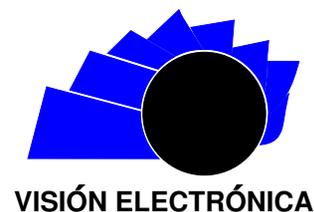




## Visión Electrónica

*Más que un estado sólido*

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele>



VISIÓN ACTUAL

### Técnicas empleadas en el estudio de enfermedades gástricas

#### *Techniques used in the study of gastric diseases*

Johan E. Rojas Ruiz<sup>1</sup>, Jesús A. González López<sup>2</sup>, Luz H. Camargo Casallas<sup>3</sup>

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

##### Historia del artículo:

Enviado: 13/04/2017  
Recibido: 14/04/2017  
Aceptado: 05/05/2017

##### Palabras clave:

Actividad motora gástrica  
Invasiva  
No invasiva  
Técnicas

#### RESUMEN

Las enfermedades gástricas pueden incluir trastornos de la digestión que aparecen después de las comidas, estos se incrementan por la inadecuada alimentación y ritmos de vida agitados que impiden un equilibrio gástrico normal. Existen diferentes métodos de monitoreo para el diagnóstico de estas patologías; en este artículo se realizó una revisión de diferentes procedimientos invasivos y no invasivos que brindan herramientas de seguimiento y control de enfermedades motoras gástricas. Se encontró que los métodos invasivos pueden presentar molestias para el paciente, mientras que los no invasivos las evitan, aunque no se encuentran plenamente estandarizados.

#### Open access



#### Keywords:

Gastric motor function  
Invasive  
Non-invasive  
Techniques

#### ABSTRACT

Gastric diseases may include disorders of the digestion that happen after eating, these diseases get increased because of the inadequate feeding and rough paces of life that prevent a gastric normal pace. Different invasive methods of measurements exist for the diagnosis of these pathologies. In this article, a review of different invasive and non-invasive procedures was developed providing the tool for gastric motor disease tracking and control. It was found that the invasive methods can present inconvenient for the patients, while the non-invasive ones avoid them, however, they are not a fully standard.

<sup>1</sup>Ingeniero electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de Investigación Ingeniería y Nanotecnología para la Vida (INVID), Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: joherojasr@correo.udistrital.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniero electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de Investigación Ingeniería y Nanotecnología para la Vida (INVID), Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: jagonzalezl@correo.udistrital.edu.co

<sup>3</sup>Licenciada en biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; especialista en Bioingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; magíster en Ingeniería Biomédica, Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación Ingeniería y Nanotecnología para la Vida (INVID). Docente de la Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: lhcamargoc@udistrital.edu.co

## 1. Introducción

Estudios realizados en Madrid, España, indican que aproximadamente el 5% de los pacientes que visitan la atención primaria, y más del 50% de los que acuden por consulta del aparato digestivo, lo hacen por trastornos funcionales digestivos (TFD) [1]. En Colombia, la tasa de mortalidad por enfermedades gástricas esta alrededor de diez casos por cada cien mil personas [2], por tanto, el estudio de la motilidad, también conocida como actividad motora gástrica, ha despertado gran interés en la medicina moderna, considerando que una alteración en la motilidad gástrica dificulta la absorción de nutrientes y la expulsión de desechos; adicionalmente, provoca síntomas como náuseas, vómito y reflujo, si estos síntomas se toman a la ligera y no se realiza a una observación detallada puede conllevar a taquigastria, badigastria, entre otras patologías [3].

Este artículo presenta tres reconocidos métodos invasivos de medición: la intubación, la endoscopia regular y la gammagrafía, además de presentar el método de medición no invasivo electrogastrografía y su combinación con otras estrategias como la aplicación de bioimpedancia cutánea.

## 2. Metodología

Para la localización de los documentos bibliográficos se utilizaron diferentes fuentes documentales. Se realizó búsqueda bibliográfica en la base de datos Xplore de IEEE, utilizando los descriptores: técnicas invasiva y no invasivas empleadas en enfermedades gástricas. También se realizó una búsqueda en Google Académico y en bases especializadas como Embase, Springer Link, Science Direct y Scopus. La selección de documentos se realizó considerando el análisis de la confiabilidad de los resultados, la pertinencia y la aplicabilidad de estos al área de estudio; se organizó la información en consideración a las técnicas invasivas y no invasivas empleadas en la detección de enfermedades gástricas.

