

## *Prototipo de simulador de parto tipo pelvis con sistema de visualización en tiempo real para el Instituto Universitario American College-2023*

### *Prototype of a pelvis-type birth simulator with real-time visualization system for the American College University Institute-2023*

María del Cisne Cuenca Soto<sup>1</sup> , Jorge Patricio Chuya Zumba<sup>2</sup> , Sandra Cecilia Salazar Montesdeoca<sup>3</sup>  
Diego Mauricio Salazar Montesdeoca<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Universitario American College, investigacion@americancollege.edu.ec, Guayaquil, Ecuador

<sup>2</sup> Instituto Universitario American College, jorge.chuya@americancollege.edu.ec, Guayaquil, Ecuador

<sup>3</sup> Instituto Universitario American College, rectorado@americancollege.edu.ec, Guayaquil, Ecuador

<sup>4</sup> Instituto Universitario American College, vicerrectorado@americancollege.edu.ec, Guayaquil, Ecuador

Autor para correspondencia: @americancollege.edu.ec

## RESUMEN

Los simuladores de parto son herramientas educativas utilizadas en entornos médicos y de capacitación para entrenar a futuros profesionales, en el sistema sanitario. El objetivo general de esta investigación es realizar un prototipo de simulador de parto tipo pelvis con un sistema de visualización en tiempo real mediante el módulo ESP-Wroom 32 adaptado a la web para el Instituto Universitario American College. La metodología que se utilizó fue preexperimental de tipo transversal, se desarrolló un prototipo que consta de tres fases que son: diseño, programación y ensamblaje. Para la adquisición y adecuación de los datos se emplea seis sensores que están ubicados en puntos estratégicos en el neonato. Las variables de medición son presión, fuerza y nivel de curvatura, mientras que, para la transmisión de datos hacia la web, se realiza mediante una conexión WIFI que se habilita por medio de una dirección IP con el módulo. El resultado fue, que el simulador de parto se adapta a estos dispositivos con la finalidad de tener un ambiente controlado especialmente durante el proceso enseñanza aprendizaje, los datos que se obtiene permite al estudiante tener una retroalimentación directa en tiempo real, para que en el momento de un parto realice el manejo adecuado.

**Palabras clave:** ESP-Wroom 32, Simulador de parto, Ambiente controlado, Atención Prehospitalaria

## ABSTRACT

Birth simulators are educational tools used in medical and training settings to train future professionals in childbirth-related procedures. These kits can have varying levels of realism and functionality, but typically include aspects such as the anatomy of the pelvis and female reproductive organs, as well as the ability to simulate various birth scenarios. The general objective of this research is to make a prototype of a pelvis-type birth simulator with a real-time visualization system using the ESP-Wroom 32 module adapted to the web for the American College University Institute. The me-

thodology used is pre-experimental of a transversal type, a prototype was developed that consists of three phases: design, programming, and assembly. For the acquisition and adaptation of the data, six sensors are used that are located at strategic points in the neonate. The measurement variables are pressure, force and level of curvature, while, for the transmission of data to the web, it is done through a WIFI connection that is enabled through an IP address with the module, this allows the data to be viewed from any device. As a result, the birth simulator adapts to these devices to have a controlled environment, especially during the teaching-learning process. The data obtained allows the student to have direct feedback in real time, so that, at the time of delivery, carry out appropriate management. This simulator allows the teacher and student to improve the quality of prehospital care.

**Key words:** ESP-Wroom 32, Birth simulator, Controlled environment, Prehospital Attention

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien el embarazo es considerado un evento fisiológico completamente normal, existen complicaciones en donde las pacientes embarazadas desarrollan patologías obstétricas que se asocian no solo a la mortalidad perinatal, sino también a la mortalidad materna, es un problema bastante frecuente que mujeres fallecen durante el embarazo o el parto, por complicaciones obstétricas, como señalan estudios realizados, entre otros países, en Estados Unidos como consecuencia de errores médicos y por falta de prácticas en simuladores, existía una estadística de 100.000 muertes anuales en hospitales de este país (Astudillo, 2015).

