



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de una aplicación BCI para la comunicación y el control en un entorno hospitalario

AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA

TUTOR: EDUARDO QUILES CUCARELLA

Valencia, Septiembre 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Eduardo Quiles Cucarella la oportunidad que me ha brindado para realizar este trabajo, por su ayuda en la resolución de mis dudas y la comprensión de mi poco tiempo disponible para la realización del proyecto.

A mis padres y hermano por su apoyo día a día durante mi formación durante todos estos años, sin los cuales todo esto no hubiera sido posible. Por los valores que me han inculcado desde pequeño y que me han servido para llegar hasta donde he llegado.

A mi novia Andrea, por todo lo que ha tenido que aguantarme durante todo este tiempo y su apoyo incondicional, sin la que, sin su ayuda, la realización del máster no hubiera sido posible. Gracias por todos los pequeños detalles que me han facilitado el día a día y que han hecho que solo tuviera que preocuparme de sacar el curso adelante.

A Javito, por todas las horas compartidas. Gran compañero, del cual he aprendido muchísimo, y del que sigo aprendiendo. Pero aún mejor persona con un gran corazón, siempre dispuesto a ayudar, muchas gracias por todo.

RESUMEN

En el presente trabajo se lleva a cabo la implementación y desarrollo de una aplicación BCI (interfaz cerebro-computador) para la comunicación dentro de un entorno hospitalario, además de que la persona pueda interactuar con los distintos elementos de la habitación. En concreto, la interfaz diseñada ha sido pensada para pacientes de hospital con discapacidades motoras, de manera que estos puedan ser más independientes a la hora de realizar algunas actividades domésticas muy comunes como el encendido y apagado de las luces o llamar al médico entre otras.

El proyecto realizado parte de mi trabajo de fin de grado. En el anterior trabajo no pudo realizarse la conexión entre el casco *Enobio 8*, encargado de la lectura de electroencefalogramas (EEG) y *LabVIEW*, en cambio, en este trabajo se ha podido conectar y comprobar que la conexión comunicaba perfectamente.

La interfaz diseñada permite el control de diversos elementos de una habitación además de comunicar con personal del hospital para que pueda avisarse a un médico. Se aprovecha la misma conexión *UDP* que se realiza entre el casco y *LabVIEW* para la comunicación entre paciente y personal hospitalario.

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos en el trabajo, se discuten y se extraen las oportunas conclusiones.

Palabras clave: BCI, Interfaz Cerebro-Computador, EEG, LabVIEW

ABSTRACT

In this project it carried out the implementation and development of a BCI (brain-computer interface) application for communication within a hospital environments is carried out. Specifically, the interface created has been designed for hospital patients with motor disabilities, so that they can be more independent when carrying out some very common household activities such as turning on and off lights or call the doctor and others.

The project carried from out part of my work of end of university degree. In the previous work the connection between the Enobio 8 helmet, in charge of the reading of electroencephalograms (EEG) and LabVIEW, could not be made, in this work it was possible to connect and verify that the connection communicated perfectly

The designed interface allows the control of various elements of a room in addition to communicating with hospital personnel so that a doctor can be notified. It takes advantage of the same UDP connection that is made between the helmet and LabVIEW for the communication between patient and hospital personnel.

Finally, the results of the work are presented , discussed and appropriate conclusions.

Keywords : BCI Brain -Computer Interface , EEG , LabVIEW

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA.....	1
DOCUMENTO N° 2: PLIEGO DE CONDICIONES.....	45
DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO.....	57
DOCUMENTO N° 4: MANUAL DE USUARIO.....	69



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de una aplicación BCI para la comunicación y el control en un entorno hospitalario

