

**SISTEMA PORTÁTIL PARA COMUNICACIÓN VERBAL ALTERNATIVA A
PARTIR DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS**

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se refiere a un sistema portátil para generar voz hablada utilizando señales electromiográficas, lo que permite a las personas comunicarse a través de un sistema autónomo y personalizado capaz de discriminar diversos patrones en las señales electromiográficas (EMG) tomadas desde algún grupo muscular funcional. El sistema fue ideado para aplicarse en la comunicación de personas en condición de discapacidad del habla, con otras personas hablantes que no manejan lenguaje de señas, utilizando por ejemplo alguno de los grupos musculares: extensor ulnar, tibial anterior o masetero de la persona en condición de discapacidad, sin embargo, el sistema es utilizable por cualquier persona y en diversas aplicaciones, por ejemplo, generación de salida de voz en otros idiomas.

10

15

Por medio de movimientos musculares, el dispositivo puede producir voz hablada y mensajes de retroalimentación visual usados con fines de comunicación. El sistema puede utilizar cualquier grupo muscular funcional de la persona, por tal motivo para cubrir las diferentes áreas del cuerpo (en el caso de regiones afectadas por la discapacidad motora), se trabajaron tres grupos musculares de la siguiente manera: extensor ulnar para cubrir el tren superior del cuerpo, tibial anterior para cubrir el tren inferior y masetero que cubre el área cefálica.

20

25

ESTADO DE LA TÉCNICA

La comunicación en el ser humano es la principal forma de unión e interacción con su entorno, la expresión oral y escrita son unas de las principales características que diferencian al ser humano de otras especies. Sin embargo, diversos tipos de discapacidades o el simple hecho de no manejar el idioma, son obstáculos para que muchas personas no puedan llevar a cabo esta importante tarea. Así por ejemplo, múltiples alteraciones estructurales y/o funcionales pueden determinar una pérdida permanente (parcial o total) en la capacidad de comunicación oral, por ejemplo: enfermedades que afectan el sistema nervioso y/o muscular, como esclerosis lateral

30

5 amiotrófica (ELA o enfermedad de Lou Gehrig), miastenia grave o esclerosis múltiple (EM); parálisis facial, como la parálisis de Bell o debilidad de la lengua, traumatismo craneal, trastornos del sistema nervioso, como el mal de Parkinson o la enfermedad de Huntington, accidente cerebrovascular (ACV), mal de Alzheimer, tumor cerebral, ataque isquémico transitorio (AIT), etc.

10 Dado que el mundo gira entorno a las personas cuyas capacidades físicas e intelectuales están intactas, el rol de las personas que tienen alguna dificultad en la comunicación puede verse afectado al no tener la misma posibilidad de desenvolverse en diversos espacios, como en un ámbito laboral, en una actividad académica, al transportarse en un medio masivo, al comprar los víveres en un supermercado, etc. La tecnología actual debe ser capaz de ofrecer una alternativa de comunicación e interacción con el entorno en estos casos críticos, permitiéndoles a las personas que tengan esta clase de discapacidad tener un proceso de inclusión y de esta manera poder abrirse paso en un mundo en constante avance.

20 En el mundo, se conocen varias clases de dispositivos que pueden ayudar a personas con discapacidad del habla a comunicarse con su entorno, a través de dispositivos que pueden ser operados manualmente por el usuario. Sin embargo, estos sistemas y dispositivos no son adecuados para usuarios que además de perder la facultad del habla, pueden sufrir de enfermedades degenerativas que paralizan sus músculos como las múltiples alteraciones estructurales y/o funcionales indicadas anteriormente.

25 Algunos de tales dispositivos hacen uso de técnicas de comunicación visual que utilizan sistemas para reconocer posturas de las manos que equivalen a una combinación de letras que forman palabras y frases, lo cual se aplica principalmente a sistemas de comunicación en línea. Igualmente, la lectura de las posturas, la puede hacer una persona que traduce el lenguaje de señas del usuario a un computador o elemento similar para facilitar las comunicaciones en línea de los usuarios. Otros dispositivos utilizan las señales provenientes de movimiento laríngeo, que se traduce en voz. Sin embargo, usuarios que sufren de cáncer laríngeo y que han sido laringectomizados no pueden acceder a esta clase de dispositivos.

Se conocen sistemas que involucran señales bioeléctricas, es el caso de la patente US9364163 que reporta un sistema no invasivo para la captación de señales tales como electroencefalográficas (EEG), electromiográficas (EMG), electrooculográficas (EOG) y magnetoencefalográficas (MEG), entre otros. Los métodos que proporciona dicha patente detectan la comunicación intencional y la no-intencional, en donde dichas señales son correlacionadas con el funcionamiento cerebral que incluyen funciones cognitivas más altas. Esta patente indica que es útil la comunicación intencional para simular el habla o el movimiento de una prótesis artificial y las señales no intencionales para el caso de personas con epilepsia, en donde las señales puedan ser correlacionadas con la condición patológica y desencadenar una alarma debido a la determinación de cambios en la actividad cerebral y así poder alterar, suprimir o prepararse para un evento no intencional. Sin embargo, esta es una patente que muestra un dispositivo genérico que podría eventualmente utilizar cualquier tipo de señal bioeléctrica del cuerpo.

De otra parte, el documento CN105919591 está relacionado con un sistema de reconocimiento del lenguaje basado en vocales y un método para electromiografía de superficie, en donde el sistema incluye una unidad de adquisición de señales mioeléctricas de los músculos del brazo, una unidad de medición inercial, una unidad de procesamiento y una unidad de síntesis de voz, en donde la unidad de adquisición EMG está proporcionada en la unidad inercial del sujeto que está dispuesta en la muñeca del mismo. La salida de la terminal y la unidad de adquisición de EMG de medida están conectadas a la entrada de la unidad de procesamiento y la salida de dicha unidad está conectada con la entrada de la unidad de síntesis de voz. El método comprende la adquisición de una señal mioeléctrica del brazo, y una señal de aceleración de la muñeca del sujeto; la extracción de los valores propios de la señal de EMG y de la señal de aceleración. Los valores característicos de la respectiva operación de señales se almacenan en el idioma correspondiente y la adaptación de la operación del signo del lenguaje sale en forma de texto. Luego, mediante una operación, la señal de lenguaje en texto se convierte en voz. En esta patente se necesita usar un acelerómetro para tomar los valores de aceleración de la muñeca y correlacionar estos datos con los

datos de las señales mioeléctricas, lo cual implica un sistema robusto de procesamiento de datos.

