

Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica

Iveth Moreno, José Serracín
 Centro Regional de Chiriquí
 Universidad Tecnológica de Panamá
 {iveth.moreno, jose.serracin}@utp.ac.pa

Resumen—En este artículo se presenta el concepto y funcionamiento de una nariz electrónica basada en una fusión de sensores químicos, que permiten detectar y clasificar olores. Las narices electrónicas se destacan por sus diversas aplicaciones, las cuales van desde aplicaciones en la agroindustria hasta aplicaciones en la medicina. Aquí se presentan algunas de las pruebas realizadas y los resultados que se obtuvieron. Finalmente, la nariz electrónica diseñada es viable para la detección y clasificación de olores.

Palabras claves: Matriz de sensores; nariz electrónica; sensores químicos.

I. INTRODUCCIÓN

Las narices electrónicas han sido diseñadas y construidas para emular el sentido del olfato humano. Son capaces de detectar y clasificar olores complejos, las más comunes basan su funcionamiento en una matriz de sensores, o por un espectrómetro de masas, también existen las que usan cromatografía de gases [1].

En el caso de la matriz de sensores, la identificación de un olor depende en gran parte del tipo de sensor, ya que cada uno de ellos está caracterizado por su propio grado de selectividad, es decir, por su capacidad para responder a diferentes tipos de gases. Esta característica es la propiedad clave en la cual las narices electrónicas encuentran su principio de operación [2].

Una de las definiciones más destacadas de una nariz electrónica, es la de Gardner y Barlett [3]: “instrumento que comprende una agrupación de sensores químicos con sensibilidades parcialmente solapadas junto a un sistema de reconocimiento de patrones, capaz de analizar y reconocer aromas simples o complejos”.

En este artículo se presenta de forma breve el funcionamiento de una nariz electrónica polivalente, desde la toma de muestra hasta la clasificación de olores. El artículo se presenta de la siguiente manera: en la sección 2 el funcionamiento de la Nariz Electrónica; en la sección 3 Aplicaciones de la Nariz Electrónica; en la sección 4 Diseño de la Nariz Electrónica; en la sección 5 se presentan algunos resultados; y en la sección 6 las Conclusiones.

II. FUNCIONAMIENTO DE LA NARIZ ELECTRÓNICA

La matriz de sensores de una nariz electrónica consiste de un número de sensores que son construidos con una variedad de materiales químicos o biológicos sensibles al olor. Cada olor genera una huella olfativa para determinada matriz de sensores. Esta característica es la que permite formar una base

de datos que serán usados con técnicas de reconocimiento de patrones para la identificación y clasificación del olor [4].

Según Durán C.M.A.[5], en el sistema de la nariz electrónica existen tres módulos: el químico, el electrónico y el informático. En la figura 1 se presenta un esquema del sistema y sus módulos.

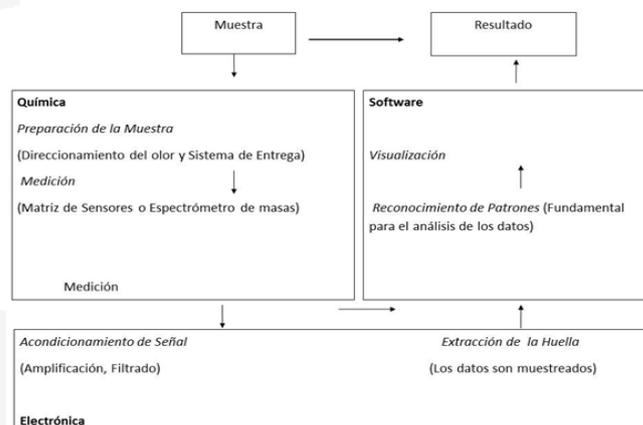


Figura 1. El sistema de olfato electrónico y sus módulos.

III. APLICACIONES DE LA NARIZ ELECTRÓNICA

Los avances en la tecnología de los sensores de olor y en la inteligencia artificial han impulsado el desarrollo de la nariz electrónica en los últimos años, lo que conlleva a que se utilice en diversas aplicaciones. Aplicaciones que incluyen áreas tan diversas como lo son la agroindustria y la medicina, entre otras. Otra aplicación que se considera relevante es el uso de la nariz electrónica sobre un robot autónomo móvil, ya que amplía enormemente las ventajas de contar con un sistema de olfato artificial.