Documento N° 1: Memoria

AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA

TUTOR: EDUARDO QUILES CUCARELLA

Valencia, Septiembre 2017

ÍNDICE DE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES	5
1.2 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	6
1.3 FASES DEL DESARROLLO.....	6
1.4 MEDIOS EMPLEADOS.....	7
2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	9
2.1 INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR.....	10
2.2 ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG).....	11
2.3 MOTOR IMAGERY.....	12
2.4 ENOBIO 8.....	12
2.5 BCI2000	14
3. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	15
3.1 OBJETIVO DE LA APLICACIÓN	15
3.2 PARTES DE LA APLICACIÓN	16
3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA APLICACIÓN	16
3.4 ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EEG CON ENOBIO 8	24
4. CONEXIONADO	27
4.1 CONEXIÓN ENTRE BCI2000 Y LABVIEW	27
5. SOFTWARE	29
5.1 BCI2000	29
5.2 LABVIEW	35
6. CONCLUSIONES	39
7. CONCLUSIONES ACADÉMICAS	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de funcionamiento.....	9
Figura 2. Estructura básica de un sistema BCI.[1].....	10
Figura 3. Ubicación de los electrodos en las diferentes técnicas que utilizan señales eléctricas.[2].....	11
Figura 4. Sistema de electrodos 10-20 EEG.[3].....	13
Figura 5. Estructura de la aplicación desarrollada	16
Figura 6. Elemento de la matriz que indica dirección de movimiento e indica accionamiento de comando	17
Figura 7. Matriz de comandos de la aplicación.....	18
Figura 8. Matriz de comandos de la aplicación con comandos activos.....	19
Figura 9. Matriz antigua de comandos de la aplicación con leds.....	19
Figura 10. Interface personal hospitalario	20
Figura 11. Botón que desactiva la señal Médico.....	21
Figura 12. Control BCI de un sistema domótico de asistencia.[4].....	21
Figura 13. Submenú Luces.....	22
Figura 14. Página principal de la aplicación	23
Figura 15. Posición de los electrodos en el sistema 10-20 EEG	25
Figura 16. LabVIEW conexión UDP y StringToNumber para TargetCode	27
Figura 17. LabVIEW conexión UDP y adquisición de ResultCode y TargetCode.....	28
Figura 18. Pantalla Mututorial	29
Figura 19. Configuración parámetros Source.....	31
Figura 20. Configuración parámetros Filtering, SpatialFilter	32
Figura 21. Configuración parámetros Filtering, LinearClassifier	33
Figura 22. Configuración parámetros Application	33
Figura 23. Pantalla principal de la aplicación	34
Figura 24. Configuración parámetros Connector.....	35
Figura 25. Panel Frontal de LabVIEW.....	36
Figura 26. Diagrama de Bloques de LabVIEW	37
Figura 27. Interfaces de LabVIEW	37

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología es una parte fundamental de la vida de las personas. Cada vez son más las empresas y usuarios los que demandan la automatización y el control por computador de procesos o sistemas. Hoy en día se pueden observar distintos métodos de control, visual, mediante la voz o pantallas táctiles entre otros. Dichos controles pueden ser utilizados por cualquier persona con sus capacidades motrices activas.

Este proyecto se ha fijado en las personas que no disponen de capacidades motoras, por lo que su tipo de control ha de ser mediante interfaz cerebro-computador o BCI “Brain Computer Interface”.

Se trata de poder facilitar la vida a estas personas mediante sus pensamientos para el control de dispositivos o sistemas.

1.1 MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES

El presente proyecto con título “Diseño de una aplicación BCI para la comunicación y el control de un entorno hospitalario” se redacta con motivo de finalización de los estudios de Máster Universitario en Automática e informática Industrial, cursado en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Dicho proyecto se desarrolla bajo la dirección del tutor D. Eduardo Quiles Cucarella, Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad Politécnica de Valencia.

1.2 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es diseñar un control BCI para que personas con discapacidad motora puedan valerse por sí mismas mediante una interfaz cerebro-computador. El proyecto se ha centrado en el diseño de una aplicación para que personas con este tipo de discapacidad pueda desempeñar acciones de la vida cotidiana tales como subir o bajar la persiana, encender o apagar la luz, la televisión. Este tipo de aplicaciones podrían mejorar la vida de muchísimas personas, no solo las que padecen dicha enfermedad, sino de los familiares que podrían despreocuparse un poco de ellos.

Debido a la falta de tiempo para el entrenamiento y a que el 100% de los individuos que entrenan este sistema no son capaces de responder de manera positiva a este paradigma, se ha utilizado el simulador que proporciona la aplicación BCI2000 para la reproducción de las señales EEG.

Este proyecto consiste en desarrollar una aplicación que permita al individuo controlar las persianas, las luces, la camilla, el televisor, la climatización de una habitación dispuesta con un sistema de domótica, además de poder llamar al médico mediante una conexión UDP, aprovechando así dicha conexión entre BCI2000 y *LabVIEW* en *motor imagery* (pensamiento de mover ambas manos y pies).

1.3 FASES DEL DESARROLLO

Las fases del desarrollo que se han seguido para la realización del proyecto han sido las siguientes:

- Se ha recopilado información sobre las interfaces cerebro-computador y sobre las señales EEG.
- Se han configurado los parámetros de la aplicación BCI2000.
- Se ha procedido al diseño de una aplicación en *LabVIEW*, programa elegido porque permite el procesamiento de datos en tiempo real.
- Simulación y pruebas de la aplicación implementada.