## 3. Técnicas invasivas empleadas en la detección de enfermedades gástricas

Un procedimiento invasivo se define como un procedimiento realizado por un profesional en el cual el cuerpo es agredido química, mecánicamente, mediante inyecciones, con un tubo o dispositivo médico [3].

En el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías es necesario emplear métodos que pueden provocar traumatismos, entre estos se encuentran: la intubación [4], el sondaje bucal y anal [5], inyecciones, enemas,

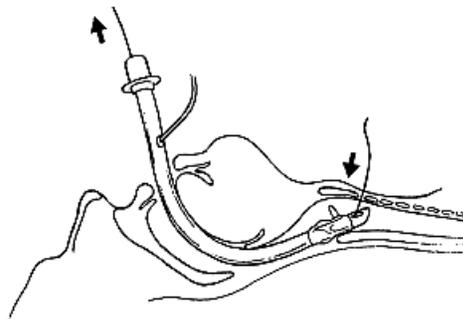
canalización en vías centrales, entre otros [6, 7]. Algunas técnicas son más invasivas que otras, sin embargo, cabe destacar que las invasiones gástricas se consideran entre las más incómodas para el individuo.

### 3.1. Intubación

La motilidad gástrica puede ser medida mecánicamente con entubación en el estómago, empleando sensores de presión mioeléctrica que se implantan en la superficie serosa o mucosa del estómago; sin embargo, este método y otros como la endoscopia, son invasivos y se utilizan en pacientes con desordenes gastrointestinales crónicos [8].

En la técnica de intubación, se inserta un tubo o sonda de poliuretano o plástico de varios tipos de diámetros y longitudes para propósitos específicos por la vía digestiva superior, esto con el fin de comunicar directamente la cavidad gástrica con el medio exterior, lo que permite introducir, sustituir o extraer el contenido gástrico con fines diagnósticos o terapéuticos como se observa en la Figura 1. También es usado como medidor de volumen gástrico restante por aspiración líquida, estimando el vaciamiento gástrico mediante la concentración de soluto en la sangre de los pacientes en varios tiempos para determinar el pico de concentración, tiempo de la máxima concentración y el área bajo la curva del soluto; esta técnica se usa como complemento de mediciones de absorción cinética para administración de soluciones orales, por ejemplo, acetaminofén, paracetamol, etanol, glucosa, entre otras [9]. Las ventajas y desventajas de este método radican en que la construcción y tipo de sonda pueden provocar náuseas, vómito, impedimento de deglución y sensación de ahogamiento [10].

Figura 1: Técnica invasiva de intubación [11]



### 3.2. Endoscopia

La endoscopia es una técnica diagnóstica, que consiste en la inserción de una cámara dentro de un endoscopio

a través de un orificio natural o artificial como la boca, el recto o la uretra, o también a través de una incisión quirúrgica o una lesión para la visualización de un órgano hueco o cavidad corporal. Está conformado por una sonda flexible con una fuente de luz que permite que la cavidad sea observable y una cámara de fibra óptica delgada en el extremo, como se muestra en la Figura 2. El endoscopio es un instrumento que ha permitido el desarrollo y especificidad en medicina, influyendo en la prevención, diagnóstico y pronóstico de muchas enfermedades como la gastritis, el deterioro del estómago por úlceras y cáncer estomacal [12,13].

**Figura 2:** Técnica invasiva de endoscopia regular [17].



Una ventaja de este procedimiento es que, a diferencia de la cirugía abierta, evita la disección extensa y es más anatómico y fisiológico por experimentar menos trauma y riesgo. Algunas complicaciones se pueden dar cuando el procedimiento endoscópico no es apropiadamente administrado. Una técnica de biopsia puede dañar los órganos internos que están en observación, además, demasiada presión o fuerza al mover el endoscopio puede provocar complicaciones como la laceración vascular y hasta un sangrado excesivo de la mucosa [14–16].

