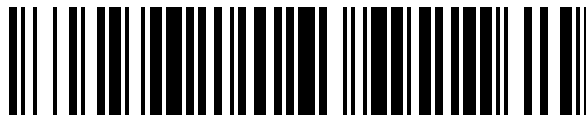


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 289 780**

21 Número de solicitud: 202032693

51 Int. Cl.:

A45B 3/08 (2006.01)

A45B 9/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

16.12.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.04.2022

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)

Avenida Cervantes, 2

29071 Málaga (Málaga) ES

72 Inventor/es:

TRUJILLO LEÓN, Andrés;

VIDAL VERDÚ, Fernando y

CASTELLANOS RAMOS, Julián

74 Agente/Representante:

SAN MARTÍN ALARCIA, Esther

54 Título: **Mango de dispositivo auxiliar para caminar equipado con sensores de respuesta galvánica de la piel (GSR) y de temperatura**

ES 1 289 780 U

DESCRIPCIÓN

Mango de dispositivo auxiliar para caminar equipado con sensores de respuesta galvánica en la piel (GSR) y de temperatura

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se encuadra en el ámbito de los dispositivos de ayuda para caminar, particularmente de aquellos sensorizados, más particularmente de aquellos que tienen por
10 objeto medir la temperatura de la palma de la mano del sujeto que lleva el bastón, encontrar la respuesta galvánica de la piel de la mano, y detectar estrés emocional.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Los wearables son dispositivos controlados por componentes electrónicos y software que pueden ser incorporados en la ropa o usados en el cuerpo como accesorios. Estos dispositivos se utilizan para capturar información biométrica relacionada con la salud o la condición física. Con la aparición de los wearables la monitorización de señales fisiológicas ha tenido un aumento significativo. Existen numerosas investigaciones científicas sobre
20 wearables, especialmente destinadas a la monitorización de actividad y bioseñales en personas mayores.

El bastón es la herramienta de asistencia más utilizada para incrementar la estabilidad de las personas que son capaces de andar, pero presentan dificultades al hacerlo. En una
25 revisión reciente de los modelos de bastones disponibles, destaca el hecho de que cada vez se les añaden más funcionalidades. En el caso de personas de tercera edad, se pueden detectar usos inadecuados del bastón que pueden conducir a accidentes. La incorporación de sensores a un bastón tiene la ventaja de superar los inconvenientes mencionados para los wearables en el caso de personas mayores, ya que su uso está
30 integrado.

Generalmente las expresiones faciales cuando reflejan las emociones son fáciles de interpretar, pero éstas no son las únicas que pueden demostrar las emociones humanas. La piel es una fuente de información fundamental a la hora de estudiar las emociones

humanas. En palabras técnicas la piel es la interfaz entre el cuerpo humano y el entorno externo.

La respuesta galvánica de la piel (GSR, del inglés “galvanic skin response”), también denominada actividad electro-dérmica (EDA, del inglés “electro-dermal activity”) y conductancia de la piel (SC, del inglés “skin conductance”), es el resultado del comportamiento eléctrico de la piel. Un sensor GSR permite medir actividad de las glándulas sudoríparas y a través de la resistencia entre dos electrodos que están en contacto con la piel. Un termistor es un sensor resistivo cuya resistencia varía en función de la temperatura. Esta variación se basa en la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. De esta manera se puede monitorizar la respuesta galvánica de la piel y por tanto el estado emocional del sujeto que lleva el bastón instrumentado en la mano.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Conforme a lo anterior, la presente invención se refiere a un mango de un dispositivo auxiliar para caminar que comprende sensores de la respuesta galvánica de la piel (GSR) y de temperatura. En una realización de la presente invención, el sensor de temperatura es un termistor.

En una realización de la presente invención, el mango objeto de la misma comprende, además de sensores GSR y de temperatura, componentes analógicos para el acondicionamiento de las salidas analógicas de los sensores GSR y de temperatura, un conversor analógico-digital, y medios de comunicación para transmitir y recibir información en relación con las variables monitorizadas y al propio funcionamiento del mango.

En una realización de la presente invención, los medios de comunicación comprendidos en el mango objeto de la misma comprenden un componente transmisor-receptor asíncrono universal (UART, del inglés “universal asynchronous receiver-transmitter”).

En una realización de la presente invención, los medios de comunicación comprendidos en el mango objeto de la misma comprenden un componente Bluetooth de baja energía (BLE del inglés “Bluetooth low energy”).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Circuito de acondicionamiento recomendado para el sensor GSR empleado en el ejemplo de realización descrito en el correspondiente apartado.

- 5 Figura 2. Circuito de acondicionamiento en PSoC (del inglés “programmable system on chip”, “sistema programable sobre chip” en español) Creator para el sensor GSR empleado en el ejemplo de realización descrito en el correspondiente apartado.

Figura 3. Circuito de divisor de resistencia del termistor.

10

Figura 4. Componente termistor (en inglés, “thermistor”) en PSoC Creator.

Figura 5. Componente conversor analógico-digital (ADC, del inglés “analog-to-digital converter”) SAR en PSoC Creator.

15

Figura 6. Componente UART en PSoC Creator.

Figura 7. Componente BLE en PSoC Creator.

- 20 Figura 8. Esquema completo en PSoC Creator, una vez todos los componentes necesarios están configurados.

Figura 9. Diagrama de funcionamiento del mango de dispositivo auxiliar conforme a la presente invención.

25

Figura 10. Diagrama de salida del sensor GSR, por número de series de muestras, en la prueba 1 descrita en el correspondiente apartado. La flecha indica la detección de estrés emocional.

- 30 Figura 11. Diagrama de salida del sensor GSR, por número de series de muestras, en la prueba 2 descrita en el correspondiente apartado. La flecha indica la detección de estrés emocional.

Figura 12. Diagrama de salida del sensor GSR, por número de series de muestras, en la prueba 3 descrita en el correspondiente apartado. La flecha indica la detección de estrés emocional.

- 5 Figura 13. Diagrama de salida del sensor GSR, por número de series de muestras, en la prueba 4 descrita en el correspondiente apartado. La flecha indica la detección de estrés emocional.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

10

Para la implementación del ejemplo de realización de la invención descrito en el presente apartado se han utilizado sensores GSR cuya resistencia depende de la conductividad de la piel y un termistor para medir la temperatura.