5 Por su parte, la patente de indonesia ID201401891 reporta un aparato de generación y pronunciación de letras y palabras para sordos que usa sensores de movimiento en las manos y en los dedos, en donde el sistema comprende un guante especial que permite la captación de movimiento de los dedos y su respectiva traducción a señales eléctricas. Sin embargo, esta patente hace alusión a identificación de movimiento que pueden ser observados y traducidos en una
10 máquina, pero no está relacionada con una señal eléctrica extraída de uno o más músculos del cuerpo humano.

La patente CN104134060 reporta un intérprete de lenguaje de señas basado en EMG y sensores de movimiento y sistemas de sonido de presentación que incluye
15 un subsistema de reconocimiento de gestos y subsistema de sonido de visualización semántica. El subsistema de reconocimiento de gestos incluye: sensores de movimiento de varios ejes y módulos de recolección y análisis de corriente muscular multicanal de los brazos izquierdo y derecho del usuario. El procesamiento de los datos de la electricidad de los músculos y del sensor de movimiento logra la
20 distinción de los gestos. El subsistema de sonido de visualización incluye analizador semántico, control de voz, altavoces, pantalla, almacenamiento y módulos de comunicaciones. Si bien, esta invención utiliza técnicas de reconocimiento de patrones basadas en EMG de brazos y datos de sensores de movimiento, al igual que los documentos anteriores, está dirigido a la traducción de señas y
25 reconocimiento de gestos semánticos.

El documento de patente No. JP2004329750, enseña un aparato vocal que utiliza señales biológicas (señales EMG); el cual realiza un procesamiento para extraer patrones de operación de la señal biológica registrada. El sistema estima el sonido
30 de una parte de una palabra a partir del cálculo de probabilidad a partir del patrón característico extraído. De esta manera el sistema determina una palabra a partir del patrón en una serie de tiempo de probabilidad posterior, a partir de la palabra, calcula un sonido y a partir de un editor estima una frase con la palabra estimada. Finalmente, el sistema puede reproducir la voz o parte de la voz sintetizada y

vocalizar basándose en la información de la frase preparada, asignando una cantidad característica de volumen y tono al sonido, así como calidad del tono y velocidad de vocalización. El dispositivo cuenta con una etapa de retroalimentación al usuario y un módulo de almacenamiento para almacenar y leer los parámetros utilizados en el proceso de sintetización de la voz.

El documento No. US2007164985 presenta un aparato y un método para seleccionar y emitir caracteres por medio del apretamiento de dientes. El aparato cuenta con una unidad de transmisión y obtención de señales electromiográficas de un músculo predeterminado que se activa cuando el usuario aprieta los dientes. La unidad de procesamiento de la bioseñal identifica el patrón de movimiento de los dientes para emitir caracteres seleccionados. El aparato cuenta con un menú de visualización para la salida de caracteres en video y audio.

Como se puede ver, existe la necesidad de sistemas de comunicación alternativa para personas que han perdido el habla y adicionalmente tienen limitaciones de movimiento producidas por alguna enfermedad o accidente (por ejemplo, cuadriplejía), que puedan presentarse como alternativa para lograr la comunicación con otras personas. Donde es deseable que tales sistemas se puedan implementar de forma portátil, personalizada y suficientemente versátil como para que puedan ser utilizados en diferentes condiciones de discapacidad, ya que como se puede ver, ninguno de los dispositivos mencionados es suficientemente versátil como para generar de forma voluntaria salidas de voz específicas de acuerdo a la situación y el entorno en donde se desee comunicar el usuario, especialmente para su comunicación con personas que no manejan lenguaje de señas.

La presente invención responde además a otra problemática que es el bajo nivel de escolaridad de muchos usuarios con discapacidad de habla y voz, además de la disminución de oportunidades en el mercado laboral para los mismos ya que la invención proporciona un dispositivo que funciona como interfaz hombre-máquina y que proporcionan a los discapacitados por parálisis, accidente cerebrovascular, cáncer laríngeo, etc., además de ser una opción asequible a una mayor cantidad de usuarios.

La interpretación de señales mioeléctricas provocadas por los movimientos musculares es compleja, dado que las señales son de muy baja amplitud, no siguen un modelo determinístico y deben ser procesadas y tratadas con diferentes técnicas en procura de obtener información útil y repetible en el tiempo y por ello, el
5 dispositivo de la presente invención permite la discriminación de señales mioeléctricas obtenidas de movimientos musculares en lugares específicos del cuerpo humano en el cual el dispositivo se encuentre instalado. El sistema de la invención captura la señal mioeléctrica provocada por el movimiento de un grupo muscular determinado, y la convierte en patrones de información estable y repetible.
10 Estas características permiten que aun cuando el sistema ha sido orientado hacia la ayuda en la comunicación de personas en condición de discapacidad del habla, no sea esta la única aplicación posible toda vez que cualquier persona en condición de discapacidad o sin ella puede hacer uso del dispositivo.

15 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un sistema de comunicación alternativa, el cual comprende una arquitectura implementada por computador conformada por un hardware electrónico portátil para la adquisición de señales electromiográficas, y un
20 driver implementado en un sistema de procesamiento digital usado para procesar y gestionar las señales adquiridas. El hardware electrónico está diseñado de manera que puede ser adaptado para adquirir señales electromiográficas de diferentes grupos musculares (por ejemplo: extensor ulnar, tibial anterior o masetero), lo cual responde a las necesidades de usuarios que presentan diversos grados de parálisis
25 muscular, por ejemplo, cuadriplejía.

El driver para el procesamiento de las señales, comprende una estructura de capas para distribuir las tareas a realizar en diferentes niveles. Este modelo posee la ventaja en que cada grupo de trabajo está totalmente abstraído del resto de niveles,
30 y solo se deben conocer los comandos para realizar el intercambio de información entre ellos, si algún nivel presenta una falla o requiere de algún cambio, solo se interviene ese nivel sin necesidad de afectar los otros niveles. Adicionalmente, esta estructura presenta una solución escalable, flexible y reutilizable, que puede ser

adaptada a diferentes necesidades al agregar nuevos niveles o hacer cambios en alguno de ellos.