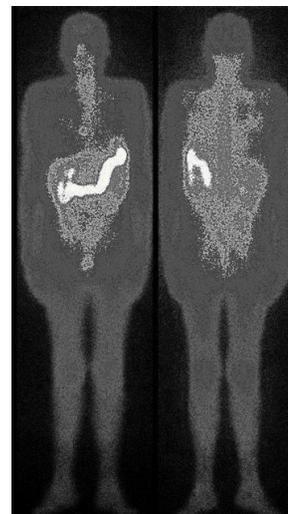
### 3.3. Gammagrafía

Es una exploración, que consiste en la determinación del tiempo de residencia en el estómago de uno o más marcadores radioactivos que son no-absorbibles, analizando la función de almacenamiento y vaciado gástrico. Las detecciones se realizan con una gamma-cámara de visión amplia y colimadores paralelos de mediana energía. Los isótopos utilizados son el indio y el tecnecio, los cuales emiten radiaciones gamma con un fotópico de energía distinto (245 keV para el indio y 140 keV para el tecnecio). Con una gamma-cámara se puede

medir simultáneamente la cantidad de radiación emitida por cada isótopo, utilizando ventanas del 15 % alrededor de cada fotópico. Para cada isótopo se obtienen imágenes bidimensionales de su distribución intra-abdominal.

Aunque las imágenes gamma gráficas tienen menor definición que las radiológicas, es posible identificar con facilidad el área correspondiente al estómago. Para realizar el análisis del vaciamiento gástrico se mide cada radioisótopo independientemente de la actividad total ingerida y se calcula en cada imagen sucesiva el porcentaje de actividad remanente en estómago; la actividad total ingerida de cada isótopo se mide en la primera detección inmediatamente postprandial (después de haber ingerido alimentos). Por lo general, los sólidos no se han vaciado y toda la actividad se encuentra en el estómago; sin embargo, el vaciamiento de los líquidos se inicia durante la ingestión (de forma que en ningún momento hay un 100 % de líquidos ingeridos en el estómago), por tanto, para determinar la actividad total del líquido marcado, se suma la actividad en el estómago más la actividad detectada en las asas intestinales. Para calcular el porcentaje de actividad remanente en el estómago, se utiliza un programa de región de interés; cada imagen se delimita mediante un lápiz óptico el área correspondiente al estómago y se realiza un recuento de la actividad dentro del área [18,19].

**Figura 3:** Técnica invasiva de gammagrafía estomacal [21].



En la Figura 3, se presenta una gammagrafía de un sujeto en su etapa pre (en ayunas) y postprandial. Siendo uno de los métodos poco traumáticos, presenta algunas desventajas como exposición mínima a las radiaciones ionizantes; es más, las mujeres embarazadas y madres en periodo de lactancia no deben someterse a este tipo de

exploraciones. Tampoco se aconseja que las personas que se realizan estas pruebas estén en contacto con mujeres embarazadas y niños durante el lapso de esta, ni en las horas siguientes por los daños que pueda provocar la exposición prolongada de radiación [20].

#### 4. Técnicas no invasivas para detección de enfermedades gástricas

Un procedimiento no invasivo se define como aquel que no involucra a un instrumento que rompa la piel o que penetre físicamente en el cuerpo, por ejemplo radiografías, tomografías computarizadas, resonancias magnéticas, monitor Holter y ECG, entre otros [22].

En medicina se han empleado métodos no invasivos basados en parámetros físicos para evaluar la función del cuerpo en la salud y la enfermedad como palpación externa; toma del pulso; medición de la presión sanguínea; auscultación de ruidos cardíacos y pulmonares; examen de temperatura, respiratorio, oral, abdominal, percusión; cambio en los volúmenes del cuerpo; audiometría, entre otros. El descubrimiento de las primeras técnicas modernas no invasivas basadas en métodos físicos, electrocardiograma y rayos X, se remontan a finales del siglo XIX [23]; estos métodos tienen como ventaja que no crean abrasiones en la piel, no generan riesgo de infecciones, generalmente no causan dolor, son rápidas, no necesitan hospitalización y son menos costosos.