- 15 La electrónica, en el ejemplo que nos ocupa, está basada en PSoC con conexión inalámbrica (Bluetooth). Para desarrollar el ejemplo de realización aquí ilustrado se ha utilizado el kit de desarrollo CY8CKIT-042-BLE-A Pioneer Kit de la compañía electrónica Cypress. Con el módulo de Bluetooth de este kit se establece una comunicación entre el prototipo desarrollado y la aplicación móvil de la misma compañía (CySmart). También se
20 visualizan los resultados con una comunicación en serie (UART) en un software de emulador de terminal, Tera Term.

- El kit Pioneer PSoC 4 BLE permite a los clientes evaluar y desarrollar soluciones compatibles con Bluetooth 4.2 utilizando el dispositivo PSoC 4 BLE con hasta 256KB Flash y
25 32KB SRAM. La placa base del kit utilizado es PSOC BLE. Estos chips incluyen un núcleo de CPU (del inglés “central processing unit”, “unidad central de procesamiento” en español) y periféricos analógicos y digitales integrados configurables. En concreto el PSoC 4 BLE es un dispositivo PSoC que integra interfaces analógicas y digitales programables, interfaz de usuario CapSense y un módulo BLE.

30

PSoC Creator es un entorno de diseño integrado (IDE, del inglés “integrated development environment”) gratuito basado en Windows que permite el diseño concurrente de hardware y firmware de sistemas basados en PSoC 3, PSoC 4 y PSoC 5LP. Se pueden crear diseños utilizando la captura esquemática clásica y familiar compatible con más de 100
35 Componentes PSoC también permite consultar la lista de hojas de datos de componentes.

El PSoC 4 BLE contiene una variedad amplia de componentes analógicos y digitales configurables generalmente no habrá incorporar elementos o componentes adicionales componentes analógicos sencillos como resistencias o condensadores. Estos elementos se pueden incorporar en el PSoC Creator de manera Off-Chip para completar el esquemático a efectos de documentación y ayudar en la interpretación del mismo. En este ejemplo de realización, a parte de los sensores mencionados, solo se han utilizado resistencias y condensadores.

Para visualizar y analizar los resultados se han utilizado dos opciones: una primera mediante UART y el software Tera Term, una segunda mediante comunicación Bluetooth y la aplicación móvil CySmart.

Un componente UART controla los puertos y dispositivos en serie. Este componente se encuentra integrado en el chip PSoC. En la realización aquí descrita el componente UART recibirá los datos analógicos convertidos por el conversor analógico-digital (ADC) y los enviará al puerto de comunicación y se imprimirán en el programa emulador de terminal, Tera Term.

Con el módulo de Bluetooth del kit de PSoC 4 BLE se puede establecer una comunicación Bluetooth pero este módulo necesita un receptor o un cliente. Para resolver este problema la compañía Cypress ofrece de forma gratuita la aplicación móvil CySmart para recibir de forma directa la información emitida del módulo Bluetooth de PSoC 4 BLE. Para lograr este fin solo ha de descargar la aplicación CySmart, configurar el componente BLE en el PSoC Creator y generar los códigos de su programación.

ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

Las señales de salida de circuito analógica en general se deben procesar de una forma adecuada para poder ser utilizadas en la entrada del circuito digital. Por ejemplo, es posible que la señal analógica sea demasiado pequeña y necesite amplificación o podría contener interferencias o ruidos y así requiera filtración. Ambos sensores utilizados en el ejemplo de realización ilustrado en el presente documento son resistivos con salidas analógicas.

En el ejemplo de realización aquí ilustrado se ha utilizado como referencia un sensor GSR de la compañía Seeed. El circuito de acondicionamiento está integrado en la placa de sensor comercial de la compañía Seeed (figura 1). Este circuito se ha montado con componentes analógicos del PSoC (figura 2), mientras que los sensores GSR se han implementado mediante placas de circuito impreso.

Este circuito consiste en un amplificador diferencial con dos seguidores a la entrada y un filtro pasivo a la salida. La ganancia del amplificador diferencial es igual a:

$$k = \frac{R9}{R6} = \frac{R8}{R7} = \frac{200k}{100k} = 2 \quad (1)$$

Entonces la salida sería:

$$Vout3 = k (Vout2 - Vout1) \quad (2)$$

En la Figura 2 se puede observar la posición del sensor GSR, con un extremo del sensor conectado a la tierra y el otro al pin vinPos2.

En relación con el acondicionamiento de las señales procedentes del termistor, la resistencia de los termistores tipo NTC (del inglés, “negative temperature coefficient”, “coeficiente de temperatura negativo” en español) disminuirá a medida que aumenta la temperatura de forma no-lineal. Una forma de reducir errores de no linealidad de un termistor es el método del divisor de resistencia (figura 3). La resistencia de referencia se usa para crear un divisor de voltaje con el termistor. Este método reduce la no linealidad del voltaje de salida. Normalmente, la resistencia de referencia tiene el mismo valor que el termistor a 25 °C y su posición en el circuito no es importante. El termistor usado en el ejemplo de realización ilustrado en el presente documento es un termistor (NTCLE203E3104GB0) de 100 kΩ de la compañía VISHAY y el rango de su medición de temperatura es de -40 °C a +125 °C.

La mejor manera de eliminar cualquier dependencia de VDD es medirlo en VHI y la mejor manera de eliminar cualquier dependencia de GND (si no es exactamente 0 V) es medirlo en Vlow. Si se usa un ADC diferencial, solo se requieren dos lecturas de ADC. (los voltajes diferenciales entre Rref y Rt.) Utilizando estas medidas de voltaje, la resistencia del termistor se calcula usando la siguiente ecuación.

$$R_t = R_{ref} * \frac{V_{hi} - V_{therm}}{V_{therm} - V_{low}} \quad (3)$$

La relación de la simplicidad de incorporar un termistor para medir la temperatura y su exactitud es innegable, además se ha comprobado que los valores de salida del termistor son muy similares a la salida de un termómetro digital.

5

Es necesario convertir el valor de resistencia del termistor en temperatura. La conversión de resistencia a temperatura se hace con el método más común que es el método de Steinhart-Hart, empleándose para ello el componente calculador de termistor de PSoC Creator (figura 4). Dicho componente, como entrada, usa la resistencia del termistor, calcula los

10 coeficientes de Steinhart-Hart, y genera el código API requerido para conversión de resistencia a temperatura.