Un problema grave se origina, cuando las urgencias de tipo obstétrico se producen en pacientes que no presentan factores de riesgos asociados, casos donde la prevención y una identificación precoz, sumada a la respectiva intervención, son de vital importancia para poder prevenir y reducir la tasa de mortalidad (Rey et al, 2006).

La enseñanza de la parte clínica con pacientes reales presenta desventajas en el área de urgencia o emergencias, porque implica partes bioéticas que generan restricciones, haciendo que sea imposible que el docente realice una exposición uniforme del problema o explicar detalladamente métodos o maniobras que permiten el desarrollo de habilidades y destrezas en los estudiantes. En esta misma línea, se ha demostrado que mediante la valoración de la utilidad del uso de simuladores en los procesos de enseñanza-aprendizaje, se mejora el nivel de conocimientos y destrezas en emergencias obstétricas (Astudillo et al, 2015).

Durante el embarazo y el parto se pueden presentar complicaciones que ponen en riesgo la vida de la mujer y el feto, por lo tanto, es importante que el tecnólogo paramédico tenga los conocimientos y destrezas necesarias para estabilizar a una mujer gestante, es importante que los estudiantes puedan identificar problemas durante la gestación e iniciar las maniobras o tratamientos adecuados para disminuir el riesgo de muerte materna y neonatal.

Por lo antes mencionado surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las estrategias para que el profesional paramédico mejore las habilidades y destrezas en temas obstétricos?

¿Por qué es importante que el simulador de parto tipo pelvis tenga un sistema de visualización en tiempo real como retroalimentación?

¿Cuáles son los beneficios de incorporar simuladores tecnológicamente adaptados en el proceso enseñanza aprendizaje?

Ante la problemática encontrada se identificó la necesidad de mejorar la formación de los profesionales en base a simuladores que abarcan un amplio espectro, desde la reproducción de partes del cuerpo, hasta la imitación de las interacciones complejas del organismo con parámetros fisiológicos variables. En el área obstétrica, la utilización de simuladores ha permitido un mejor adiestramiento de estudiantes de medicina, enfermería y de especialistas en diferentes residencias clínicas y quirúrgicas, además del perfeccionamiento de técnicas invasivas y quirúrgicas (Argandoña, 2017).

Otra arista destacada es el uso de simuladores, dependiendo el tipo, es que permite practicar sin riesgo, pudiendo repetir las maniobras en reiteradas ocasiones, y fomentar el trabajo en equipo (Odriozol et al, 2011). La simulación obstétrica ha sido desarrollada para la práctica de competencias, tanto en partos normales o complicados, aplicados específicamente en el campo de las urgencias obstétricas, que son las que el tecnólogo paramédico debe afrontar en su día a día. En otros estudios se concluyó que los estudiantes, mejoraron su confianza para realizar maniobras de Leopold y medición de la altura después del taller con el simulador de embarazo gracias al entrenamiento con el simulador (Palés y Gomar, 2010). Sobre la aplicabilidad de simuladores de mediana complejidad en el proceso de formación de residentes de ginecología y obstetricia; utilizaron aleatoriamente 2 grupos y las habilidades asociadas al uso de las espátulas de Thierry se adquirieron completamente en el grupo expuesto a un taller con simuladores (Baeza et al, 2010).

El Instituto Universitario “American College”, como institución educativa comprometida con la sociedad y con la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en los profesionales tecnológicos y técnicos en el área de Paramedicina ha desarrollado una serie de laboratorios de simulación que permite que el estudiante desarrolle habilidades y destrezas específicas en sus distintas áreas de aplicación.

