a su vez puede ser programado para estar fijo en este punto atrayendo a un numero predefinido de otros nanorobots a la ayuda para quimioterapias con el suministro preciso de drogas, la comunicación inalámbrica dará a conocer la posición exacta a los médicos donde se encuentra el tumor[23].

Su actuación como el quorum en las bacterias estas pueden atraer o derogar nanorobots estimando cuantos deberán estar en el objetivo, esta cantidad puede variar dependiendo de la etapa y tamaño del cáncer[23].

Métodos de Control:

- Aleatorios: Nanorobots móviles pasivamente con el fluido pueden alcanzar el objetivo solo si se encuentran en ella debida al movimiento browniano.
- Seguimiento de Gradiente: Una concentración de nanorobots se localizan en el monitor y se visualiza la intensidad de las señales de E-cadherina cuando detectan un objetivo hasta llegar al gradiente, si en el trayecto este estima que no se encuentra una señal adicional en $50ms$, el nanorobot considera que la señal es un falso positivo y considera fluyendo en el liquido sanguíneo.
- Gradiente con atrayente: Estos liberan una señal química diferente utilizando por otros para mejorar su capacidad de encontrar el objetivo, esta técnica implica la comunicación entre los nanoroboto's al evaluar estas técnicas se aprecia el beneficio de la comunicación química entre nanorobots para trabajar en aplicaciones biomédicas.

IV. SISTEMAS DE IMPLEMENTACIÓN

Los prototipos de los nanorobots utilizan un enfoque basado en tareas con la detección de concentraciones mas altas de proteína alfa-NAGA. La simulación y análisis consisten en adoptar una visión multi-escala del escenario con la simulación de flujo sanguíneo, incorporando la morfología física del entorno biológico junto con los patrones de flujo de fluidos fisiológicos aliandose con los sistemas de nanorobots para su accionamiento, detección y control. Por lo tanto el software NCD (Control Design Nanorobot) se utiliza para detección y actuación este modelo computacional se aplica como una herramienta practica de control y diseño [24], [25].

Estas herramientas han apoyado significativamente la industria de los semiconductores para lograr la implementación VLSI mas rápido. La simulación puede anticipar el rendimiento, la cual ayudara en la nueva creación de prototipos de dispositivos y de fabricación de hardware [25], [26].

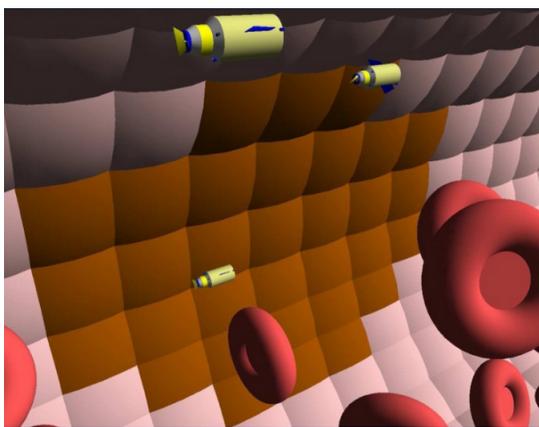


Figura 4. Parte afectada de un vaso sanguíneo (Adriano Calvacanti)

V. APLICACIONES DE LOS NANOROBOTS EN LA MEDICINA

Sus diversas aplicaciones en la medicina les permite realizar una variedad de tareas el seguimiento y tratamiento de la enfermedades vitales. Los nanorobots son capaces de suministrar medicamentos y drogas en sitios / objetivos específicos en el cuerpo humano.