1.4 MEDIOS EMPLEADOS

Para la posible realización de este proyecto se han utilizado los siguientes programas:

- BCI2000
- LabVIEW 2015

Se han utilizado los ordenadores del laboratorio de Control 2 ubicado en el segundo piso del edificio 5C, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, debido a que los equipos utilizados se encuentran en este laboratorio.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

En este apartado se pretende facilitar la lectura presentando los conceptos básicos para que lectores, tanto expertos como no, puedan seguir con mayor facilidad el texto sin necesidad de tener conocimientos de tratamiento de señales. Como referencia para explicar estos conceptos, se han consultado distintas fuentes, tanto artículos académicos como trabajos realizados sobre BCI.

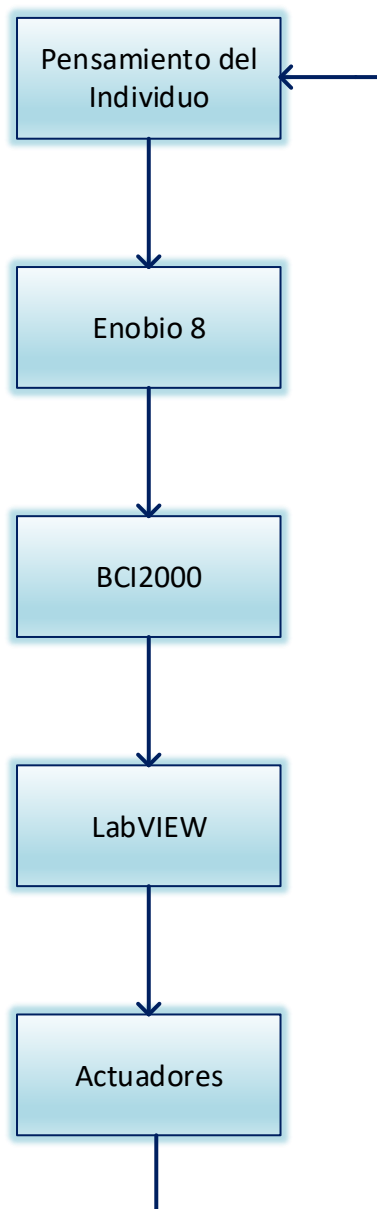


Figura 1. Diagrama de funcionamiento

2.1 INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR

Los sistemas Brain Computer Interface (Interfaz cerebro-computador, BCI) se conectan entre el cerebro y el entorno sin emplear los nervios periféricos ni los músculos, transformando directamente los procesos cerebrales en acciones. Comúnmente, estos sistemas procesan el EEG del individuo de manera no invasiva y traduce las intenciones del sujeto en instrucciones de un dispositivo aplicación.

Las BCI detectan diferentes estados mentales del sujeto en tiempo real analizando la actividad cerebral del mismo. Esto permite que a través de estos estados se puedan realizar acciones transformándolos en órdenes operativas. En este caso el trabajo que se ha realizado permitirá al sujeto realizar diversas acciones a través de una aplicación para controlar diversos elementos de una habitación facilitándole así más independencia.

Las BCI abarcan un campo muy amplio, en este trabajo se ha abordado una parte de dicho campo, en concreto el *motor imagery*. Dicha técnica consiste en que un individuo, al pensar en realizar un tipo de movimiento, esta acción se refleja en su electroencefalograma y puede ser registrada. Una vez el individuo se encuentra monitorizado, se localiza en su EEG que deflexión sufren sus ondas y alrededor de que zonas de córtex se producen cuando se le pide que piense un tipo de movimiento determinado. De esta forma los electrodos se colocan cerca de dicha zona del cerebro. Es por esto que se ha unido BCI con *motor imagery* para la creación de un algoritmo informático que sea capaz de detectar la deflexión ocurrida en las ondas cerebrales, y así, poder traducir la intencionalidad de un movimiento en una respuesta o señal informática.