Algunas aplicaciones relevantes son: para detectar el vino añejo [6]; evaluación del índice de calidad del melocotón [7]; predicción de la acidez, solubilidad del sólido y firmeza de la pera [8]; muestreo del aire en cabinas de automóviles [9]; sistemas de detección de humo [10]; para identificar y cuantificar componentes volátiles peligrosos [11]; para el diagnóstico de la neumonía en sus etapas tempranas [12]; detección de componentes volátiles en la orina [13]; detección de niveles de glucosa en el sudor humano [14]; inspección del medio ambiente utilizando robots móviles [15]; y robots móviles para estudio del suelo, basado en narices electrónicas [16].

IV. DISEÑO DE LA NARIZ ELECTRÓNICA

El diseño de la nariz electrónica que se explica en este artículo, se realizó a partir de los sensores químicos de olor que se eligieron. En este caso se usaron 12 sensores de olor diferentes, cuya selección estuvo fundamentada en las siguientes razones: bajo costo, disponibilidad en el mercado y aplicaciones comunes. En la figura 2 se observan algunos de los sensores utilizados en la Nariz Electrónica.

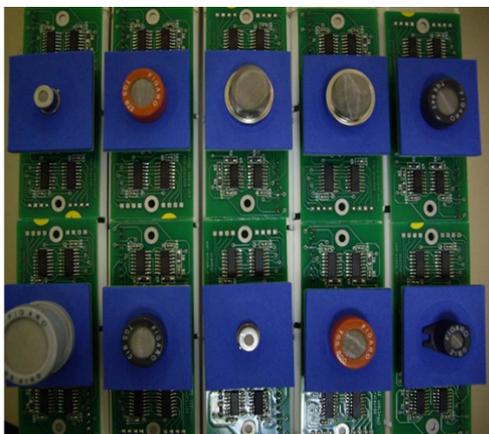


Figura 2. Algunos de los sensores utilizados en la Nariz Electrónica.

Los sensores reaccionan de forma diferente ante la presencia de cada olor. Además de estos sensores se añadió un sensor de temperatura para investigar el grado de influencia que tiene la temperatura sobre las medidas que se obtienen de los sensores de olor.

Los sensores de olor se ubicaron en una cámara para que las partículas gaseosas se concentraran en un espacio que facilitará la adquisición de las medidas, estas medidas se amplificaban en las tarjetas que se observan en la figura 2, luego se convertían en datos binarios a través del PIC 18F442; para luego ser enviados estos datos a un computador a través de una comunicación serial, donde se observaría a través de un interfaz de usuario el comportamiento de cada uno de los sensores con respecto a los olores expuestos.

En la figura 3 se observa la nariz electrónica en su versión final, a la cual también se le incluyó un ventilador, el cual hacía las funciones de “aspirar” y “expulsar” el olor hacia y desde la cámara donde estaban ubicados los sensores.

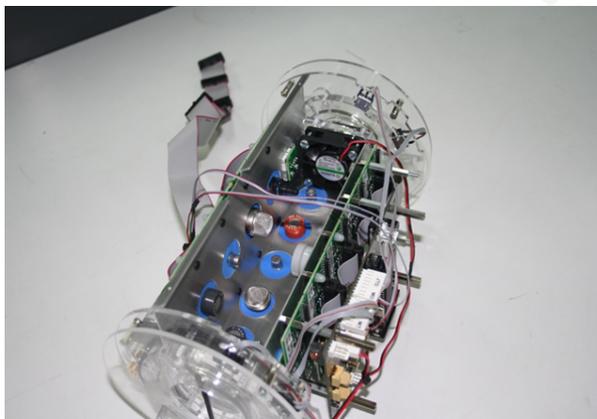


Figura 3. Nariz Electrónica.

V. RESULTADOS

Una vez concluido el diseño de la nariz electrónica se procedió a realizar diferentes pruebas con diferentes olores y con diferentes sensores; con la finalidad de verificar su diseño y funcionamiento.

La primera prueba que se realizó fue para verificar el funcionamiento de los sensores ante la presencia de olores. En este caso se utilizaron frutas maduras y verdes, cuyas propiedades organolépticas eran fácilmente perceptibles no solo para los sensores sino también para el ser humano. Los sensores que se utilizaron fueron los de amoníaco, hidrógeno, dióxido de carbono, el de vapores orgánicos, el de humedad relativa y el de la temperatura. Estos sensores demostraron que reaccionaban de diferente forma al mismo olor y que reaccionaban de diferente forma a diferentes olores; que es precisamente lo que forma la huella olfativa para cada olor. En las siguientes figuras se representan el comportamiento de los sensores ante frutas maduras y frutas verdes.