5 Las señales electromiográficas obtenidas a partir de movimientos musculares tienen características que hacen que su interpretación sea compleja; la amplitud de voltaje es muy baja, no siguen un modelo determinístico y deben ser procesadas y tratadas con diferentes técnicas en procura de obtener información útil y repetible en el tiempo. El dispositivo de la presente invención permite la discriminación de estas señales gracias al hardware desarrollado y a la implementación del driver el cual
10 además de realizar el procesamiento de los datos y la gestión de las comunicaciones, permite la integración de diversos programas, y aplicaciones que mejoran y complementan la usabilidad del dispositivo.

Dentro de los elementos básicos de la invención cabe resaltar que se trata de un
15 dispositivo electrónico para la obtención de señales eléctricas de forma no invasiva, desde un grupo muscular funcional. Donde el dispositivo electrónico se comunica de forma inalámbrica con un dispositivo que almacena un driver para el procesamiento de las señales mioeléctricas captadas. Sin embargo, existen otros elementos críticos del sistema tal como la capacidad cognitiva del usuario, y la
20 disponibilidad y funcionalidad de al menos un grupo muscular para realizar movimientos. Igualmente se requiere de un proceso previo de aprestamiento para lograr manejo autónomo del dispositivo.

La tecnología incorpora un sistema de discriminación que se puede adaptar para
25 hacer diferentes funciones de comunicación y control. También comprende una interface de usuario que permite su configuración, programación y adaptación a diferentes escenarios de uso, idiomas, frases o combinación de frases, y un módulo de utilidad para la comunicación verbal y apoyo a personas con discapacidad del habla, que se encuentra configurado para discriminar movimientos musculares
30 producidos en los miembros superiores, inferiores o cara y que forman patrones que pueden ser asociados a diferentes vocablos pre-concebidos con los que el usuario puede configurar frases sencillas y complejas. Además de esto, la forma, el tamaño y el peso del dispositivo han sido adaptados a la figura humana para su uso de acuerdo al sector de músculos de los cuales se obtendrá la señal mioeléctrica.

Las principales características y ventajas de la presente invención se listan a continuación:

- 5 • Uso de señales mioeléctricas para comunicación verbal de personas en condición de discapacidad de la voz y el habla.
- Producción de voz hablada cuando no existe ninguna posibilidad de producirla de forma natural.
- Dispositivo personalizado al usuario que permite la autonomía en la
10 comunicación verbal.
- Inclusión social a diferentes entornos de las personas en condición de discapacidad.
- Portabilidad y fácil manejo ya que se trata de un dispositivo ambulatorio.
- Diseño ergonómico del dispositivo (encerramiento y estructura física).
- 15 • Algoritmo inteligente artificial para la detección de patrones de movimiento.
- Estudio de necesidades del usuario para optimizar el proceso de perfilamiento.
- Posibilidad de manejo de diferentes idiomas.

- 20 La capacidad cognitiva del usuario determina la complejidad en la combinación de movimientos y salidas de voz, por lo cual el sistema de la presente invención resulta ser ventajoso ya que puede ser empleado por personas con leve a moderada condición de discapacidad cognitiva que requieren de secuencias muy simples hasta personas con cognición normal que puedan emplear combinaciones y
25 patrones de señales más elaborados y, asimismo, una mayor cantidad de salidas de voz.

En este sentido, las personas versadas en la materia comprenderán que la presente invención resulta ventajosa toda vez que al poder usar diferentes músculos, también
30 hace posible que cada uno de ellos produzca diversos movimientos, y estos a su vez estén asociados a una salida de voz específica, utilizando un código binario resultante de los patrones detectados en la señal EMG. Adicionalmente, una persona en condición de discapacidad podría estar empleando uno o más

dispositivos de acuerdo con la presente invención para generar voz y habla a partir de uno o más músculos de su cuerpo.

La versatilidad del sistema de la presente invención permite el uso de diferentes músculos, de los más de 600 que existen en el cuerpo humano, con lo cual se proporciona una amplia gama de posibilidades de comunicación, esto unido a las diferentes formas de movimiento en que cada uno de ellos interviene.

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se adjunta a la presente memoria descriptiva una serie de figuras ilustrativas donde se podrá comprender más fácilmente las innovaciones y ventajas del sistema portátil para la comunicación verbal desarrollado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los aspectos relevantes y las ventajas de la presente invención serán mejor entendidos con relación a las siguientes figuras, en las cuales:

- La figura 1 muestra la estructura en capas de la presente invención.
- La figura 2 ilustra el diagrama general de la arquitectura del sistema.
- La figura 3 muestra el diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición de señales del dispositivo portátil.
- La figura 4 muestra los procesos involucrados en la operación de cada una de las capas del sistema.
- La figura 5 ilustra los procesos llevados a cabo en el driver.
- La figura 6 muestra una secuencia para la arquitectura de colas.
- La figura 7 muestra la arquitectura de los procesos llevados a cabo en la capa de Driver.
- La figura 8 muestra la secuencia de operación de la cola de filtrado.
- La figura 9 muestra la secuencia de operación de la Cola de Scoring.
- La figura 10 muestra la secuencia de operación de la Cola de Corrección de Scoring.

- La figura 11 muestra la secuencia de operación de la Cola de Extracción de características.
- La figura 12 muestra la secuencia de operación de la Cola de Clasificación LDA.
- La figura 13 muestra un dibujo del dispositivo electrónico portátil para la adquisición de las señales electromiográficas
- La figura 14 muestra el conjunto de accesorios del dispositivo electrónico portátil.
- La figura 15 muestra algunas de las posibles partes del cuerpo en donde se puede ubicar y sujetar el dispositivo.
- La figura 16 muestra el movimiento de puño y de extensión del músculo extensor ulnar.
- La figura 17 muestra los pasos para colocar los electrodos en el músculo extensor ulnar.
- La figura 18 muestra el diagrama de flujo del funcionamiento algoritmo de reconocimiento de patrones.
- La figura 19 muestra la estructura de la aplicación para la reproducción de sonido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención consiste en un sistema de producción de voz hablada, el cual comprende un dispositivo electrónico que obtiene señales electromiográficas de un grupo muscular específico seleccionado previamente de acuerdo a las características deseables de la señal, la cual se procesa y codifica para obtener una serie de comandos que corresponden a las palabras y/o frases que el usuario necesita que salgan del dispositivo como voz hablada, la salida de voz audible permite al usuario del dispositivo comunicarse verbalmente y de forma voluntaria con personas de su entorno que no entienden lenguaje de señas o que no manejan su mismo idioma. El dispositivo cuenta con una realimentación visual que permite verificar que el comando generado es correcto, y a su vez es útil en el proceso de entrenamiento del usuario y uso del equipo.