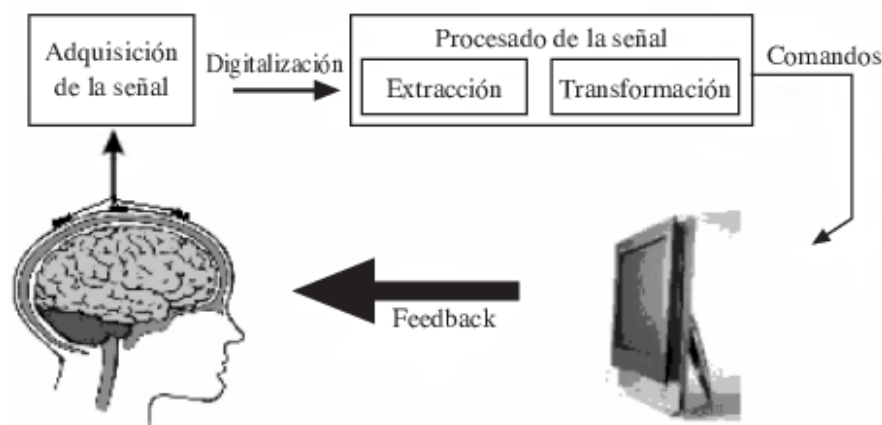


Figura 2. Estructura básica de un sistema BCI.[1]

2.2 ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG)

Es un método no invasivo que registra la actividad bioeléctrica del cerebro mediante la implantación de una serie de electrodos sobre el cuero cabelludo. Los sistemas BCI suelen utilizar 64 electrodos, pero hay aplicaciones concretas en que se aplican menos, como es el caso de este trabajo. Esto es debido a la señal de control que de desee analizar.

Generalmente, todas las aplicaciones que utilizan sistemas BCI necesitan un sistema portátil, eficiente, de coste moderado y a tiempo real. Por estos motivos, los métodos que extraen señales eléctricas, como el EEG, son los más utilizados actualmente.

En la Figura 2 se pueden observar las distintas zonas donde se ubican los electrodos dependiendo del método aplicado para extraer las distintas señales eléctricas.

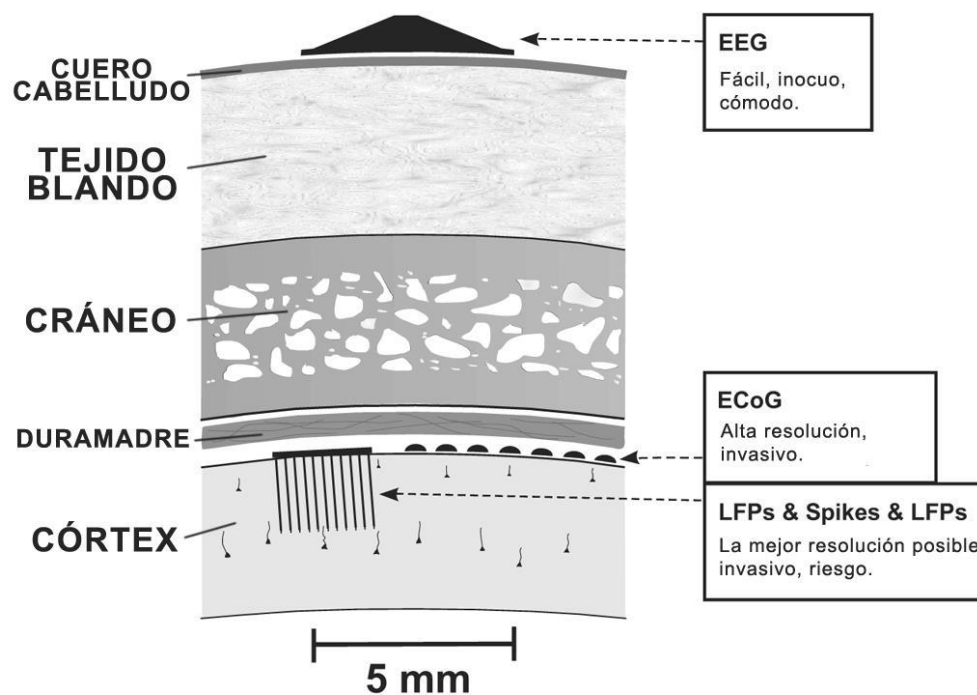


Figura 3. Ubicación de los electrodos en las diferentes técnicas que utilizan señales eléctricas.[2]

Una vez obtenida la señal a través de los electrodos ubicados en el cuero cabelludo, se procede a digitalizarla para el posterior tratamiento de dicha señal.

2.3 MOTOR IMAGERY

En el EEG humano se encuentran áreas del córtex donde se refleja actividad motora, además muestran una cadencia de actividad a una frecuencia entre 8 y 12 Hz cuando el individuo no se encuentra procesando ningún movimiento, a estos ritmos se les denominan *ritmos mu* y se producen por interacciones entre el tálamo y el córtex.