Conscientes de la necesidad de brindar todas las herramientas posibles que permitan la mejora de las destrezas de los estudiantes y puedan afrontar los retos profesionales de una mejor manera, se ha identificado la necesidad de implementación de nuevos simuladores dentro del área Gineco – Obstétrica. Una vez concluido el análisis de estas necesidades, se observó que el material de simulación existente en del laboratorio de urgencias obstétricas, no es el suficiente ni adecuado para cubrir la demanda de estudiantes, por ende, los objetivos de aprendizaje planteados del programa de estudio no serían cubiertos en su totalidad. La implementación de estos equipos de simulación constituye un mecanismo pedagógico innovador que ayudará a la pericia de los estudiantes y la comprensión de la teoría. El uso de simuladores de parto ha demostrado ser sumamente efectivo para generar seguridad a la hora de realizar exploraciones ginecológicas y al momento de asistir partos, evitando el uso de pacientes como escenario de aprendizaje, además se comprueba una mejor comprensión de la teoría vista en las aulas (De la Calle et al, 2014).

### Objetivos

General: Desarrollar un prototipo de simulador de parto tipo pelvis con sistema de visualización en tiempo real mediante el módulo ESP-Wroom 32 con conexión a la web para el Instituto Universitario American College.

### Específicos:

- Indagar en la literatura sobre simuladores sofisticados de tipo pelvis mediante una revisión bibliográfica.
- Diseñar y programar el sistema electrónico de visualización, utilizando sensores especializados y el módulo ESP- Wroom 32.
- Acoplar el controlador con el simulador.
- Realizar la comunicación entre el módulo y los dispositivos para la lectura de los datos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño metodológico

**Enfoque:** Cuantitativo.

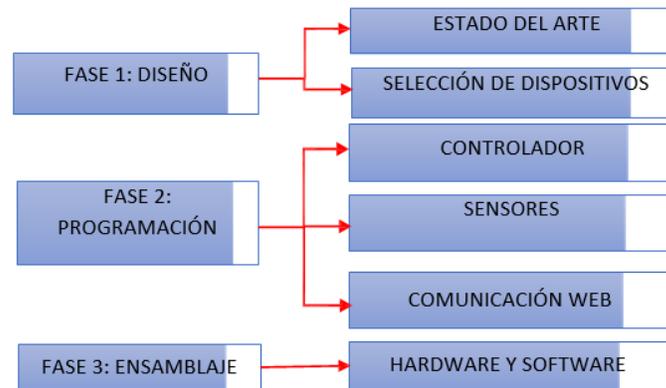
**Tipo de estudio:** preexperimental y transversal.

**Diseño:** Estudio de campo prototipo

**Área de estudio:** El presente estudio se desarrolló en la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico e Innovación (UIDTI) del Instituto Universitario “American College”, en la ciudad de Cuenca, Azuay, Ecuador.

El proyecto se lo realiza en tres fases como se muestra en el siguiente diagrama:

**Figura 1:** Diagrama de metodología para el desarrollo del proyecto



Nota: La figura representa la distribución de las fases que se utilizó en la metodología del proyecto, donde se ejecuta tres fases.

En la fase uno, se realiza una recopilación de información donde permite seleccionar los dispositivos que se utilizó en el proyecto tales como:

- ESP WROOM 32
- Sensor de fuerza FSR 402
- Sensor de fuerza FSR 1645
- Sensor Flex 4.5 pulgadas
- Protoboard mini de 400 Puntos 2 terminales
- Batería 18650 de li-ion 2600 mAh + cargador
- Resistencias de ¼ w de varios valores
- Simulador de parto tipo pelvis (estándar)

- Cables de conexión
- Dispositivo electrónico (Tablet o celular)

En la fase dos, se realiza la programación específicamente para el controlador ESP WROOM 32 y la conexión de los sensores, las líneas de código del programa se realizaron mediante el programa IDE Arduino versión 1.8.19, para la comunicación web se utilizó librerías para que el módulo funcione como un servidor web y la visualización de los datos se ejecutó en una página diseñada en código HTML. Estos dos programas se fusionaron para obtener y visualizar las variables de fuerza, presión y giro en los dispositivos electrónicos.