##### 4.1. La electrogastrografía

Un método no invasivo, que permite registrar la actividad mioeléctrica gástrica es la electrogastrografía (EGG), en la cual se ubican los electrodos superficiales en el área epigástrica del abdomen [24]. El registro obtenido utilizando la técnica electrogastrográfica se denomina electrogastrograma. Considerando que algunos síndromes clínicos están asociados con patrones eléctricos anormales que no son diagnosticados con otras técnicas disponibles para la evaluación de la motilidad gastrointestinal superior, y que se demostró que los patrones eléctricos gástricos pueden monitorizarse de manera no invasiva, el interés por esta técnica es cada día mayor.

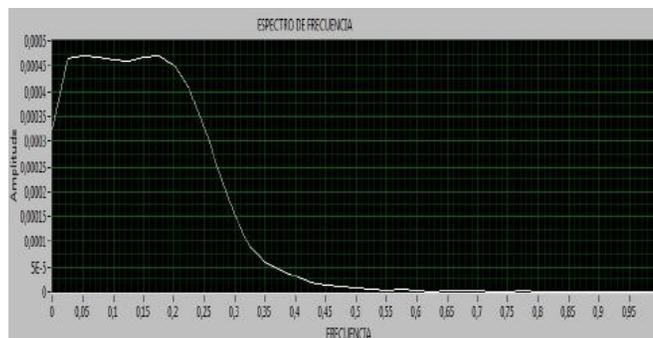
Aunque la EGG permite realizar investigaciones prolongadas y repetitivas de la actividad mioeléctrica gástrica, tanto en estado de ayuno como postprandial [25], su implementación clínica ha sufrido un lento desarrollo en relación con la falta de equipos electrónicos adecuados (amplificadores y filtros digitales) y la

dificultad para la interpretación de los datos.

La frecuencia normal de la actividad eléctrica gástrica humana es cerca de tres ciclos por minuto (3 cpm, 0.05 Hz), el EGG cutáneo combina la actividad eléctrica gástrica y el ruido, lo que dificulta registrar la actividad eléctrica [26]. Hasta hace quince años, los registros eran monopares y se realizaban mediante equipos de registro estáticos, en la actualidad son bipolares, lo que proporciona una mejor relación señal-ruido.

En electrogastrografía, la actividad mioeléctrica gástrica es usualmente grabada por electrodos que se ubican en la parte superior del abdomen directamente arriba del estómago, como la señal detectada es muy débil necesita ser amplificada. La señal eléctrica gástrica en un ser humano es difícil de interpretar, pues puede encontrarse interferida por distintas frecuencias como la cardíaca, la duodenal o la respiratoria, y no es claramente reconocible debido al ruido presente del medio; lo anterior hace que en la lectura manual de las señales EGG sea casi imposible determinar una observación parcial. Es importante la etapa de filtrado para eliminar ruido de otras fuentes invasivas (el corazón, la respiración, el movimiento, etc.) y la etapa de amplificación de la señal antes de proceder con su análisis. La señal resultante es luego digitalizada, usualmente con una tasa de muestra entre 1 a 4 Hz [27], empleando el análisis espectral continuo para proveer una cuantificación objetiva [23]. Para realizar este análisis, la transformada directa de Fourier es una herramienta que permite obtener el espectro de potencia de la señal dominante, se calcula con una secuencia de datos continua, una suma estadística apropiada y un espectro simple (Figura 4) [28].

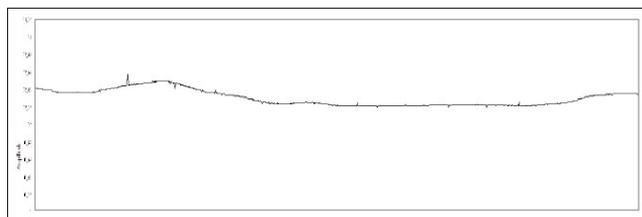
**Figura 4:** Análisis del espectro de potencia para obtener la señal dominante en un sujeto en estado preprandial [28].