Dichos ritmos se asocian con las áreas del córtex más relacionadas con la ejecución de movimientos. El simple pensamiento de la realización de un movimiento produce una disminución de la actividad *mu* sobre la corteza sensorio-motora.

Debido a estos cambios en la actividad *mu* permite la realización de la implementación de una interfaz cerebro-computador analizando la información que dicha actividad contiene. Usando una combinación de señales procedentes de distintos electrodos sobre la corteza cerebral, se distinguen señales de áreas que nos interesan de áreas que no.

2.4 ENOBIO 8

Es un casco con 39 agujeros para cubrir las principales posiciones de la distribución 10-20 EEG (64 posiciones), está hecho de neopreno. El casco posibilita la utilización de dos tipos de electrodos, secos y húmedos. Estos últimos permiten una lectura del EEG mucho más precisa, pero su complicación para la realización de dicha lectura ha ocasionado que se utilicen los electrodos secos. Esto es debido a que los electrodos húmedos necesitan ser recubiertos por un gel para su correcto funcionamiento, lo que necesita una posterior limpieza tanto del equipo como del cuero cabelludo del individuo.

Los electrodos secos facilitan mucho el trabajo ya que no utilizan el gel conductor, simplemente se conectan a un dispositivo denominado *NECBOX*, el encargado de la recogida y amplificación de las señales eléctricas procedentes del córtex y posteriormente enviarlas a un ordenador vía *bluetooth*.

2.5 BCI2000

El *software* utilizado para procesar las señales EEG es BCI2000, programa de *software* libre de la empresa *Schalk Lab*¹. Este *software* está diseñado a modo de tareas referidas con BCI, tareas para realizar pruebas con un *speller* basado en P300 o en *motor imagery*. Es una herramienta muy poderosa que funciona de forma modular, viene ya con módulos preprogramados que facilitan empezar a usarlo. Se puede utilizar para la adquisición de datos, procesado de la señal, presentación de estímulos, aplicaciones de monitorización cerebral, etc.

Se elige una tarea que vincula el movimiento de una bola que aparece en pantalla con un movimiento imaginado por el individuo a modo de *feedback* para el usuario. Tras diversos ensayos se observa que hay mayor actividad en los electrodos ajustados en las manos que en los pies, por lo que el control se ha centrado en el pensamiento del movimiento de ambas manos.

¹ Schalk Lab: empresa estadounidense dedicada a la innovación, desarrollo y testeo neurotecnologías y aplicarlas principalmente al campo de la medicina.

3. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En este apartado se pretende explicar el funcionamiento y el alcance de la aplicación implementada para su correcto entendimiento.

3.1 OBJETIVO DE LA APLICACIÓN

El principal objetivo del desarrollo de la aplicación es el de facilitar una herramienta que sirva de ayuda para personas que sufren discapacidades motoras, cuya finalidad sea la de controlar distintos elementos de una habitación solamente con el pensamiento del movimiento y relajación de las manos. De esta manera es innecesaria la intervención de los mecanismos normales de los nervios y músculos periféricos.

Para el registro de la actividad cerebral que posteriormente va a permitir controlar la aplicación se ha elegido el método EEG. Esto es debido al bajo coste que permite su obtención, se trata de un método no invasivo, de fácil uso y portátil.

Uno de los objetivos que pretende ofrecer la aplicación desarrollada es el de que el usuario pueda ser totalmente dependiente, sin necesidad de una persona que haya de supervisar. El sistema deberá de tener una respuesta rápida y deberá conocer el estado de cada una de las salidas, de esta manera, dependiendo del estado de cada salida, el sistema actuará de una forma u otra.

La aplicación dispone de diversas opciones para el control de los distintos elementos de la habitación. Una vez seleccionado el elemento a controlar, se abre un submenú con distintos controles para dicho elemento y un botón de retorno al menú principal. De esta manera el individuo puede controlar sin necesidad de supervisión cada elemento domotizado de la habitación casi con un control absoluto.

Seguidamente se detallan las partes y el desarrollo de la aplicación.

3.2 PARTES DE LA APLICACIÓN

Como puede apreciarse en la Figura 5 la aplicación consta de cinco partes: la adquisición de la señal a través del casco *ENOBIO 8*, los softwares *BCI2000* y *LabVIEW*, y la habitación domotizada.