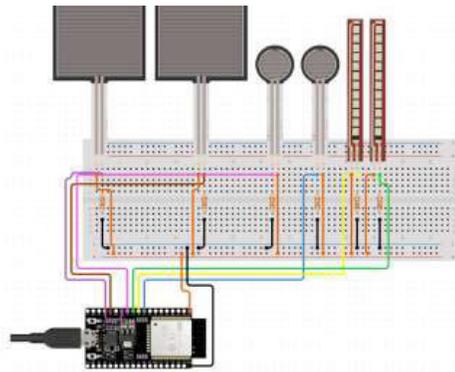
Por último, la fase tres es la de acople, es decir acoplar el sistema de control electrónico con el simulador de parto estándar, es decir la parte física está constituida por el simulador de pelvis tipo parto, el controlador (ESP32) y los sensores que están ubicados estratégicamente en el neonato (simulador). Para que el sistema entre en funcionamiento, se ha configurado al módulo ESP32 como un servidor Web por medio de librerías especializadas, que permite a su vez recibir los datos y visualizar mediante gráficas los valores que emiten los 6 sensores (fuerza, presión y rotación). Estos datos se adquieren en tiempo real, lo cual permite al docente realizar la retroalimentación inmediata mientras observa la ejecución realizada por el estudiante.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Diseño del circuito

Una vez que se seleccionaron y adquirieron todos los dispositivos para el proyecto, se procedió con el diseño del circuito electrónico que permite conectar los seis sensores al cerebro ESP-Wroom 32 y este a su vez a la batería externa para que todo el hardware del proyecto pueda enviar información de forma inalámbrica. En la figura 2 se puede observar el diagrama de conexión de todos los componentes del proyecto.

**Figura 2.** Diagrama del diseño del circuito

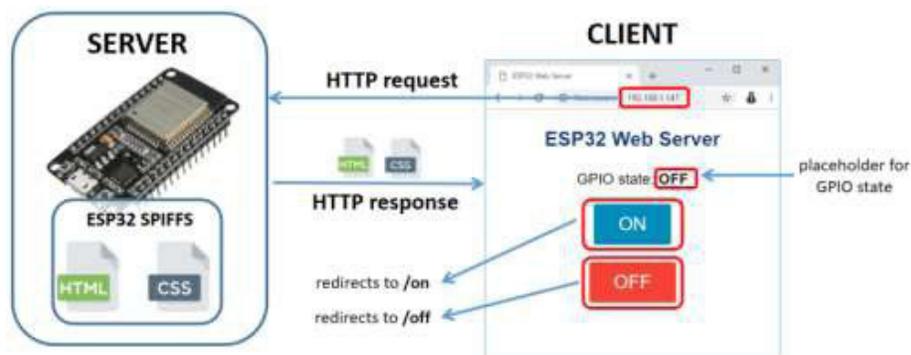


Nota. Se observa la conexión de los seis sensores (presión, fuerza y giro) que reciben la información y el controlador ESP-Wroom 32 para el procesamiento de los valores.

### Programación de los sensores y el controlador

La programación del controlador asignado como cerebro del prototipo, se utiliza un lenguaje de programación tipo C++, esto permite configurar las variables con los sensores para registrar los valores de cada punto estratégico. Dos sensores de fuerza están colocados en el parietal (Fontanela esfenoideal), los sensores de presión están colocados en el cuello y los de giro en el húmero, colocados en la zona derecha e izquierda para que se lean los valores, permitiendo realizar la retroalimentación necesaria. Para la conectividad en la web se utiliza librerías de licencia libre del programa IDE Arduino, el cual permite conectar mediante WiFi a cualquier dispositivo electrónico (tablet o celular). Además, se ha programado una conexión bidireccional para enviar y recibir datos hacia una página Web, el controlador será el servidor y en la plataforma Web mediante una IP que es el cliente se dará el acceso para la visualización de los resultados.