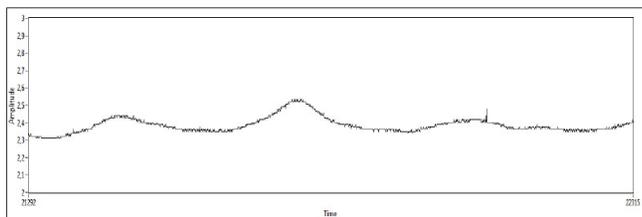
Además de la taquigastria y la bradigastria, existen otras anomalías eléctricas que incluyen la presencia de disritmias asociadas a un potencial de

membrana de reposo irregular con una configuración anormal de la onda y una disritmia mixta denominada braditaquiarritmia [29], pueden ser estudiadas con EGG. Actualmente se dispone de equipos portátiles para el registro ambulatorio [28–30], la fiabilidad de esta técnica ha sido valorada en sujetos en estado preprandial (Figura 5) y estado postprandial (Figura 6) [28–31].

**Figura 5:** Registro de la señal EGG de un sujeto estado preprandial [28].



**Figura 6:** Registro de la señal EGG de un sujeto estado postprandial [28].



#### 4.2. Electrogastrografía en combinación con bioimpedancia

La bioimpedancia eléctrica (BIE) es una técnica para la medición de motilidad y vaciamiento gástrico, implica medir la variación en la impedancia intrínseca de la superficie estomacal al momento de detectar patologías motoras gástricas. McClelland evaluó el vaciamiento gástrico con conductores eléctricos líquidos y midió en el área estomacal una variable denominada impedancia epigástrica. La posición de los electrodos es similar a la electrogastrografía en configuración multicanal (tres o cuatro electrodos). En pruebas arrojadas por los primeros instrumentos de medición de bioimpedancia eléctrica, se demostró que la resistividad de la impedancia epigástrica presenta resultados no lineales y varía dependientemente con el movimiento de los músculos del abdomen y los movimientos peristálticos [32].

El tiempo de medición es de dos horas en forma preprandial y postprandial, el paciente debe estar inmobilizado para efectos de una medición

precisa. Típicamente, la conductividad en el estado pre-prandial es mayor a 7 ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) y en estado postprandial es menor a 2 ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Con ayuda de la electrogastrografía y la bioimpedancia eléctrica pueden detectarse síntomas de taquigastria o bradigastria con mayor precisión en la detección de patologías motoras gástricas [33].

#### 4.3. Píldora ESO/spl/: cápsula de MEMS no invasiva para control de tránsito del bolo en el esófago

Las píldoras ESO/spl/, son cápsulas no invasivas ingeribles que pueden monitorear en tiempo real la aceleración, velocidad de propagación, posición y fuerza contráctil que empuja al bolo alimenticio a través del esófago. Con esta técnica se pretende conocer el tránsito del bolo por el esófago para apoyar el diagnóstico de acalasia, espasmo difuso, anomalías motoras asociadas a enfermedades sistémicas y enfermedades de reflujo gastroesofágico [34].

## 5. Conclusiones

Las técnicas de monitoreo de la actividad motora gástrica pueden incluir la evaluación de la motilidad gástrica y la actividad eléctrica gástrica. Desafortunadamente, las técnicas más empleadas para estos fines son invasivas, las cuales requieren la inserción de electrodos o transductores en procedimientos quirúrgicos o la introducción de catéteres vía nasal u oral.

La electrogastrografía es un método no invasivo que evita las molestias generadas por los métodos invasivos, aunque actualmente el posicionamiento de los electrodos, el rango de voltajes pico de las ondas, el rango de frecuencias fundamentales y el tiempo de medición no han sido declarados un estándar médico absoluto; se ha encontrado que esta técnica permite detectar desordenes gástricos antes de la ingesta de comida. La electrogastrografía sigue siendo una herramienta atractiva para investigadores y funcionarios clínicos; si se combina con otra técnica como la bioimpedancia eléctrica, se pueden detectar síntomas de taquigastria o bradigastria con mayor precisión, sin embargo, la EGG se considera una herramienta experimental.

## Referencias

- [1] Y. Martínez, *Electrogastrografía en sujetos sanos: reproductibilidad de la técnica*, Madrid: Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid, 1999.