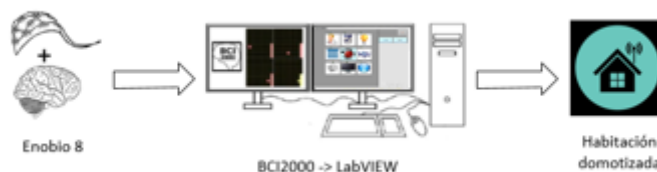


Figura 5. Estructura de la aplicación desarrollada

El sujeto, mediante el pensamiento, modifica la altura de la bola en *BCI2000*, este interactúa con *LabVIEW* pudiendo navegar por la aplicación implementada de modo que puede elegir que desea accionar, es decir, si el individuo desea entrar en el submenú de las persianas para, por ejemplo, subir o bajar las persianas, entrar en el submenú de luces para encender o apagarlas, la climatización o la televisión, etc.

3.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA APLICACIÓN

La interfaz gráfica se compone de una matriz de comandos en la parte izquierda de la pantalla. Dicha matriz es de tamaño 3x3 en la cual todos sus elementos menos el central, elemento ubicado en la fila dos y columna dos, son los comandos necesarios para controlar la aplicación implementada. El elemento que no se utiliza, el ubicado en la zona central de la matriz, es decir, el que se encuentra en la fila dos y columna dos, se encarga de indicar en qué dirección van iluminándose los distintos comandos para poder accionar el deseado por el individuo.

En la Figura 6 se aprecia el elemento que indica la dirección que sigue la retroiluminación de los comandos. También se puede ver un led rojo que indica cuando el sujeto acciona un comando. Se puede apreciar en la Figura 6 que en el indicador led de la izquierda se encuentra apagado, esto indica que el individuo está cambiando de

comando, es decir, está navegando por los distintos comandos de la aplicación. Por lo contrario, en la parte derecha de la Figura 6 se puede ver que el indicador led está activo, esto es debido a que el sujeto se encuentra en ese momento accionando un comando. Este indicador sirve para poder apreciar visualmente en que momento se acciona un comando, ya que si un comando se encuentra iluminado no significa que esté accionado, simplemente que el sujeto ha seleccionado ese comando.

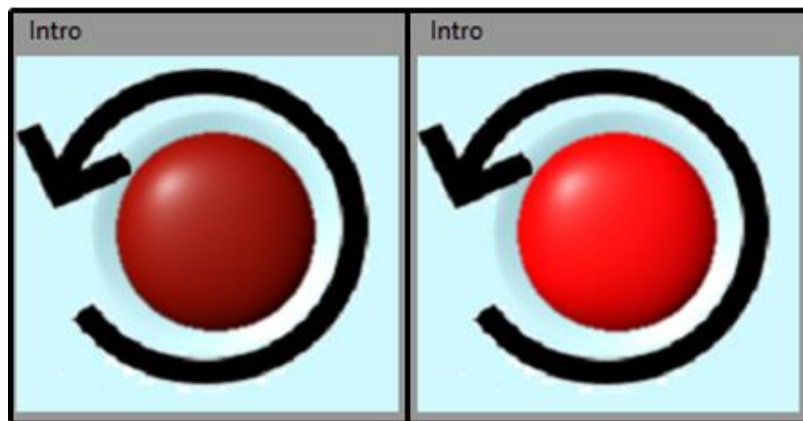


Figura 6. Elemento de la matriz que indica dirección de movimiento e indica accionamiento de comando

Como se ha mencionado en el párrafo anterior, la interfaz gráfica de la aplicación se compone de una matriz de 3x3 en el cual cada elemento de la matriz es un comando distinto. En la Figura 7 se aprecian los distintos comandos que pueden ser seleccionados por el sujeto, el sentido de giro lo indica la flecha central como se ha mencionado anteriormente, por lo que la retroiluminación de los distintos comandos sigue un sentido anti horario.



Figura 7. Matriz de comandos de la aplicación

Como se puede observar, en la Figura 8 hay diferencias respecto a la Figura 7, el comando de Luces esta seleccionado, de ahí a que se encuentre iluminado. Cuando se selecciona uno de los comandos deseados se abre un submenú con las distintas opciones disponibles para el elemento de la habitación seleccionado.