El sistema de acuerdo con la presente invención se estructura como una arquitectura para la adquisición y procesamiento de señales electromiográficas que comprende una estructura en capas, lo que permite distribuir las tareas a realizar en diferentes niveles. La figura 1 muestra la estructura en capas de la presente

invención, como se puede ver, las capas del sistema son: una capa de hardware electrónico (1), un driver (2), una capa de intercomunicación de procesos (3) y la capa de aplicaciones (4). Este modelo posee la ventaja que cada grupo de trabajo está totalmente abstraído del resto de niveles, y solo se deben conocer los comandos para realizar el intercambio de información entre ellos, si algún nivel presenta una falla o requiere de algún cambio, solo se interviene ese nivel sin necesidad de afectar los otros niveles. Las capas planteadas para el sistema de la presente invención son:

En la figura 2 se ilustra el diagrama general de la arquitectura del sistema, como se puede ver la invención está compuesta por un dispositivo portátil (5) en comunicación con un dispositivo de procesamiento (6) el cual puede ser un computador, Laptop, tableta, teléfono, sistema embebido y demás. Donde la comunicación entre las dos partes se realiza de forma inalámbrica, por ejemplo, tecnología Bluetooth o tecnologías similares. Los electrodos de superficie autoadhesivos (7) captan las señales que son digitalizadas por un circuito integrado SoC (System on Chip) (8) el cual comprende un conversor análogo – digital A/D, un amplificador de ganancia programable y un oscilador interno entre otros. Los datos obtenidos son almacenados para luego ser transmitidos empleando el módulo de transmisión (9), que puede corresponder por ejemplo al estándar Bluetooth. Igualmente, el dispositivo (5) comprende una fuente de alimentación (10) y un interruptor de encendido (11).

Los datos adquiridos por el dispositivo portátil (5) son recibidos en el dispositivo de procesamiento (6) por medio de un dispositivo de comunicación (12) el cual debe responder a la tecnología de envío (por ejemplo, Bluetooth). Entonces son enviados al Driver (13), el cual se ejecuta sobre el sistema operativo del PC, celular o Tablet, este Driver se encarga de gestionar y procesar la información recibida, para finalmente dar una respuesta al usuario, que en este caso es una salida de voz (15) y una realimentación visual (16). Para que el anterior proceso se lleve a cabo de una manera personalizada hacia el usuario, intervienen las aplicaciones (14) de captura-perfilamiento y gestión de sonidos. Aunque la reproducción de los archivos de audio y realimentación visual se realice entre los procesos del driver, es

considerado parte de la capa de aplicación ya que genera respuestas para el usuario final y tiene interacción con el sistema de gestión de sonidos.

5 El dispositivo portátil (5) tiene las funciones de capturar las señales EMG, digitalizar
dichas señales y transmitir las de forma inalámbrica. La figura 3 muestra el diagrama
de bloques de la tarjeta de adquisición de señales del dispositivo portátil (5). Se
puede apreciar que el sistema cuenta con un módulo de comunicación inalámbrica
(9) (por ejemplo, un módulo Bluetooth). El módulo de comunicación (9) se encuentra
conectado a un bloque de memoria (17) la cual puede ser una memoria no volátil
10 tal como una memoria flash, memoria de estado sólido (FRAM) u algún otro tipo de
memoria que cumpla la misma función. El módulo de comunicación inalámbrica,
igualmente cuenta con un microcontrolador (MCU) (18) y un módulo de transmisión
de datos (19).

15 El módulo de comunicación inalámbrica (9) comprende una conexión física con el
circuito SoC (8) con el cual intercambia señales digitales correspondientes a los
datos ya adquiridos y procesados de los electrodos. El SoC (8) recibe las señales
bioeléctricas adquiridas por los electrodos de superficie (7) en un módulo de captura
(20), luego estas señales pasan por una etapa de filtrado (21) para ser
20 posteriormente digitalizadas en una etapa de digitalización (22).

La tarjeta electrónica del dispositivo portátil (5) comprende una etapa de
alimentación conformada por una batería (23), la cual es alimentada desde un
bloque de carga (25) a través de un módulo de protección (24). El bloque de carga
25 (25) está conectado a un puerto USB (26) y a un interruptor de encendido (11) por
medio de una conexión digital. Así mismo el bloque de carga (25) recibe señales de
control digitales desde el MCU (18) del módulo de comunicación inalámbrica (9). La
salida del bloque de carga (25) va a una fuente de alimentación del bloque de
electrónica digital (27) y a una fuente de alimentación para el bloque análogo (28),
30 fuentes que alimentan respectivamente al módulo de comunicación (9) y al circuito
integrado SoC (8).

La figura 4 muestra los procesos involucrados en la operación de cada una de las
capas del sistema. En el bloque llamado EMG Hardware (1) se encuentran aquellos

procesos que se ejecutan en el Hardware, explicados en el apartado anterior. En el bloque inferior se hallan aquellos procesos que se ejecutan en el dispositivo de procesamiento (PC, tableta, etc.). Los procesos P0 a Pn-1, representan la capa de aplicaciones (4) las cuales pueden ser aplicaciones para gestión, captura, perfilamiento, etc. Estas aplicaciones interactúan con el Driver (2), en el cual se ejecutan diversos servicios, de configuración, solicitud de información, solicitud de datos, procesamiento de datos y conectividad.

Todos los servicios y las peticiones mencionadas anteriormente se procesan en el bloque Driver (2), este administra las peticiones y las respuestas desde el EMG Hardware (1). La intención de esto es centralizar en un solo proceso la conexión real entre el Hardware y el Driver, sin necesidad de implementar mecanismos de sincronización entre los diversos procesos que pudieran solicitar servicio al dispositivo.

Cuando por medio del Driver se solicita el inicio de la captura de datos, se da comienzo al procesamiento de los mismos. Por medio del Driver cada proceso recibe los datos que necesita para llevar a cabo su correspondiente tarea, hasta obtener la información que requiere el usuario. En la figura 5 se ilustran los procesos llevados a cabo en el driver.