Aplicaciones de los nanorobots:

1. **Pharmacytes:** Son nanorobots diseñados para la acción de liberación del fármaco. La dosis de fármaco se carga y este a su vez sera capaz del transporte y la entrega precisa de fármaco en destinos específicos. Al llegar al lugar indicado o localizar el tumor el pharmacytes liberara el fármaco a través de nano inyección o por penetración progresiva, hasta que esta alcance su carga útil [16].
2. **Vigilancia del cuerpo:** Otra tarea especifica que podrían cumplir es la de supervisión continua de los signos vitales y la transmisión inalámbrica mediante los nanorobots. Estos nuevos avances también ayudarían a una respuesta inmediata si se da algún cambio brusco en las entrañas y riesgos así como también la advertencia de altos niveles de glucemia para el caso de los diabéticos [17].
3. **Dentistry:** Otra ayuda medica seria en los tratamientos dentales conocidos como dentifrobots. Estos nanorobots pueden incluir analgesia oral, de sensibilizar los dientes, manipular los tejidos para alinear y enderezar un conjunto irregular en los dientes [18].
4. **Cirugías:** Los nanorobots programados quirúrgicamente pueden actuar como un cirujano semiautónomo en el cuerpo humano. Realizando diversas funciones como detección de patologías, diagnósticos y corrección de lesiones por nano - manipulación [19].
5. **Terapia Genética:** La medicina nanorobotica puede tratar enfermedades genéticas mediante la comparación de la estructura molecular de ADN y proteínas que se encuentran en la célula [20].

6. **Cirugías Delicadas:** Los nanorobots tendrían la facilidad de realizar micro cirugías del ojo como también cirugías de la retina y las membranas que las rodean. Otra de las funciones que podrían cumplir es la de suministrar la droga en una parte distinta del cuerpo y guiarla al ojo, evitando inyectarla directamente [17].
7. **Cirugía Fetal:** Considerada una cirugía rigurosa debido a la alta tasa de mortalidad ya sea de la madre o del bebe, podría mejorar debido a que los nanorobots pueden proporcionar un mejor acceso a la zona requerida induciendo un trauma mínimo [17].

VI. CONCLUSIONES

La recopilación y el estudio de los diferentes nanorobots y los nanobiosensores químicos, para la detección de los niveles de E-cadherina en sus fases primarias y metafísicas de la información recopilada establece una metodología integral de seguimiento de célula tumoral solo en una pequeña vena, en el cual estos nanorobots utilizan técnicas de comunicación para aumentar la eficiencia y enfrentar a un organismo canceroso en el interior del cuerpo humano. La recopilación de la información de las simulaciones ha demostrado como responder en un menor tiempo y lograr la detección de tumores, combinando las capacidades de comunicación como estrategia de un nanorobot. La investigación y desarrollo de nanorobots pueden resultar una mejora significativa de la instrumentación medica y avances sin precedentes en la terapia del cáncer.

REFERENCIAS

- [1] J. H. Rosales «The Triple Helix Online (A global forum for science in society)», Sep, 2011.
- [2] Frappaz D. «Bone metastasis of glioblastoma multiforme confirmed by fine needle biopsy». Acta neurochirurgica, Pag. 141, 551-552, 1999.
- [3] Kharwade, M., M., Nijhawan, and S., Modani, "Nanorobots: A Future Medical Device in Diagnosis and Treatment", Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 4 (2): 1299-1307, 2013.
- [4] Sujatha, V., M., Suresh, and Mahalaxmi, "Nanorobotics - a futuristic approach", Indian journal of Dentistry, 1(1):86-90, 2010
- [5] Sujatha, V., M., Suresh, and Mahalaxmi, "Nanorobotics - a futuristic approach", Indian journal of Dentistry, 1(1):86-90, 2010
- [6] Kharwade, M., M., Nijhawan, and S., Modani, "Nanorobots: A Future Medical Device in Diagnosis and Treatment", Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 4 (2): 1299-1307, 2013.
- [7] Robert, A. F. J., "Current Status of Nanomedicine and Medical Nanorobotics", Journal of Computational and Theoretical Nanoscience 2: 1-25, 2005.
- [8] Robert, A. F. J., "Medical Nanorobotics: The Long-Term Goal for Nanomedicine". in Mark J. Schulz, Vesselin N. Shanov, eds., Nanomedicine Design of Particles, Sensors, Motors, Implants, Robots, and Devices, Artech House, Norwood MA, 367-392, 2009.
- [9] T. Hogg, P. J. Kuekes, "Mobile microscopic sensors for high resolution in vivo diagnostics", Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine, Vol. 2, no. 4, pp. 239-247, Dec. 2006.
- [10] W. Bogaerts, R. Baets, P. Dumon, V. Wiaux, S. Beckx, D. Taillaert, B. Luyssaert, J. V. Campenhout, P. Bienstman, D. V. Thourhout, "Nanophotonic Waveguides in Silicon-on-Insulator Fabricated with CMOS Technology", J. of Lightwave Technology, vol. 23, no. 1, pp. 401-412, Jan. 2005.
- [11] W. Xu, N. Vijaykrishnan, Y. Xie, M. J. Irwin, "Design of a Nanosensor Array Architecture", ACM Proceedings of the 14th ACM Great Lakes symposium on VLSI, Boston, Massachusetts, USA, Apr. 2004.