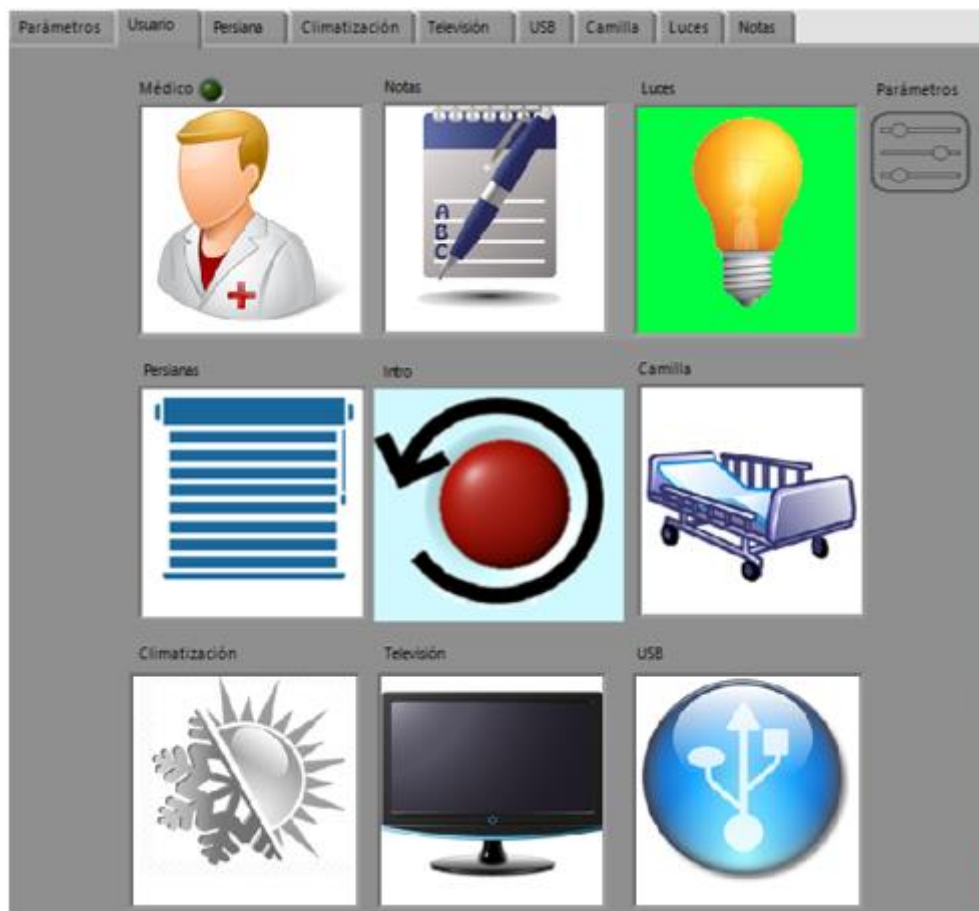


Figura 8. Matriz de comandos de la aplicación con comandos activos

En el proyecto realizado para el Trabajo Fin de Grado se realizó una aplicación con control todo o nada, por lo que no existían los submenús, y, por lo tanto, el led que indicaba que elemento estaba activo se ha eliminado. En la Figura 9 puede verse un ejemplo de la primera versión de la aplicación donde puede observarse que el comando de la Televisión ha sido activado y por lo tanto el led indica que este comando este activo actualmente.



Figura 9. Matriz antigua de comandos de la aplicación con leds

Este led solo se ha dejado en el comando del médico, ya que es el único comando todo o nada que se ha mantenido. Esto es debido a que dicho comando solo puede tener dos estados, o activo, cuando se llama al médico o inactivo, en estado de reposo.

Se ha implementado una segunda aplicación muy sencilla que se comunica vía UDP con la aplicación principal. Se ha utilizado dicha comunicación para aprovechar la comunicación existente con *BCI2000*. En la Figura 10 puede apreciarse esta aplicación, en ella puede verse distintos leds que corresponden a las distintas habitaciones.