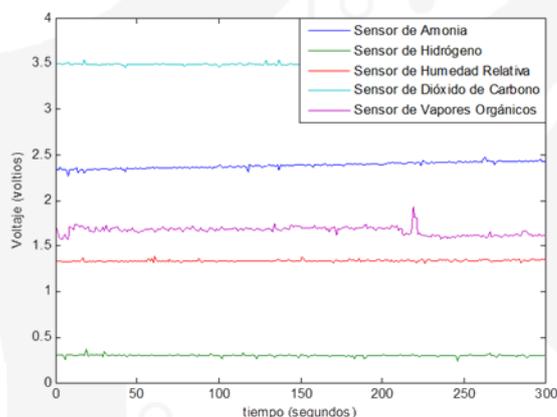


Figura 4. Representación gráfica del comportamiento de cinco sensores diferentes expuestos a frutas maduras.

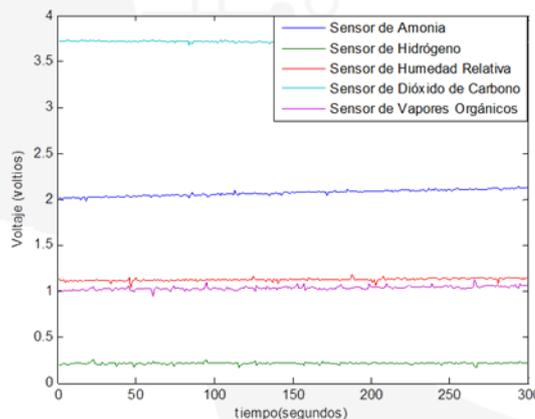


Figura 5. Representación gráfica del comportamiento de cinco sensores diferentes expuestos a frutas verdes.

Estas pruebas demostraron experimentalmente que los sensores de amoníaco y vapores orgánicos son más sensibles al proceso de maduración de las frutas. Así como, que algunos de los sensores utilizados, mostraron valores diferentes con respecto a muestras de diferentes categorías, y lo más importante que los valores medidos entre las frutas verdes y las maduras son diferentes.

Los sensores son más sensibles a los gases que se mantienen dentro de algún tipo de cámara. Se observó que los

sensores presentaban una respuesta rápida al exponerse a la fuente de olor, y sin embargo al retirar la fuente de olor, los sensores demoraban algún tiempo en recobrar los valores normales.

Los sensores de óxido metálico, a medida que transcurre el tiempo de uso, aumentan su temperatura hasta aproximadamente los 40°. El comportamiento de los sensores es diferente a temperaturas bajas y a temperaturas altas.

De los sensores utilizados, el de dióxido de carbón es muy sensible, inclusive presenta algún tipo de respuesta aún sin presencia de un fuente de olor; y esto se debe principalmente a que puede detectar los niveles de dióxido de carbón expulsados por el cuerpo humano.

Se realizaron otras pruebas para verificar la funcionalidad de la nariz electrónica, como se observa en la figura 6, donde se aprecia los valores medidos por cada sensor frente a cada muestra de olor. En este caso “aire”, se refiere a ausencia de muestra de olor.

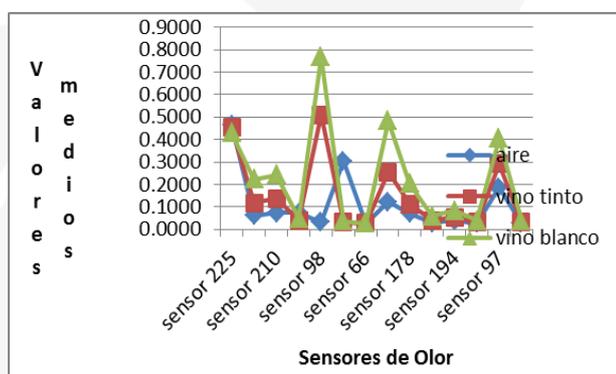


Figura 6. Otras pruebas con otras muestras de olor.

VI. CONCLUSIONES

El trabajo realizado demostró que es factible construir una nariz electrónica que permita la identificación y clasificación de diferentes olores. Los sensores de olor registran señales diferentes ante muestras de olores diferentes. Es decir, que cada muestra de olor posee una huella olfativa.

La nariz electrónica diseñada es viable, y es posible utilizarla en diversas aplicaciones y también incorporarla en robots móviles.