CONVERSIÓN ANALÓGICA/DIGITAL

15 El procesamiento de las señales analógicas obtenidas del sensor GSR y del termistor requiere su conversión en señales digitales. Para ello es necesario incorporar el componente convertidor ADC_SAR del PSoC (figura 5), que permite operar en el modo diferencial o simple ("Single Ended"). En el ejemplo de realización ilustrado en el presente documento se ha utilizado dos canales diferenciales para convertir el voltaje del termistor y

20 resistencia de referencia y un canal simple para convertir la señal proveniente del sensor GSR.

COMPONENTE UART

25 El componente PSoC 4 SCB (del inglés "serial communication block", "bloque de comunicación en serie" en español) es un bloque de hardware multifunción que implementa los siguientes componentes de comunicación: I2C, SPI, UART y EZI2C. La figura 6 muestra el ícono del componente SCB configurado como UART en el PSoC Creator, que se puede configurar para funcionar como TX + RX bidireccional, Receptor (solo RX) o Transmisor

30 (solo TX).

COMPONENTE BLE

Para establecer la comunicación Bluetooth es necesario incorporar y configurar el componente BLE del PSoC (figura 7).

En la figura 8 se muestra el esquema completo en el PSoC, una vez todos los componentes necesarios están configurados. Una vez desarrollado el dispositivo y configurado sus componentes se diseñó su funcionamiento (figura 9), que incluye los siguientes pasos:

- (1) Iniciar la configuración del sistema.
- (2) Incluir las bibliotecas necesarias.
- (3) Definir los parámetros y variables globales.
- 10 (4) Definir los prototipos de funciones.
- (5) Iniciar el funcionamiento propiamente dicho del sistema.
- (6) Proceder con la lectura del voltaje del termistor.
- (7) Proceder con la lectura del voltaje de resistencia de referencia.
- (8) Filtrar los resultados de ADC (IIR).
- 15 (9) Calcular la resistencia del termistor.
- (10) Calcular la temperatura con la resistencia obtenida.
- (11) Reflejar el valor de temperatura mediante el UART.
- (12) Leer la señal de salida del GSR.
- (13) Comprobar si la salida es mayor que el umbral establecido (1900).
- 20 (14) Si la salida leída en (13) es mayor que el umbral establecido (1900), comprobar si se ha estabilizado el valor registrado.
- (15) Si se ha estabilizado el valor registrado (14), comprobar si es la primera vez que se ha estabilizado.
- (16) Si la comprobación realizada en (15) indica que el valor se ha estabilizado por primera vez, guardar el valor establecido, que se usará como referencia.
- 25 (17) Comprobar si el valor estabilizado es superior a un valor establecido (si el valor estabilizado menos 60 mayor que la salida del GSR).
- (18) Si la comprobación realizada en (17) indica que la diferencia entre el valor estabilizado y la salida del GSR es superior a un valor establecido (si la salida del GSR es menor que el valor estabilizado menos 60), se transmite por UART la detección de una emoción.
- 30 (19) Si no es posible leer la señal de salida del GSR (13); o tanto si la comprobación realizada en (17) indica que la diferencia entre el valor estabilizado y la salida del GSR es superior a un valor establecido (si la salida del GSR es menor

que el valor estabilizado menos 60; en tal caso, se habrá transmitido por UART la detección de una emoción) como si no, comunicar estos eventos vía BLE.

(20) Actualizar y guardar variables tras dicho (19) comunicado de eventos vía BLE y volver a proceder con la lectura del voltaje del termistor (6).

5 (21) Si no se puede (13) leer la señal de salida del GSR, el sensor no está conectado y se deben reiniciar los valores, lo que se comunica por UART (22).

Conforme a ello, la obtención der la temperatura consta de los siguientes pasos:

- 10 • **Lectura de voltaje de termistor:** Se ha utilizado un canal diferencial del conversor (en este caso canal #0), donde el conversor mide la diferencia de voltaje de los dos extremos del termistor que son V_{hi} y V_{therm} . Este procedimiento se realiza en una función que puede retornar el valor de V_{therm} .
- 15 • **Lectura de voltaje de resistencia de referencia:** Esta vez se mide el voltaje de la resistencia de referencia con la ayuda de otro canal diferencial del conversor (en este caso canal #1) donde las entradas diferenciales son los dos extremos de la resistencia de referencia. Se utiliza la misma función para medir el voltaje que esta vez retorna V_{ref} .
- 20 • **Obtener la resistencia de termistor:** Después de obtener V_{therm} y V_{ref} se procede a filtrar los resultados. Para ello se ha utilizado un filtro IIR (Infinite Impulse Response) para corregir el resultado de conversión. Este filtro se ha empleado tal y como lo han recomendado los documentos de Cypress. El componente Thermistor en el PSoC Creator ofrece una función que puede retornar el valor de resistencia del termistor teniendo como entrada V_{ref} y V_{therm} .
- 25 • **Obtener la temperatura:** El componente Thermistor del PSoC Creator puede calcular la temperatura correspondiente a la resistencia del termistor.
- **Actualizar el valor almacenado de la temperatura y anunciarla:** La temperatura obtenida se manda al puerto de UART para ser visualizado en Tera Term y también al final del bucle se comprueba si las notificaciones del Bluetooth están activas y en este caso se actualizan los valores de todas las variables.

30 Por su parte, la detección del estrés emocional consta de los siguientes pasos:

- **Lectura instantánea del sensor GSR:** El canal #3 del conversor se ha conectado a la salida del circuito de acondicionamiento del sensor GSR y es de entrada simple no diferencial. Primero se procede a leer el valor convertido de este canal, para eliminar el ruido se hace una media entre 10 muestras sucesivas (un filtro mediano) y este

resultado se envía por UART para ser visualizado en Tera Term y también por Bluetooth a la aplicación CySmart.