Figura 3. Diagrama de conectividad del servidor



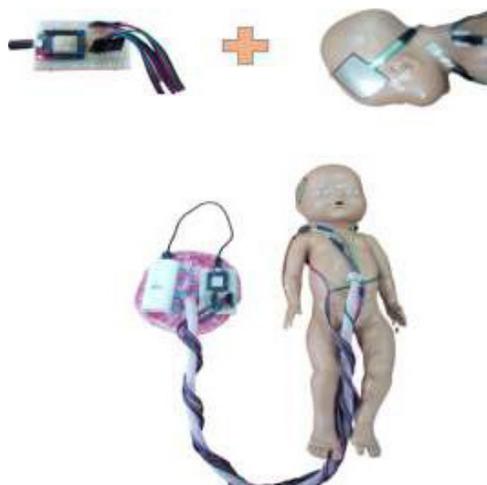
Nota. Se observa que el módulo es el servidor y mediante una IP se puede realizar la conexión para la visualización de los valores mediante gráficas.

## Ensamblaje del prototipo del simulador de parto tipo pelvis modificado

Antes de probar todo el sistema de visualización completo, fue necesario configurar y testear por separado, en primer lugar, el cerebro de todo el sistema: el microcontrolador mini ESP WROOM 32 debido a que no sólo tiene periféricos para lectura de sensores sino también dispone de protocolos de comunicación bluetooth y WiFi, para el actual proyecto se ha seleccionado el canal WiFi para la creación de un Servidor Web que permite el acceso vía internet. A continuación, se probó de forma individual cada uno de los sensores: Fuerza, Presión y Flex para configurarlos y poder generar las gráficas de retroalimentación, que es la herramienta de ayuda que otorga el dispositivo.

Una vez que se han colocado los seis sensores en el simulador y se obtuvo el funcionamiento requerido del circuito electrónico, se procedió con el ensamble completo del prototipo, siguiendo la secuencia que se muestra en la parte superior de la figura 4.

**Figura 4.** Ensamblaje del prototipo del simulador tipo pelvis



Nota. Se observa la composición de prototipo, se tiene el controlador, adecuación de los sensores en los puntos estratégicos en el neonato y conexión de los cables.

## Visualización de los resultados en la Aplicación

Se puede observar los datos que se obtienen desde el sensor de Fuerza de tipo cuadrado, que está colocado en la zona parietal del simulador neonato. La unidad de medida que se ha seleccionado son los Newtons y la forma de interpretar este gráfico es que se determina un rango máximo de fuerza que es el valor de 240N, esto permite indicar que, si el estudiante supera ese valor al atender un alumbramiento, se ha aplicado una fuerza excesiva sobre la base del cráneo y parte del cuello del bebé, esta intervención puede causar lesiones

nes especialmente en plexo braquial o liga mentarías. El docente al visualizar que el estudiante sobrepasa el rango de fuerza al realizar la maniobra corrige en tiempo real para que mejore la habilidad y destreza.

**Figura 5.** Datos de los sensores



Nota. Se observa los valores de fuerza al realizar la maniobra por los estudiantes al desarrollar un protocolo de alumbramiento.

Por otro lado, en la figura 6 se puede observar los valores que se obtienen de los sensores de fuerza de tipo redondos, la función de los sensores del cuello es determinar si el estudiante mientras recibe al neonato cuida su cuello, están colocados en una posición específica que permite recibir esta información. En la interpretación de la gráfica, es necesario verificar si durante el proceso de intervención el estudiante presiona los puntos específicos del cuello para cuidar la integridad del bebé, tanto en la parte izquierda como derecha del cuello.

**Figura 6.** Datos de los sensores tipo redondo para el cuello



Nota. Se observa los valores de fuerza al realizar la maniobra por los estudiantes al desarrollar un protocolo de alumbramiento.