Con los resultados obtenidos, y teniendo como referencia el trabajo realizado por [13] y [14], sería interesante investigar aplicaciones en que las señales obtenidas por una nariz electrónica ante muestras de olor provenientes de la orina o del sudor de un humano; puedan ser enviadas por Bluetooth a un dispositivo móvil y obtener de esta forma información médica relevante de pacientes.

También sería muy útil investigar la utilización de otros tipos de sensores de olor con el fin de ampliar el campo de aplicación de la nariz electrónica. Por ejemplo, utilizar sensores de olor del tipo bioquímico para aplicaciones específicas en la medicina. Así mismo, es necesario optimizar la señal que se utilizará para la clasificación de los olores, con

hardware y *software*, para facilitar la utilización de técnicas de reconocimiento de patrones.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue financiada con fondos de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) de la República de Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Electronic eNose Company. 2014. [Online]. Available: <http://www.enose.nl/contact/>. [Last login: june 13,2015].
- [7] F. Sinesio, C.K. Natale, G.B. Quaglia, F.M. Bucarrelli, Moneta E., A. Macagnano, R. Paolesse, A. D'Amico. "Use Electronic nose and trained sensory panel in the evaluation of tomato quality". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, n°80, pp. 63-71, 2000.
- [8] J.W. Gardner, P.N. Barlett. *Electronic Noses: Principles and Applications*. Oxford University Press, 1999.
- [9] Centre for Development of Advanced Computing Kolkata. "AgriElectronics". *Electronic Nose for evaluation of tea flavor*. 2005. http://cdac.in/index.aspx?id=pe_aee_agri_electronics. [Last login: june 14,2015].
- [10] C.M.A. Durán. "Design and optimization of the subsystems an electronic nose for food processing and industrial applications". *Universitat Rovira I Virgili*. 2005. [Last login: june 14,2015].
- [11] J. Lozano, T. Arroyo, J.P. Santos, J.M. Cabellos, M.C. Horriilo. "Electronic Nose for wine ageing detection". *Sensors and Actuators B: Chemical* 133, n°1, pp. 180-186, 2008.
- [12] H. Zhang, J. Wang, Y. Sheng, M. Chang. "Evaluation of peach quality indices using an electronic nose by MLR, QPST, and BP network". *Sensors and Actuators B: Chemical* 134, n°1, pp. 332-338, 2008.
- [13] H. Zhang, J. Wang, Y. Sheng. "Predictions of acidity, soluble solids and firmness of pear using electronic nose technique". *Journal of Food Engineering* 86, n°3, pp. 370-378, 2008.
- [14] L. Francisco, A. Forleo, A.M. Taurino, P. Siciliano, L. Lorenzelli, V. Adami, G. Agnusdei. "Linear temperature microhotplate gas sensor array for automotive cabin air quality monitoring". *Sensors and Actuators B: Chemical* 134, n°2, pp. 660-665, 2008.
- [15] S. Sadeghifard, M. Anjomsha, E. Esfandiari. "A new embedded E-nose system in smoke detection". *1ST International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)*, pp.18-21, 2011.
- [16] D.L.A. Fernandes, M.T.S.R. Gomes. "Development of an electronic nose to identify and quantify volatile hazardous compounds". *Talanta* 77, n°1, pp. 77-83, 2008.
- [17] S-W. Chiu, J-H. Wang, K-H. Chang, T-H. Chang, C. Wang, C-L. Chang, C-T. Tang, C-F. Chen, C-H. Shih, H-W. Kuo, I-C. Wang, H. Chen, C-C. Hsieh, M-F. Chang, J-M. Shyu, K-T. Tang. "A Fully Integrated Nose-on-a-Chip for Rapid Diagnosis of Ventilator Associated Pneumonia". *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*. Volume 8, Issue 6, pp. 765-778, 2014.
- [18] T.M.A. Sabeel, F.K. CheHarun, S.E. Eluwa, S.M.A. Sabeel. "Detection of volatile compounds in urine using an electronic nose instrument". *International Conference on Computing, Electrical and Electronics (ICCEEE)*, pp.1-4, 2013.
- [19] O. Olate, J. Chilo, J. Pelegri-Sebastia, K. Barbe, W. Van Moer. "Glucose detection in human sweat using an electronic nose". *35 th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 1462-1465, 2013.
- [20] L. Marques, A. Martins, A.T. of Almeida. "Environmental monitoring with mobile robots". *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3624-3629, 2005.
- [21] T. Pobkrut, T. Kerdcharoen. "Soil sensing survey robots based on electronic nose". *14 th International Conference on Control, Automation and Systems*, pp.1604-1609, 2014.