El Driver desarrollado solicita el inicio de la captura de datos de las señales de EMG, y se da comienzo al procesamiento de estos para lograr extraer las características e identificar los patrones de movimiento para que estas sean luego clasificadas y finalmente codificadas para generar las salidas de voz y realimentación visual. Los procesos llevados a cabo en el driver son: Petición de datos EM (29), Filtrado (30), Scoring (31), Corrección de Scoring (32), Extracción de características (33) y Clasificación LDA (34). Dentro de las ventajas que se pueden destacar por la implementación del Driver en el sistema, vale la pena mencionar:

- Cualquier ajuste o cambios en el Driver no implican un coste significativo en cuanto tiempo y precio.
- La facilidad de exportar el Driver a otras plataformas con distintos sistemas operativos.

- Se pueden agregar nuevas funcionalidades sin tener que reestructurar el diseño, lo que no pasa con las implementaciones en hardware, que una actualización o adaptar una nueva función para el usuario, puede requerir cambios drásticos, costosos y que pueden tomar bastante tiempo en realizarlas.
- 5 • Es posible migrar el Driver a plataformas móviles como Android, iOS, etc. que debido al tamaño de los dispositivos que las utilizan, hacen el sistema aún más portable.

La capa de intercomunicación de la presente invención, se refiere a la arquitectura desarrollada para la intercomunicación entre los diferentes procesos que son llevados a cabo por el Driver mencionados arriba. El proceso de intercomunicación del sistema de la presente invención se realiza por medio de colas, en donde una cola se puede definir como un objeto que tiene datos de entrada y datos de salida. Los datos de entrada pueden provenir de otra cola, o pueden ser los datos entregados por el driver en el intercambio de información que tiene con el hardware, los datos de salida se usan para alimentar otras colas. Internamente la cola procesa los datos de acuerdo a una función.

En la figura 6 se muestra una secuencia para la arquitectura de colas. La secuencia en una cola inicia con la entrada de datos (35) a una cola FIFO (36). De ahí se notifica a la función (37) que al menos hay un dato para procesar. La función entonces procesa el dato y escribe el resultado en las colas que se encuentran referenciadas en la lista de colas de salida (38), y a su vez las colas de salida inician de nuevo la secuencia.

La figura 7 muestra la arquitectura de los procesos llevados a cabo en la capa de Driver (2). El primer proceso que se ejecuta es la Petición de datos EMG (39) donde se envía solicitud al hardware del Sistema de la invención encargado de capturar señales EMG para convertir y muestrear señales en el conversor Análogo Digital (A/D). Estos son los datos de entrada de la cola de Filtrado $f'(x)$ (40), etapa en la que las señales adquiridas por el hardware del Sistema son filtradas digitalmente antes de iniciar el proceso de extracción de características. Se realiza la eliminación de ruido y estados transientes. La cola de Filtrado es un objeto que procesa los datos que entran en ella mediante un filtro de primer orden. Los resultados, es decir

los datos filtrados, se distribuyen o se escriben en la entrada de las colas en la lista de colas (41) que posee el filtro. La cola comprende los siguientes elementos:

1. Cola FIFO normal de tamaño indefinido.
2. Función post procesamiento: Filtro de primer orden, $f'(x)$.
- 5 3. Lista de Colas de salida (41).

A continuación, se ejecuta la cola Scoring (42). En esta cola se detectan los posibles movimientos realizados dentro de la señal EMG. En el bloque de Scoring se detectan movimientos significativos en una señal de EMG, los resultados, son
10 ventanas de n datos de las que se dice si contienen información relevante o no (hay movimiento o no hay movimiento), donde la cantidad de datos se ajusta de acuerdo a la frecuencia de muestreo. La cola Scoring (42) es un objeto que procesa los datos que entran en ella mediante un algoritmo que asigna puntos a ventanas de datos serializados. Estos datos se distribuyen o se escriben en la entrada de las colas en
15 la lista de colas (43) que posee el filtro.

Las colas básicas Scoring se componen de los siguientes 3 elementos:

1. Cola FIFO normal de tamaño indefinido.
2. Función post procesamiento: Algoritmo de asignación de puntaje, $S'(x)$.
- 20 3. Lista de Colas de salida (43).

La cola de Corrección de Scoring (44) compone los pedazos en una sola cola continua, ya que en el bloque anterior se detectan los posibles movimientos significativos en una señal de EMG, sin embargo las ventanas no siempre son
25 detectadas como un conjunto continuo sino como varios pedazos separados, por lo tanto, este bloque se encarga de corregir esto componiendo los pedazos en una sola cola continua. Las colas básicas de corrección de Scoring (44) se componen de los siguientes 3 elementos:

1. Cola FIFO normal de tamaño indefinido.
- 30 2. Función post procesamiento: Algoritmo de composición de ventanas, $W'(x)$.
3. Lista de Colas de salida (45).

En la cola de Extracción de características (46), se extraen las características de las señales EMG digitalizadas empleando métodos como: Varianza, Root Mean Square

(RMS), Zero Crossings (ZC), y WaveformLength (WL). Las colas de extracción de características, son colas que reciben ventanas de datos. Sin embargo, no reciben la señal vía cola, sino que utilizan una lista de datos asignable dentro de sus atributos.

5

Las colas básicas de Extracción de características (46) se componen de los siguientes 3 elementos:

1. Cola FIFO normal de tamaño indefinido.
2. Función post procesamiento: Rutina de extracción, $Feat'(x, signal)$

10 3. Lista de Colas de salida (47).

Finalmente, la cola de Clasificación LDA (Linear Discriminant Analysis) (48) utiliza un método de clasificación de patrones que toma como entrada un conjunto de características obtenidas en el bloque anterior (Extracción de características) para así determinar que patrón de movimiento que realizó el usuario y por consiguiente indicar al sistema qué audio reproducir para generar la salida de voz que desea el usuario.

15

Las colas básicas de clasificación (48) se componen de los siguientes 3 elementos:

20

1. Cola FIFO normal de tamaño indefinido.
2. Función post procesamiento: Rutina de proyección LDA, $Proy'(x)$.
3. Lista de Colas de salida (49).