- **Encontrar el valor estable del sensor GSR:** Para detectar estrés emocional es necesario saber cuál es la respuesta galvánica de cada sujeto. Al hacer muchas pruebas con personas de diferentes categorías físicas, se ha comprobado que cada individuo en estado normal tiene respuestas diferentes a ensayos con el sensor GSR. Para encontrar este valor, primero es necesario comprobar si el sensor está conectado o no. A partir del momento en el que se conecta el sensor, el programa registra todas las salidas del sensor para hacer una media de todos los resultados. Para encontrar el valor estable de cada individuo, se cuentan 70 bucles en los que el sensor está conectado y a partir de ello empieza a sumar los valores obtenidos en los siguientes 100 bucles para hacer una media y encontrar una respuesta estable.
- **Encontrar cambio de emociones:** Hasta ahora se sabe que después de varias muestras sucesivas cuando el sensor está conectado, se obtiene el valor estable de la respuesta galvánica de la piel. ¿Pero cómo saber si las emociones han cambiado? Este punto se consigue mediante la realización de pruebas diferentes. Existen muchos experimentos en los que se discuten diferentes formas para alterar las emociones humanas. Según María Viqueira y colaboradores [“A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee”, Sensors 2012, 12, 6075-6101], se pueden realizar diferentes pruebas para verificar el comportamiento del dispositivo GSR.

A fin de implementar el funcionamiento deseado y diseñado (figura 10) se han utilizado las siguientes funciones:

- **int main (void)**

Esta función es la primera a ejecutar en la pila de memoria del programa. Es importante tener en cuenta la utilización de Cydelay () en el archivo main.c en el PSoC Creator. Se ha comprobado que Cydelay puede intervenir en la comunicación Bluetooth, aunque el timeout esté desactivado. Para evitar esto, simplemente se ha utilizado un contador de bucles para encontrar el valor estable de la salida del sensor GSR.

- **void InitSistem (void)**

La función main () llama a esta función antes de nada para que los componentes del PSoC se inicien, también habilita todas las interrupciones.

- **int32 MeasureResistorVoltage (uint8 channel)**

Como entrada toma el canal en el que está conectada la resistencia y mide el valor de salida del conversor, luego llama a la función FilterSignal para filtrar el resultado.

- **void updateGSROutput (void)**

Esta función actualiza el valor de la salida del sensor GSR si el dispositivo BLE está conectado y las notificaciones están habilitadas. Ha de mandar el valor en un array de int [2] para visualizarlo en la aplicación de CySmart.

- **void updateTempOutput(void)**

Es igual que la función anterior, pero actualiza el valor de la salida del termistor.

- **void BleCallback (uint32 event, void* eventParam)**

La función CyBle_ProcessEvents () es llamada en main () para la generación de eventos relacionados con el estado del proceso de comunicación Bluetooth y la función BleCallback registra todos los eventos relacionados con Bluetooth y según el evento generado se ejecuta. El parámetro de entrada “event” indica el evento ocurrido y el parámetro *eventParam consta de toda la información del dispositivo cliente de Bluetooth y las características antes definidas en el componente BLE. Los eventos pueden ser de cuatro tipos:

1. CYBLE_EVT_STACK_ON: Indica que la pila de Bluetooth acaba de reiniciarse después de un reinicio (reset). En este caso, inicia la publicidad y enciende el led azul parpadeante.
2. CYBLE_EVT_GAP_DEVICE_DISCONNECTED: Indica que el dispositivo se ha desconectado. En este caso, también inicia la publicidad y enciende el led azul parpadeante.
3. CYBLE_EVT_GATT_CONNECT_IND: Indica que hay una conexión. En este caso, apaga la luz azul parpadeante, actualiza los valores con las funciones, updateGSROutput () y updateTempOutput ().
4. CYBLE_EVT_GATTS_WRITE_REQ: Indica una petición de escritura de las características del servicio. En este proyecto hay dos características y por tanto dos descriptores; GSRCCC (GSR Client Characteristic Configuration) y TEMPCCC (THERMISTOR Client Characteristic Configuration). En este caso se actualizan las notificaciones de características.

- **int32 FilterSignal (int32 ADCSample, uint8 sensor)**

Este filtro como entrada toma la salida del canal deseado del conversor y el número de canal. Se ha comprobado que la salida del termistor sin este filtro se vuelve muy inestable y se puede variar hasta 3 grados en cada medición. El filtro solo se aplica al canal 0 (termistor) y canal 1 (resistencia de referencia).

Se han utilizado las variables y parámetros globales que se muestran en la siguiente tabla.

Parametros/Variables	Description
TRANSMIT_BUFFER_SIZE	La longitud de buffer de datos que se envían por UART
channel_VT	El canal del ADC donde está conectado el termistor
channel_VRef	El canal del ADC donde está conectado la resistencia de referencia
channel_GSR	El canal del ADC donde está conectado el sensor de GSR
RTD_FILTER_COEFF_SHIFT MAX_FILTER_COEFF_SHIFT	Coeficientes del filtro del termistor
NUM_SENSORS	Los sensores para filtrar son dos, el termistor y la referencia
FILTER_FEEDFORWARD	Filtro Feedforward. Se establece igual a 100 cuentas de ADC. Se ha escalado en 256 para contar de MAXIMUM_FITER_COEFF
GSROutputNotificacion	Registro de notificación del sensor GSR
TempOutputNotification	Registro de notificación del termistor
GSROutput	Variable global, registra el valor de salida del GSR
Temp	Variable global, registra el valor de salida de la temperatura
temp [2]	variable temporal para enviar valor de temperatura por Bluetooth
gsr [2]	variable temporal para enviar valor de GSR por Bluetooth

5 RESULTADOS

Como prueba de la correcta funcionalidad del objeto de la invención, en este apartado se presentan los resultados obtenidos de diferentes ensayos con el sensor de GSR y el de temperatura y su visualización en Tera Term, si bien la visualización en la aplicación móvil CySmart es igualmente satisfactoria.

En el PSoC Creator el componente UART envía los resultados al software Tera Term.

Se debe tener en cuenta que, dependiendo de la temperatura del ambiente, el termistor puede tardar en estabilizarse y que la temperatura mostrada no es del cuerpo del sujeto a

probar sino es solo la temperatura de la piel de su mano. Los resultados se han verificado con un termómetro digital comercial y tienen solo 0.02 °C de error.

5 Se ha comprobado que para que los resultados sean fiables la mano debería cubrir los sensores montados de manera que la salida del sensor sea como mínimo el valor 1900. Por tanto, cuando la salida es inferior de este valor, se muestra en la pantalla la notificación de desconexión del sensor.

10 Cuando se detecta que el sensor está conectado, el siguiente paso es encontrar el valor estable, para ello el sensor debe estar conectado aproximadamente 1 minuto para que el valor de la salida del sensor se fije y que no tenga cambios drásticos. Este valor estable simplemente es la media de todas las salidas del sensor y puede variar dependiendo de la persona y el estado físico. Cuando el programa encuentra el valor estable del sensor GSR, lo muestra como "StableValue".