- [2] F. Mearin, "Patrones motores del tubo digestivo. Motilidad digestiva e interdigestiva. CMMI. En trastornos motores del tubo digestivo". Madrid: Ed. Médica Panamericana, 1996, pp 17-21.
- [3] Z. LI, C. Shi, R. Shu, Z. Hong y J. Deng, "Gastric motility functional study based on electrical bioimpedance measurements and simultaneous electrogastrography", *J Zhejiang Univ-Sci B (Biomed and Biotechnol)*, vol. 12, no. 12, pp. 983-989, noviembre 2011.
- [4] C. Defilippi, A. M. Madrid y C. Defilippi, "Electrogastrografía de superficie; una nueva técnica para el estudio de la motilidad gástrica en nuestro medio", *Revista Médica Chile*, vol. 130, no. 11, noviembre 2002. doi: <https://doi.org/10.4067/S0034-98872002001100002>
- [5] H. Chul, L. Sang, J. Chen y H. Park, "Electrogastrography associated with symptomatic changes after prokinetic drug treatment for functional dyspepsia", *World Journal of Gastroenterology*, vol. 18, no. 41, pp. 5948-5956, noviembre 2012. doi: <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i41.5948>
- [6] Ministerio de la salud. "Resolución n° 008430 de 1993 (normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud), República de Colombia, Ministerio de la salud", enero 30, 2013 [En línea]. Disponible en: [http://www.urosario.edu.co/urosario\\_files/a2/a24fb07a-f561-4fcc-b611-affff4374bb7.pdf](http://www.urosario.edu.co/urosario_files/a2/a24fb07a-f561-4fcc-b611-affff4374bb7.pdf)
- [7] R. N. Stern y K. L. Koch, "Using the electrogastrogram to study motion sickness in electrogastrography: principles and applications". New York, Raven Press: JZ Chen, RW Mc. Callum (eds). 1994, pp 219-225.
- [8] J. Chen, Z. Lin, R. McCallum, "Non-invasive identification of gastric contractions from surface electrogastrogram Using Back-Propagation Neural Networks", *Medical Engineering and Physics*, vol. 17, no. 3, pp. 2019-225, 1995.
- [9] N. J. Shaheen. "Diagnóstico". Julio 30 de 2013 [En línea]. Disponible en: <http://www.msmanuals.com/es-co/hogar/trastorno-s-gastrointestinales/diagn%C3%B3stico-de-los-trastornos-digestivos/diagn%C3%B3stico>
- [10] G. J. Romanes, "Cunningham Tratado de anatomía", Madrid: Editorial Interamericana McGrawHill, 1987.
- [11] Técnica invasiva de intubación. Intubación retrógrada, junio 2016. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/mirvido/intubacion-cz>
- [12] B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts y P. Walter, *Biología molecular de la célula*, Barcelona: Editorial Omega, 1986.
- [13] C. Bonell, A. S. Cherniz, A. Hadad "BaSeBio, base de datos de señales biomédicas accesible desde internet", septiembre 2011. [En línea]. Disponible en: <http://sabi2011.fi.mdp.edu.ar/proceedings/SABI/Pdf/SABI2011.27.pdf>
- [14] C. Olmos y T. Fonseca, *Diseño y construcción de un electrocardiógrafo en una PC por puerto paralelo de bajo costo*, Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 2010.
- [15] A. Cifuentes, *Diseño y construcción de un sistema para la detección de señales electromiográficas*, Tesis de grado, Universidad Autónoma de Yucatán, México, 2010.
- [16] R. Huerta, M. Vargas, B. Montes y C. Flores, "Electrical bioimpedance and other techniques for gastric emptying and motility evaluation", *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, vol. 3, no. 1, pp. 10-18, febrero 2012.
- [17] Técnica invasiva de endoscopia regular, junio 2016. [En línea]. Disponible en: <http://cdn.colombia.com/sdi/2010/11/04/011aebf8b9334382abf833d404777170.jpg>
- [18] S. Zhao, H. Sha, Z. Li y C. Ren, "Electrical bioimpedance gastric motility measurement base on an electrical-mechanical composite mechanism", *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, vol. 18, no. 25, pp. 3282-3287, julio 2012.
- [19] F. Chang, "Electrogastrography: basic knowledge, recording, Processing and its Clinical Applications", *Journal Gastroenterology and Hepatology*, vol. 20, no. 4, pp. 502-516, 2005. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2004.03751.x>
- [20] G. Riezzo, F. Russo y F. Indrio, "Electrogastrography in adults and children: The Strength, Pitfalls, and Clinical Significance of the Cutaneous Recording of the Gastric Electrical Activity", *BioMed Research International*, vol. 2013, pp. 1-14, mayo 2013.
- [21] Técnica invasiva de gammagrafía estomacal, junio 2016. [En línea]. Disponible en: [http://gamagrafia.com.mx/images/jpg\\_4galiopos.jpg](http://gamagrafia.com.mx/images/jpg_4galiopos.jpg)