La secuencia de operación de los procesos ejecutados en el Driver se muestra en las figuras 8 a 12. La figura 8 muestra la secuencia de operación de la cola de filtrado la cual comprende las siguientes etapas:

25

- a) Entrar los datos a una cola FIFO (50),
- b) Definir los atributos de la cola (51), en este caso la cola de filtrado posee los siguientes atributos:

30

- $coefb$: Lista de coeficientes b , del filtro de primer orden.
- $coefa$: Lista de coeficientes a , del filtro de primer orden.
- $umbral$: Umbral para activación del filtro de primer orden.
- $signalfilt$: Lista con la señal filtrada.

- c) Notificar a la función $F'(x)$ que al menos hay un dato para procesar (52). $F'(x)$ es una función estática inicializadora de la cola filtro,
- d) Inicializar la lista de coeficientes, el número de datos mínimo para procesar, el umbral para eliminación de picos (53),
- 5 e) Procesar el dato y filtrarlo (54) y,
- f) Escribir el resultado (55) en las colas que se encuentran referenciadas en la lista de colas de salida.

La figura 9 muestra la secuencia de operación de la Cola de Scoring, la cual
10 comprende las siguientes etapas:

- a) Entrar los datos a una cola FIFO (56),
- b) Definir los atributos de la cola (57), los cuales son:
 - threshold: umbral sobre el que se procesa el dato. Si no supera el umbral se da un score de 0. De lo contrario asigna un resultado de acuerdo a la posición
15 del dato dentro de la ventana.
 - criteria: si este valor es verdadero, se estará buscando ventanas por encima de un umbral (buscando movimiento), si el valor es falso, se estará buscando detectar No movimiento.
- c) Notificar a la función $S'(x)$ que al menos hay un dato para procesar (58). $S'(x)$
20 es una función estática inicializadora de la cola scoring,
- d) Si hay 64 datos en la cola (59), generar un resultado general (60).
- e) Asignar un umbral de detección mínimo, la cantidad de datos mínimos que hay entre palabra y palabra, el offset, el tamaño en logaritmo base 2 de 1/4 de ventana y si se está buscando detectar movimiento o si es está buscando
25 detectar quietud (61)
- f) Evaluar si hay o no movimiento en los 64 datos (62). Movimiento (63) o quietud (64)
- g) Escribir la entrada de las colas de la lista de colas (65).

30 La figura 10 muestra la secuencia de operación de la Cola de Corrección de Scoring, la cual comprende las siguientes etapas:

- a) Entrar los datos a una cola FIFO (66),
- b) Definir los atributos de la cola (67), los cuales son:

- max_separation: Número de muestras máximas que se puede separar dos pedazos de ventanas seguidos, sin que se consideren de una ventana distinta.
 - max_window Width: Tamaño máximo que puede tener un pedazo para ser considerado 'componente' de una ventana más grande.
- 5
- c) Notificar a la función $W'(x)$ que al menos hay un dato para procesar (68). $W'(x)$ es una función estática inicializadora de la cola corrección de scoring,
 - d) Asignar el número de muestras máximas entre pedazos continuos que formarían parte de una misma ventana (69),
 - 10 e) Asignar el tamaño máximo que tiene un pedazo componente (70),
 - f) Componer una sola ventana (71), donde el dato procesado es un pedazo de ventana que el utiliza con los últimos que haya tomado de la cola, correspondiente a un solo y verdadero movimiento. Esta ventana compuesta corresponde a un verdadero movimiento hecho por el usuario, y
 - 15 g) Escribir en la entrada de las colas de la lista de colas (72).

La figura 11 muestra la secuencia de operación de la Cola de Extracción de características, la cual comprende las siguientes etapas:

- a) Entrar una ventana (x) a una cola FIFO (73),
- 20 b) Definir los atributos de la cola (74), los cuales son:
 - signal: la señal de la cual se van a extraer las características.
- c) Notificar a la función $Feat'(x,signal)$ que al menos hay una ventana para procesar (75). $Feat'(x,signal)$ es una función estática inicializadora de la cola de extracción de características,
- 25 d) Extraer las características de la señal (76) utilizando las dimensiones y características de la ventana,
- e) El resultado de la extracción de las características es una lista de características de la ventana (77),
- f) Insertar en la entrada de las colas de la lista de colas (78).

30

La figura 12 muestra la secuencia de operación de la Cola de Clasificación LDA, la cual comprende las siguientes etapas:

- a) Entrar una lista de características provenientes de una ventana de movimiento (x) a una cola FIFO (79)

- b) Definir los atributos de la cola (80), los cuales son:
- Clasificador LDA: Objeto que proyecta lista de características para ser identificados.
- c) Notificar a la función $QLDAProy'(x,signal)$ que al menos hay un conjunto de características para procesar (81). $QLDAProy'(x,signal)$ es una función estática inicializadora de proyección e identificación LDA que utiliza como parámetro principal un clasificador LDA.
- d) Procesar el conjunto (82),
- e) Especificar e identificar a qué tipo de movimiento corresponde dicho conjunto de características (83) y,
- f) Insertar el resultado en la entrada de las colas de la lista de colas (84).

El dispositivo electrónico portátil para la adquisición de las señales electromiográficas se dibuja en la figura 13, como se puede apreciar, el dispositivo presenta un encerramiento (85) cuya forma se puede adaptar fácilmente para ser portado en cualquier parte del cuerpo del usuario tal como brazos o piernas de manera ambulatoria, donde se puede sujetar por medio de una banda elástica (86). En la figura 14 se muestra que el dispositivo electrónico portátil (85) adicionalmente comprende una base para cargar la batería (87) con un cable de poder (88). Estas características permiten la portabilidad del dispositivo y adicionalmente mejoran la usabilidad del mismo.

Para usar el dispositivo, lo primero que se debe realizar es alistar el dispositivo electrónico portátil de manera que tenga el nivel de carga adecuado y sus sistemas se encuentren inicializados. Luego, se debe elegir el músculo a intervenir, preparando la piel para la ubicación de los electrodos autoadhesivos de superficie. El dispositivo puede ser usado en diferentes entornos gracias a su carácter ambulatorio y puede ser ubicado en diferentes partes del cuerpo. La figura 15 muestra algunas de las posibles partes del cuerpo en donde se puede ubicar y sujetar el dispositivo, en una ubicación el dispositivo se coloca en el tobillo (89) y los electrodos sobre el grupo del músculo tibial anterior, otra ubicación puede ser en el tórax (90) para tomar con los electrodos las señales del músculo masetero, o localizado en la muñeca (91) para tomar las señales del músculo extensor Ulnar,

donde el dispositivo se mantendría fijo al cuerpo por medio de la banda elástica tal como se aprecia en el detalle (92) de la figura.