15

A continuación se presentan tres pruebas diferentes realizadas. Las pruebas se han hecho con tres sujetos diferentes. El umbral (*threshold*) para detectar estrés emocional se ha establecido igual a 60.

20 Prueba número 1

En el estado relajado y con el mango del bastón en la mano, después de aproximadamente un minuto el resultado se estabiliza en 1303. Después de varias respiraciones profundas, el GSR Output baja a 1240 y la diferencia entre el valor del estado actual y el valor estable
25 llega a 63, que es mayor que el umbral definido. De esta manera se notifica que se ha detectado estrés emocional. En el diagrama de la figura 10 se pueden ver las salidas del sensor GSR por número de series de muestras, el valor estable y la detección de estrés emocional.

30 Prueba número 2

Como en la primera prueba también se miden las salidas del sensor para el sujeto número 2 hasta que se alcanza un valor estable de 1040, que es muy diferente al de la primera prueba. Esto ilustra la importancia de medir y establecer un valor en estado relajado para
35 cada persona e incluso para la misma persona, pero en diferentes estados físicos.

Después de varias respiraciones profundas, la salida del sensor GSR baja a 976 que es 4 unidades por debajo del umbral establecido. Por tanto, se notifica que se ha detectado estrés emocional. La figura 11 muestra estos resultados en una gráfica donde se puede ver la disminución de la salida del sensor GSR con respecto al valor estable cuando se detecta estrés emocional.

Prueba número 3

La salida del sensor GSR se estabiliza en un valor estable de 1400 para el sujeto número 3. Tras varias respiraciones profundas, el estado emocional del sujeto ha cambiado y la figura 12 muestra el diagrama de las salidas del sensor GSR por número de series de muestras donde se puede ver un cambio claro cuando se produce una alteración en estado emocional del sujeto.

Prueba número 4:

Esta prueba se ha realizado con el sujeto número 2, después de unos minutos después de la prueba anterior. Esta vez el valor se estabiliza a 433 frente a 1400 de la prueba anterior .

Esto significa que la respuesta galvánica de la piel en estado normal no es siempre igual y puede variar en diferentes ocasiones. Sin embargo, aunque el valor en estado relajado sea diferente pero igual que el caso anterior después de varias respiraciones profundas, la repuesta galvánica de la piel cambia y se puede detectar estrés emocional. La figura 13 muestra el diagrama de salida del sensor GSR por número de series de muestras y la detección de estrés emocional cuando este valor llega a 60 unidades por debajo del valor estable.

REIVINDICACIONES

1. Mango de dispositivo auxiliar para caminar caracterizado por que comprende al menos un sensor de respuesta galvánica en la piel - GSR y un sensor de temperatura.
- 5 2. Mango de dispositivo auxiliar según la reivindicación anterior caracterizado por que el sensor de temperatura es un termistor.
3. Mango de dispositivo auxiliar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende componentes analógicos para el acondicionamiento de las salidas analógicas de los sensores analógicos, un conversor analógico-digital, y
10 medios de comunicación para transmitir y recibir información en relación con las variables monitorizadas y al propio funcionamiento del mango.
4. Mango de dispositivo auxiliar según la reivindicación anterior caracterizado por que los medios de comunicación comprenden un componente transmisor-receptor asíncrono universal (UART).
- 15 5. Mango de dispositivo auxiliar según cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4 caracterizado por que los medios de comunicación comprenden un componente Bluetooth de baja energía (BLE).