Por último, en la figura 7 se puede observar los valores que se obtienen de los sensores flex, estos miden el grado de rotación que se aplica al cuerpo del bebé, la función de los sensores flex es asegurarse que al extraer al bebé se agregue un giro que facilita la extracción de este. En la interpretación de la gráfica, es necesario verificar si durante el proceso de intervención el estudiante rotó al bebé, en valores esto se observa como un cambio brusco de sus valores, en este caso una reducción de 100 unidades indica que existió un giro correcto durante el proceso.

**Figura 7.** Datos de los sensores tipo flex



Nota. Se observa los valores de fuerza al realizar la maniobra por los estudiantes al desarrollar un protocolo de alumbramiento.

## Discusión

Este prototipo fue diseñado con la finalidad de apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje en los estudiantes del quinto año de paramedicina, es importante incorporar tecnologías en su desarrollo de formación profesional, porque les permiten adquirir y mejorar las habilidades necesarias para brindar atención de calidad en situaciones obstétricas críticas, al tiempo que reducen los riesgos asociados con la atención médica en dichas circunstancias.

Un paramédico mediante esta herramienta (simuladores especializados) se prepara en emergencias reales, en la toma de decisiones oportunas, mejorar la organización del trabajo de equipo y colabora

tivo para brindar una atención de calidad. Los simuladores en la formación académica proporcionan una experiencia de entrenamiento lo más cercana posible a un parto real. Esto permite a los paramédicos adquirir habilidades prácticas y familiarizarse con los procedimientos necesarios en un ambiente controlado y seguro. Además, incrementar la confianza en el protocolo que se utiliza porque la retroalimentación por parte del docente es inmediata.

El prototipo es considerado como una ayuda primordial en el proceso de formación, donde le permite al estudiante practicar y manejar correctamente el protocolo para el alumbramiento del neonato, teniendo en cuenta los diferentes escenarios que se puedan presentar. Las variables de presión, fuerza y rotación son los componentes más relevantes para realizar la maniobra, por tal motivo se puede visualizar en el dispositivo mediante gráficas y rangos de valores cuando el estudiante aplica esta destreza.

Durante el análisis del estado del arte de los simuladores de parto, se encuentra que en el mercado existe un simulador “NOELLE CON OMNI2”, que está a la venta para que los estudiantes del área de la salud puedan realizar las prácticas correspondientes, este simulador consta de dos tablets inalámbricas para el instructor OMNI2, modelo de bebé para el parto y un software especializado, esta es una empresa que se dedica a la fabricación de simuladores, la empresa es de España llamada More Than Simulators, en relación al prototipo diseñado el enfoque es limitado porque se centra en la retroalimentación del alumbramiento del neonato, en cambio el NOELLE permite realizar propuestas de aprendizajes más completos, pero su precio de adquisición es alto con respecto al prototipo que tiene un diseño en bajo costo pero con la funcionalidad de brindar una mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje con calidad, además un fácil uso.

Existe otro simulador de parto denominado Victoria, es una implementación con un aspecto del 98% de realidad donde permite a los usuarios practicar en diferentes escenarios, pero no tiene un control donde se pueda visualizar los signos del paciente mientras se realiza el protocolo, en comparación con el prototipo desarrollado la retroalimentación en tiempo real permite a los estudiantes adaptar al entorno, mantener un grado de presión y fuerza sobre el manejo de alumbramiento del bebé, practicar con la maniobra las veces que sea necesario.

#### 4. CONCLUSIONES

Mediante la revisión de la literatura se encontró que en el mercado hay varias empresas destinadas al diseño y construcción de simuladores de tipo pelvis con un control en tiempo real, el diseño que utiliza es una estructura mecánica que simule la parte anatómica de forma precisa que oferte movilidad y realismo, acoplados a sensores para medir fuerza, posición de las articulaciones, presión entre otros parámetros, además al utilizar tecnología permite proporcionar retroalimentaciones de forma visual o auditiva a los usuarios. Diseñar un simulador de pelvis eficaz puede ser un desafío técnico y médico, pero puede ser una herramienta invaluable para la formación médica y la práctica de procedimientos médicos. Es importante trabajar en estrecha colaboración con profesionales de la salud y expertos en simulación médica durante todo el proceso de diseño.