El procedimiento de ubicación del dispositivo comprende la selección de grupo muscular a medir y a continuación se solicita al usuario que realice un movimiento, por ejemplo, en el caso que se haya seleccionado el músculo extensor ulnar tal como se muestra en la figura 16, se solicita que realice un movimiento de puño (93) y otro movimiento de extensión (94), ubicando el músculo según su localización anatómica y su manifestación en la contracción ejecutada. Luego de esto se procede a colocar los electrodos como se muestra en la figura 17, primero se marca (95) con un bolígrafo o marcador los puntos de colocación de electrodos siguiendo el protocolo SENIAM (Surface EMG for non-invasive assessment of muscles). Para el caso del ejemplo, se coloca dos electrodos (96) sobre la zona identificada en el paso anterior con una distancia entre electrodos entre 1 y 3 cm, de preferencia 2 cm y otro electrodo en la apófisis estiloides del cúbito (97) que actúa como electrodo de referencia. Luego se adapta el brazalete o banda al dispositivo y se ubica el dispositivo con el brazalete sobre el brazo o la parte seleccionada del cuerpo (98), ajustando el brazalete de tal forma que no se mueva y que no haga compresión excesiva sobre la zona para evitar problemas de circulación sanguínea. Posteriormente se conectan los cables por un extremo al dispositivo y por el otro extremo a los electrodos superficiales que ya se encuentran ubicados.

El proceso para la generación de voz y retroalimentación visual con el dispositivo de la invención comprende tres etapas las cuales son: Aprestamiento, Perfilamiento y Comunicación.

Aprestamiento. El aprestamiento consiste en la posibilidad de aprender los movimientos necesarios para generar un código. La fase de aprestamiento se debe realizar mediante la explicación al usuario por medio de demostración visual y auditiva de cuáles son los movimientos que se realizan para que el dispositivo reconozca el comando indicado y se generen las palabras y/o frases que se quieren comunicar.

La preparación y el aprendizaje de secuencia de movimientos se explican al usuario en condición de discapacidad por medio de demostración (visual), el aprendizaje de los movimientos que se van a realizar para que el dispositivo reconozca el comando indicado y genere las palabras y/o frases que se quieren comunicar. La capacidad de aprendizaje será más rápida o lenta dependiendo de la patología y el nivel cognitivo de los usuarios. Se tienen en cuenta aspectos importantes como:

- Número de repeticiones necesarias para la mecanización de la instrucción.
- Número de repeticiones necesarias para la interiorización de la instrucción.
- 10 • Estrategias facilitadoras para la realización de los movimientos y su aprendizaje de acuerdo a las habilidades de cada usuario.
- Pausas requeridas para la recepción, asimilación y ejecución de las instrucciones.
- 15 • Retroalimentación de movimientos versus comandos de voz para cada necesidad del usuario.

La fase de aprestamiento consiste en que el usuario tenga la posibilidad de aprender los movimientos necesarios para establecer una codificación para que posteriormente el Driver pueda identificar los patrones de movimiento en las señales electromiográficas correspondientes a distintos grupos musculares.

El proceso de identificación de patrones de movimiento está diseñado para procesar una señal electromiográfica (EMG) la cual contiene movimientos por ejemplo apretar puño y flexión, ambos realizados con la palma de la mano cerrada, la señal está comprendida por 4 movimientos conformados a partir de combinaciones de los dos movimientos mencionados, en total se tiene un registro de 16 combinaciones de 4 movimientos, adquiridos del musculo extensor ulnar del carpo, para cada usuario. Lo anterior puede expandirse dependiendo de la capacidad cognitiva del usuario y la cantidad de dispositivos de adquisición que se usen (Canales de EMGs).

30 *Perfilamiento.* En esta fase se da la creación del perfil individual de cada usuario y se guardan las respectivas señales EMG de cada movimiento y secuencia de movimientos realizados para el músculo seleccionado. Con el equipo encendido y una vez comprobada la captura de señales electromiográficas, se ingresa al

- dispositivo de procesamiento y se ejecuta la aplicación de perfilamiento. El dispositivo de procesamiento (Tablet, PC, móvil, etc.) le dará las instrucciones para que guíe al usuario, en la realización de cada uno de los movimientos, así por ejemplo, se pueden ejecutar 9 series de 4 movimientos cada una, al finalizar la prueba se obtienen 36 movimientos para la creación del perfil personalizado, el cual se guarda en la memoria del dispositivo (esto último también se puede hacer en conjunto con el especialista, dependiendo de la capacidad cognitiva del usuario o del estado de la discapacidad del mismo).
- 10 Tomando como ejemplo el músculo Extensor Ulnar como se muestra en la figura 16, en el cual se generan los movimientos de Puño y Extensión. Cada contracción neta genera una señal particular en la posición de puño (93) se realiza el movimiento de apretar el puño de forma contundente (1 a 2 segundos) y se suelta rápidamente, posteriormente se toma la señal. El movimiento de extensión (94) se realiza subiendo la mano empuñada y disminuyendo el ángulo entre la mano y el antebrazo. Cada señal es almacenada como señal personal (perfil), y cada señal personal, se asocia a un control voluntario de una salida de voz hablada y realimentación visual específica.
- 20 El dispositivo tiene la posibilidad de reconocer señales de diferentes músculos en el cuerpo humano y discriminar diversos patrones de señal en el mismo usuario y entre diferentes usuarios, esta capacidad permite identificar un movimiento específico de un mismo usuario y diferenciarlo del generado por otro usuario y guardar el perfil del usuario, de esta manera se reconoce qué músculo genera el movimiento, entre un número n de músculos utilizados, y así se genera voz hablada a partir de cualquier músculo participante.

Comunicación. En esta fase se enciende el equipo portátil y se ingresa en el sistema el nombre del usuario, se presenta una lista de palabras o frases teniendo en cuenta el aprestamiento, perfilamiento previo, y el estudio de sus necesidades principales de comunicación detectadas.

En esta fase se permite volver a cada perfil creado para cada usuario y de acuerdo con la señal EMG particular de sus movimientos y la asignación de salidas de voz para cada secuencia de diferente número de bits, en esta ejecución se genera la salida de voz a través de un sistema de cómputo portátil o dispositivo móvil.