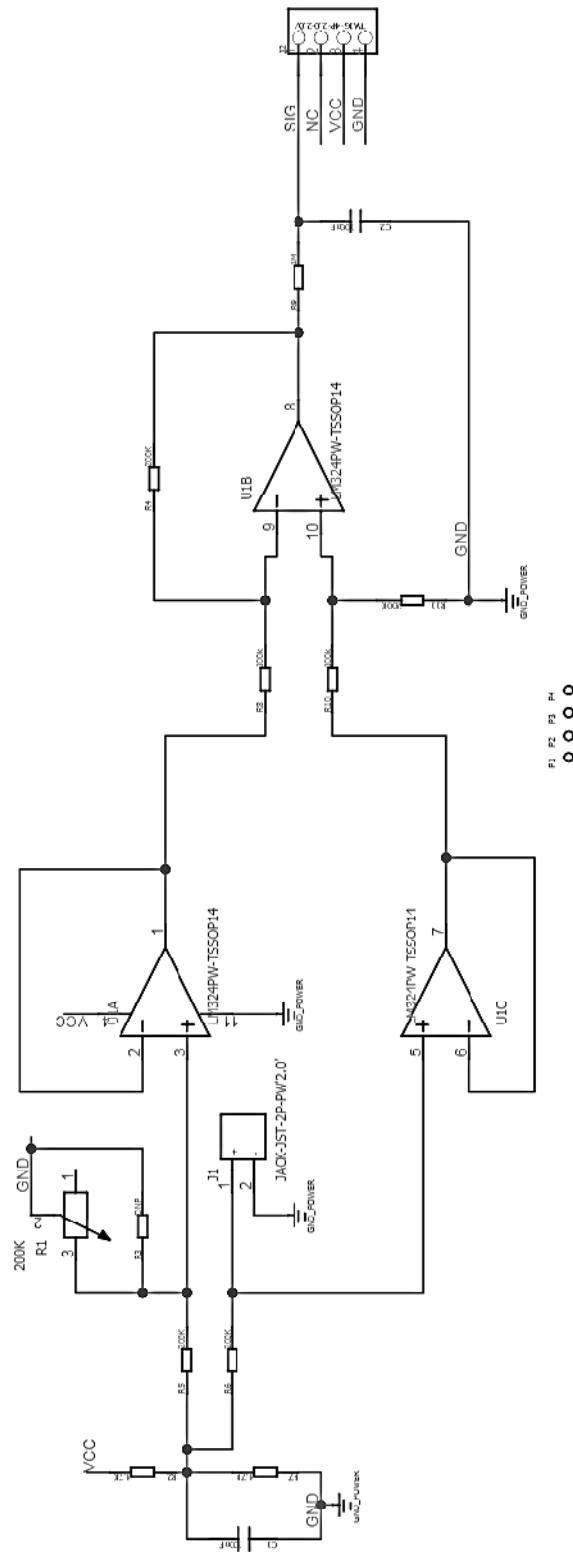


Figura 1

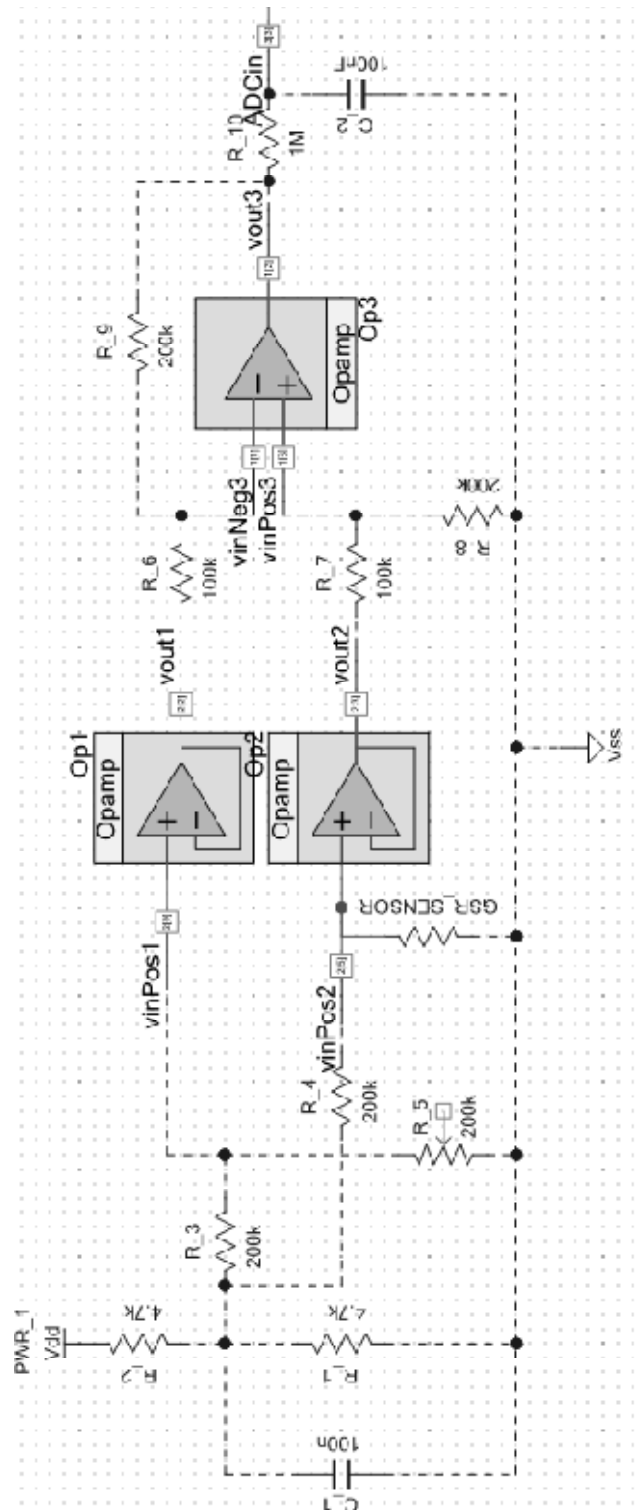


Figura 2

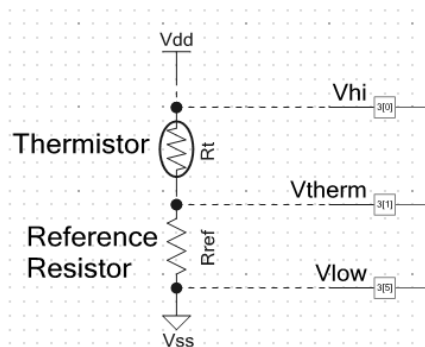


Figura 3

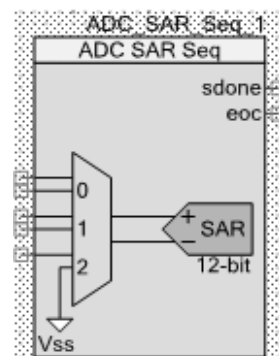