- [12] K. Bernstein, C. T. Chuang, R. Joshi, R. Puri, "Design and CAD Challenges in sub-90nm CMOS Technologies", ACM Proc. of the Int'l Conf. on Computer Aided Design (ICCAD'03), pp. 129-136, 2003.
- [13] P. Mohseni, K. Najafi, S. Eliades, X. Wang, "Wireless multichannel biopotential recording using and integrated FM telemetry circuit," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 13, no. 3, pp. 263-271, Sep. 2005.
- [14] Ferrari M. Cancer nanotechnology: opportunities and challenges. Nat Rev Cancer, pp 5:161,2005.
- [15] C. Panis, U. Hirschrödt, S. Farfeleder, A. Krall, G. Laure, W. Lazian, J. Nurmi, "A Scalable Embedded DSP Core for SoC Applications", IEEE Int'l Symposium on System-on-Chip, pp. 85-88, Nov. 2004.
- [16] Robert, A. F. J., "Medical Nanorobotics: The Long-Term Goal for Nanomedicine". in Mark J. Schulz, Vesselin N. Shanov, eds., Nanomedicine Design of Particles, Sensors, Motors, Implants, Robots, and Devices, Artech House, Norwood MA, 367-392, 2009.
- [17] Bhat A.S., "Nanobots: The Future of Medicine" International Journal of Management and Engineering Sciences, 5 (1): 44-49, 2014.
- [18] Abhilash M., "Nanorobots", International Journal of Pharma and Bio Sciences, 1 (1): 1-10, 2010.
- [19] Nandkishor K., P. Swapnil, K. Rajeshwar, W. Anita, and B. Anil, "Review on Application of Nanorobots in Health Care" World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences 3 (5): 472-480, 2014.
- [20] Abeer, S., "Future Medicine: Nanomedicine", Journal of International Medical Science Academy, 25 (3): 187-192, 2012.
- [21] C. Sauer, M. Stanacevic, G. Cauwenberghs, N. Thakor, "Power harvesting and telemetry in CMOS for implanted devices", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 52, no. 12, pp. 2605-2613, Dec. 2005.
- [22] H. C. Berg "Random Walks in Biology", Princeton Univ. Press, 2nd edition, 1993.
- [23] R. A. Freitas Jr., "Nanomedicine", Vol. I: Basic Capabilities, Landes Bioscience, 1999, "Nanomedicine", Vol. IIA: Biocompatibility, Landes Bioscience, 2003, <http://www.nanomedicine.com>.
- [24] Srivastava N., Banerjee K. IEEE/ACM ICCAD Int. Conf. Computer-Aided Design. San Jose, CA: 2005. Nov. Performance analysis of carbon nanotube interconnects for VLSI applications; pp. 383-390.
- [25] Ramcke T., Rosner W., Risch L. Circuit configuration having at least one nanoelectronic component and a method for fabricating the component. 6442042US. 2002 Aug.
- [26] Cavalcanti A., Shirinzadeh B., Freitas R.A., Jr., Hogg T. Nanotechnology. 1. Vol. 19. IOP; 2008. Jan. Nanorobot architecture for medical target identification; p. 015103(15pp).



Diego Geovanny Criollo Tacuri, Nacido el 23 de diciembre de 1993, en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Cursó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa "Técnico Salesiano", en donde obtuvo el título de Bachiller en Instalaciones Equipos y Maquinas Electricas. Actualmente se encuentra cursando el quinto ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.