5

Una vez se tiene la información correspondiente a cuatro movimientos se ejecuta el procedimiento y este separa la información que corresponde a movimientos de efectos indeseables generados por ruido y de los estados de transición entre un movimiento y otro. De estos datos pertenecientes solo a movimientos se extrae información como: energía, número de cruces por cero, varianza, entre otros. Con estas características pertenecientes a cada movimiento se realiza el proceso de clasificación. Para el proceso de clasificación se requiere del entrenamiento previo que se realiza en la etapa de Perfilamiento para recolectar ciertos datos propios del usuario.

15

Los pasos necesarios para llevar a cabo el proceso de clasificación mencionado antes se muestran en la figura 18 en la cual se visualiza un ejemplo de una señal EMG que contiene los movimientos de Puño (p)-Puño (p)-Extensión (e)-Extensión (e). El primer paso consiste en la definición de las variables (99) y los archivos de las señales EMG que se van a procesar. A continuación, se realiza la detección de los movimientos (100) dentro de la señal EMG, asimismo se ejecuta el proceso de filtrado para eliminar el ruido y los estados transientes. El siguiente paso consiste en la extracción de las características (101), para esto se pueden utilizar diversos métodos de extracción (102) tales como raíz cuadrada media (RMS), longitud de forma de onda (waveform length WL), valor absoluto medio (MAV) o cruce por cero (ZC). Una vez se han extraído las características, se realiza la clasificación (103) para identificar movimientos a partir de las mismas, se obtienen unas etiquetas 0 ó 1 dependiendo del movimiento identificado, se tienen dos etiquetas por movimiento debido a que las muestras de cada movimiento se dividen en 2 partes para la clasificación, luego estas se reducen (104) a una y se verifica que la clasificación se haya realizado correctamente. Finalmente, los resultados se imprimen en pantalla (105). El entrenamiento se realiza solamente una vez para cada individuo.

20

25

30

Una vez realizados los procesos de aprestamiento y perfilamiento, en la comunicación el sistema ejecuta mediante un movimiento uno de los comandos, la interfaz se activará permitiendo ver a través de una interfaz gráfica las características de la señal relacionada con el movimiento y adicionalmente se escuchará el comando de voz, correspondiente a la serie de movimientos realizados.

En la capa de aplicaciones del sistema de acuerdo con la invención, se tienen los procesos que se encargan de mostrar la información al usuario final y permiten la entrada de información al sistema por parte del usuario. En esta capa se encuentra:

- Perfilamiento del usuario: Software de captura y perfilamiento, encargado de capturar señales, generar registros electromiográficos y crear un perfil de usuario que personalizará el sistema.
- Configuración de salidas de audio: Software que gestiona sonidos, se encarga de personalizar las salidas de voz de acuerdo a las necesidades del usuario.
- Visualización de señal EMG: Software para visualizar los registros electromiográficos del usuario.
- Reproducción de audio y realimentación visual. Para la reproducción de sonidos se ha desarrollado una aplicación, que carga la ruta de los archivos de sonido en el perfil de usuario, para que cuando éste haga uso del sistema sean reproducidos al ejecutar las diferentes secuencias de movimientos. El diagrama de flujo de la aplicación se muestra en la figura 19. En primer lugar, se selecciona el grupo (106) 1, 2, 3 ó 4 dependiendo de la cantidad de movimientos en cada secuencia, luego se selecciona el sonido (107), lo cual depende de la codificación asignada a la secuencia de movimientos, una vez identificado el grupo y codificado en movimiento en la secuencia, se va a la ruta del archivo de sonido (108) y con la ruta del archivo, el sonido es reproducido (109). Las señales de voz y la retroalimentación visual, se pueden generar en diversos idiomas, pictogramas e ideogramas.

EJEMPLOS

A continuación, se expone la codificación seleccionada para representar la identificación de cada patrón electromiográfico correspondiente a un movimiento, o serie de movimientos que es realizada por el usuario con el dispositivo conectado, con el fin que la codificación de las diferentes combinaciones de movimientos sea representada de forma audible y visual. Se planteó realizar la codificación de cada movimiento basándose en el sistema binario, que se ajusta para representar los dos movimientos seleccionados para cada grupo muscular en el cual se realiza la captura de patrones electromiográficos, además de permitir fácilmente representar combinaciones de los dos movimientos.

10

El proceso de codificación de la información se implementa desde el momento en que se toma la señal de EMG, pasando por el procesamiento, la clasificación y codificación de los patrones correspondientes a movimientos encontrados en la señal, hasta la decodificación de estos en generación de sonidos y una retroalimentación visual. El esquema de codificación planteado es jerarquizado, donde utiliza palabras de longitud variable y es totalmente adaptable a las necesidades o deseos del usuario. El siguiente es un ejemplo de cómo se emplea esa codificación.

15

Longitud de Palabra: 1 Bit.	
0	Por favor.
1	Gracias.

20

Composición del mensaje para 1 Bit.

Longitud de Palabra: 2 Bits.		
0	0	Yo.
0	1	Tú.
1	0	No.
1	1	Sí.

Composición del mensaje para 2 Bits.

Longitud de Palabra: 3 Bits.			
0	0	0	Ayuda.
0	0	1	Quiero Dormir.
0	1	0	Quiero Comer.
0	1	1	Quiero Jugar.
1	0	0	Quiero Salir.
1	0	1	Quiero Entrar.
1	1	0	Quiero Caminar.
1	1	1	Quiero Descansar.

Composición del mensaje para 3 Bits.

Longitud de Palabra: 4 Bits.				
0	0	0	0	Tengo sueño.
0	0	0	1	Tengo Frio.
0	0	1	0	Tengo Calor.
0	0	1	1	Tengo Dolor.
0	1	0	0	Tengo Hambre.
0	1	0	1	Dame un Abrazo.
0	1	1	0	Estoy triste.
0	1	1	1	Estoy Alegre.
1	0	0	0	Papá.

1	0	0	1	Mamá.
1	0	1	0	Abuela.
1	0	1	1	Profesora.
1	1	0	0	Quiero ir a la cocina.
1	1	0	1	Quiero ir a la sala.
1	1	1	0	Quiero ir a la alcoba.
1	1	1	1	Quiero salir a la calle.

Composición del mensaje para 4 Bits.