Figura 5

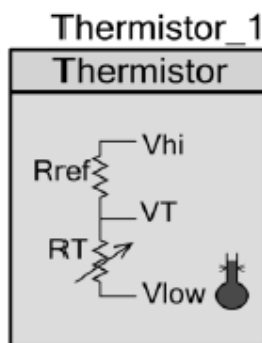


Figura 4

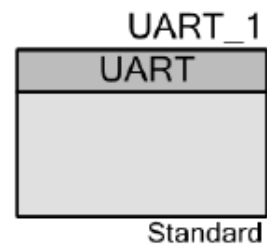


Figura 6

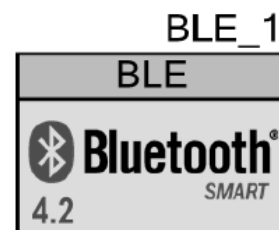
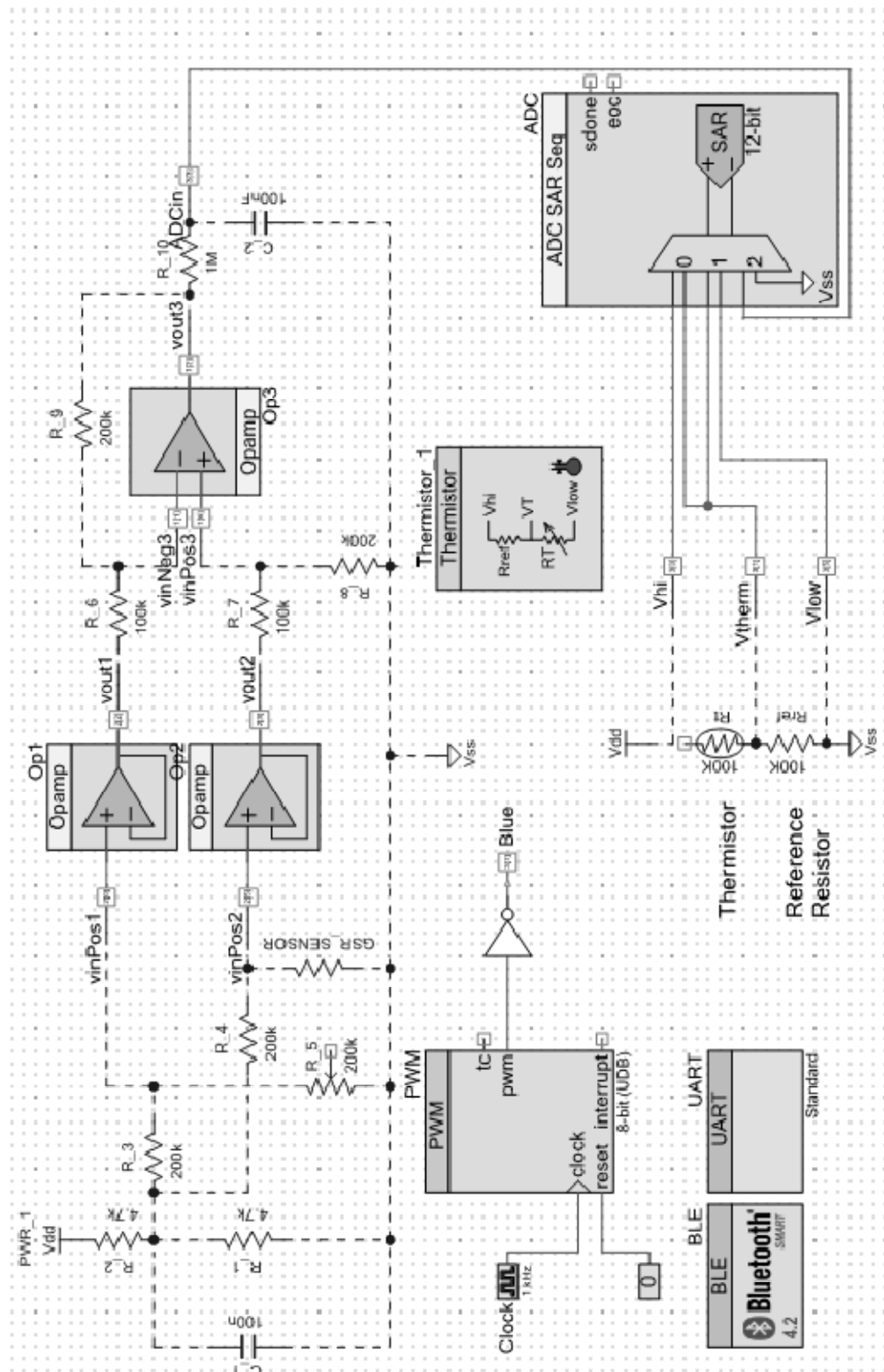