En la parte del diseño y la programación fueron estructurados como fase uno y dos para posteriormente realizar el ensamblaje, para el diseño se utiliza hardware que es el controlador compuesto por el módulo y los sensores que receptaran los datos de fuerza, presión y posición del ángulo. La complejidad del proyecto depende de los sensores que se seleccione y la interfaz de usuario que desees crear.

Para la comunicación se utiliza el módulo ESP-WROOM-32 transmisión de datos hacia la web, se realiza mediante una conexión WIFI que se habilita por medio de una dirección IP con el módulo, esto permite visualizar los datos desde cualquier dispositivo.

Un prototipo de simulador de parto tipo pelvis con sistema de visualización en tiempo real es una herramienta valiosa para la capacitación, investigación y mejora de la atención obstétrica. Contribuye a la seguridad del paciente, la formación de profesionales de la salud y el avance de la medicina en el campo del parto y obstetricia. Este tipo de simulador no solo ofrece un ambiente seguro para el entrenamiento de profesionales de la salud, sino que también tiene un impacto positivo en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes.

## REFERENCIAS

- Argandoña, J. 2017. Eficacia del uso del Simulador Obstétrico en el Desarrollo de Competencias en alumnos del curso de Obstetricia I de la Facultad de Obstetricia de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huanuco. Perú.
- Astudillo, M., Sánchez, D. 2015. Valoración de la utilidad del uso de simuladores de alta definición en el proceso de enseñanza-aprendizaje para mejorar el nivel de conocimientos y destrezas en Emergencias Obstétricas. Ecuador.; pp. 7-25.
- Baeza, A., Mella, J., Soldati, A. 2010. Escuelero E. Aplicabilidad de simuladores de mediana complejidad en el proceso de formación de residentes de ginecología y obstetricia. Rev. chil. obstet. ginecol. octubre; 75(6).
- De la Calle, M., Usandizaga, E., Busto, M., Bartha, J. (2014). Desarrollo de competencias instrumentales y actitudinales en alumnos de 4º de Medicina utilizando simuladores de partos y exploraciones ginecológicas. X Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria. Universidad Europea de Madrid.
- Gómez Fleitas M., Manuel Palazuelos JC. 2011. La simulación clínica en la formación quirúrgica en el siglo XXI. Cirug Esp, 89,3: 133-135.
- Odriozola, F., Alonso, J., López M. 2011. Entrenamiento de equipos interdisciplinarios en urgencias obstétricas mediante simulación clínica. Rev. Progreso de Ginecología y Obstetricia. 54(12): p. 618-624.
- Oyarzún, E., Kusanovic, P. (2011). Urgencias en obstetricia. Revista Médica Clínica Las Condes, 22(3), 316–331.
- Palés, J., Gomar, C. 2010. El uso de las simulaciones en educación médica. Teoría de la educación y cultura en la sociedad de la información. España. 11(2).
- Pugh CM, Salud LH. 2007. Fear of missing a lesion: use of simulated breast models to decrease student anxiety when learning clinical breast examinations. Am J Surg. 193, 6: 766-70.
- Rey, G., Visconti, A., Balager, E., Martínez, J. (2006). Uso de simuladores en ginecología y obstetricia: Experiencia en la enseñanza de pregrado. Educación Médica, 9(4b), 229- 233.
- Sernaqué Nizama, J. F., & Tuesta Alamo, B. I. (2022). Desarrollo de aplicaciones para IoT con módulos embebidos Esp-Wroom-32 usando MQTT-Broker y herramienta IFTTT