- [22] M. Verhagen, "Electrogastrography", *Clinical Autonomic Research*, vol. 15, no. 6, pp. 364-367, 2005. doi: <https://doi.org/10.1007/s10286-005-0313-4>
- [23] T. Kaiho, I. Shimoyama, Y. Nakajima y T. Ochiai, "Gastric and Non-Gastric Signals in Electrogastrography", *Journal of the Autonomic Nervous System*, vol. 79, no. 1, pp. 60- 66, febrero 2000. doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-1838\(99\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0165-1838(99)00098-3)
- [24] Z. Jiande e Y. Jieyun, *Electrogastrography: Methodology, validation and applications*, Division of Gastroenterology, University of Texas, 2013.
- [25] D. López, *Implementación de un modelo de base de datos para para el almacenamiento y consulta de electrocardiogramas digitales*, Tesis de grado, Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México, 2011.
- [26] S. Guo, C, Zheng, J. Ye, X. Zhou y D. Fan, "Techniques of cutaneous EGG recording and EGG study of patients with gastric motor disorders". *Engineering in Medicine and Biology Society*, vol. 20, no. 6, 1998.
- [27] L. Alarcón, *Rediseño de la etapa de pre amplificación de la electromiografía digital de cuatro canales*, Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia, 2012.
- [28] J. Rojas y J. González, *Implementación de un prototipo electrogastrógrafo para la construcción de una base de datos*, Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia, 2014
- [29] A. Acero y M. Delgado, *Implementación de un bioimpedanciometro para la medición de espectro de impedancia eléctrica en tejido humano*, Tesis de grado, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Bucaramanga, Colombia, 2008.
- [30] M. Leung, B. Wong, N. Chao, K. Chung, W. Kwok y K. Liu, "Electrogastrography in the management of pediatric functional dyspepsia and motility Disorder", *Journal Pediatric Surgery*, vol. 41, no. 12, pp. 2069-2072, diciembre 2006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2006.08.008>
- [31] M. Hocke, T. Seidel, H. Sprott, P. Oelzner y K. Eitner, "Ambulatory electrogastrography in patients with scleroderma, delayed gastric emptying, dyspepsia, and irritable bowel syndrome. Is there any clinical relevance?". *European Journal Internal Medicine*, vol. 12, no. 4, pp. 366-371, julio 2001. doi: [https://doi.org/10.1016/S0953-6205\(01\)00138-8](https://doi.org/10.1016/S0953-6205(01)00138-8)
- [32] O. Macías y R. Quijije, *Base de datos centralizada para sistemas de seguridad*, Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2010.
- [33] R. Martínez, B. Ruiz de León y M. Díaz, *Reproducibilidad de la electrogastrografía cutánea ambulatoria en sujetos sanos*, Tesis de grado, Servicio de Aparato Digestivo, Hospital Clínico Universitario San Carlos, Madrid, 2003
- [34] Y. Jui, D. Sadowski, K. Kaler y A. Mintchev. The ESO-Pill/spl trade/: a non-invasive MEMS capsule for bolus transit monitoring in the esophagus. Proc.11th IEEE Int'l Conf. Electronics Circuits and Systems (I CECS 04), pp. 427-430, 2004.