Figura 7

**Figura 8**

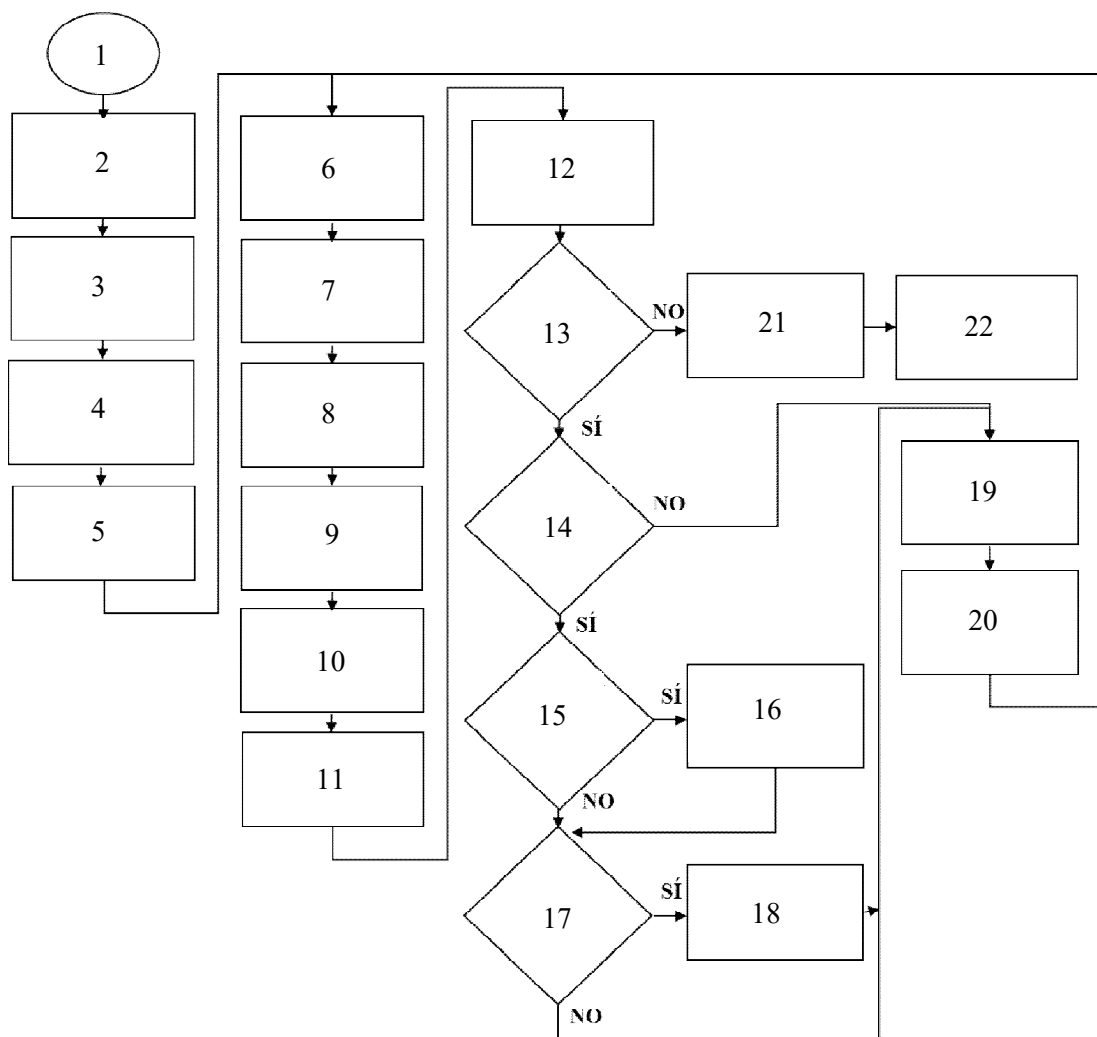


Figura 9

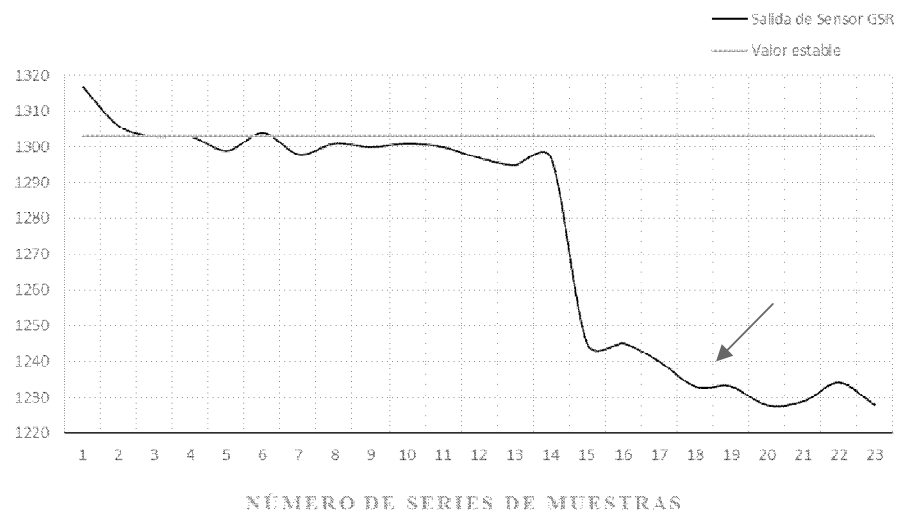


Figura 10

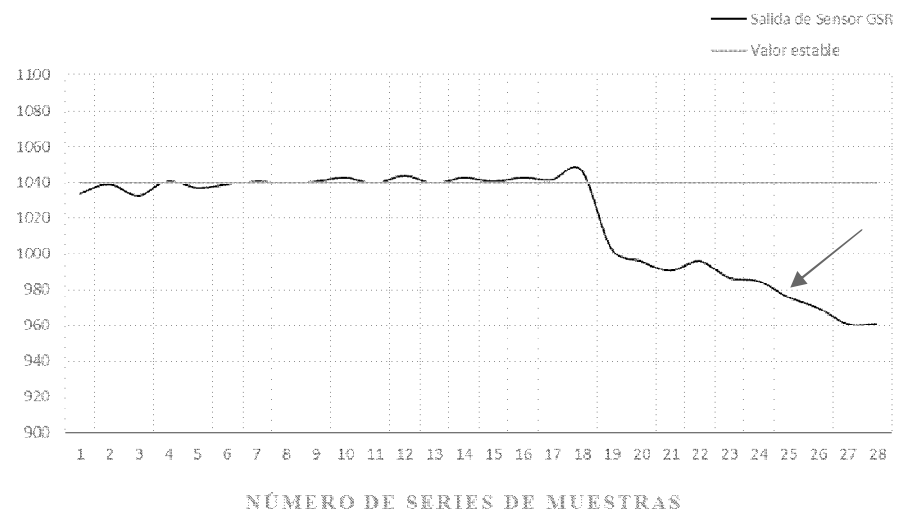


Figura 11

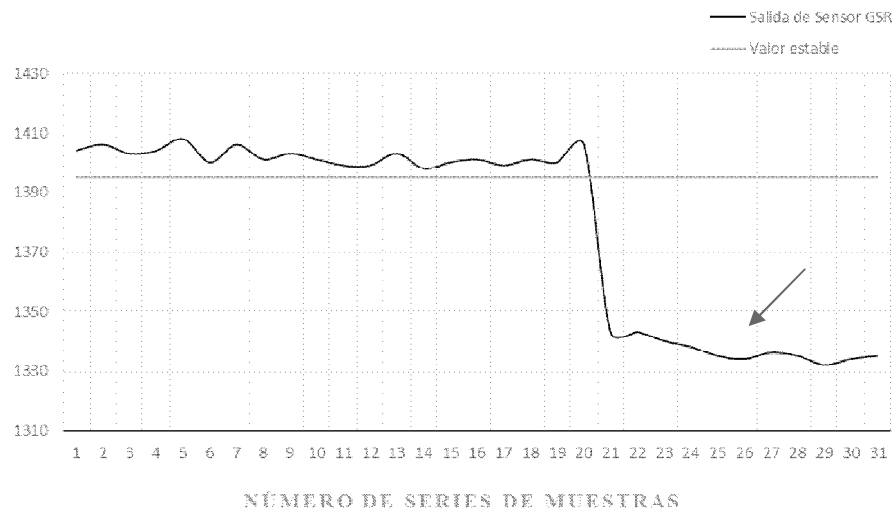


Figura 12

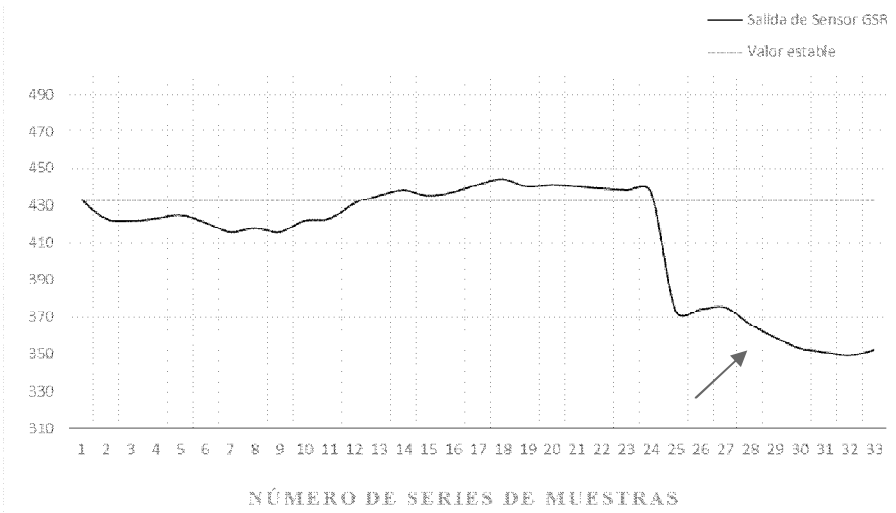


Figura 13