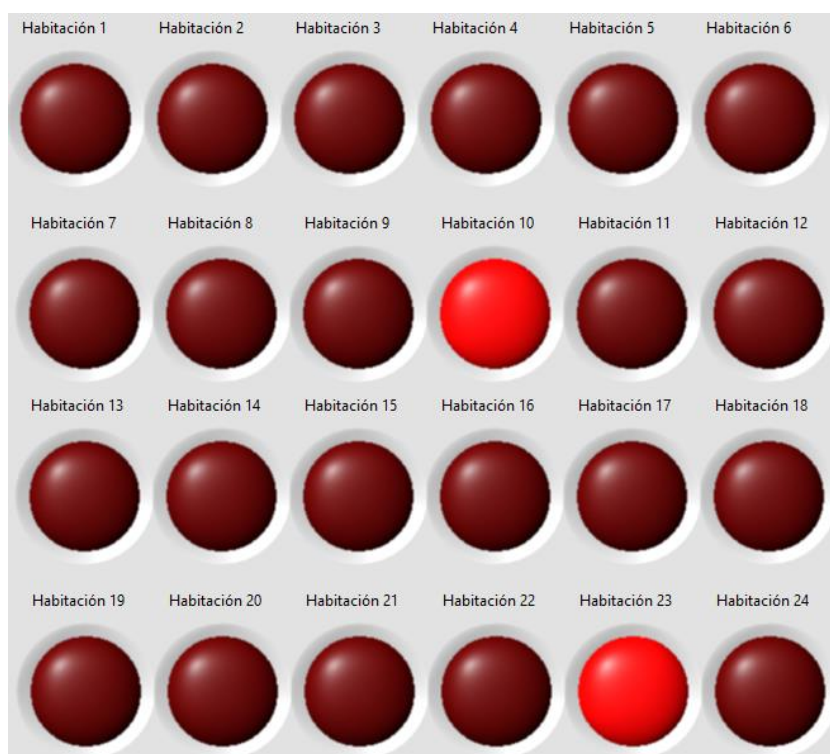


Figura 10. Interface personal hospitalario

Como puede apreciarse en la imagen, cuando un paciente acciona el comando Médico, este comunica con la aplicación diseñada para el personal hospitalario encargado de la supervisión de los pacientes, de manera que de forma visual puede ver de que habitación están solicitando la visita de un enfermero o médico. El propio paciente puede cancelar dicho aviso cambiando la selección de comando, de manera que el led se apagaría. Una vez el personal encargado de acudir a la habitación del paciente ha llegado a la habitación, dentro del submenú Parámetros dispone de un botón que desactiva dicha señal, esto permite al personal del hospital saber si ya se ha acudido al aviso del paciente. En la Figura 11 puede observarse dicho botón encargado de desactivar el aviso, a la vez que

cambia el comando seleccionado para evitar posibles activaciones del comando Médico, a fin de que no vuelva a acudir otro enfermero o médico.

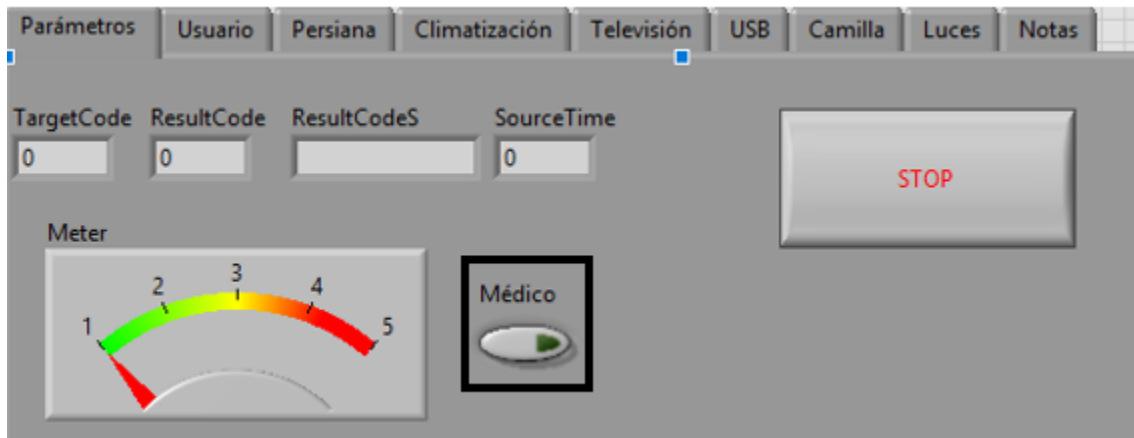


Figura 11. Botón que desactiva la señal Médico

En la implementación de la aplicación se ha minimizado el número de comandos respecto a otras aplicaciones diseñadas ya existentes. En la Figura 12 se aprecia como para el encendido y apagado de las luces la aplicación dispone de dos comandos distintos, uno para el encendido y otro para el apagado.



Figura 12. Control BCI de un sistema domótico de asistencia.[4]

Este ejemplo de minimización de comandos puede observarse dentro del submenú de Luces, donde es posible controlar los distintos elementos de la habitación con un solo comando. En este trabajo se ha eliminado ese doble comando de manera que solo se dispone un comando para ambas cosas. La aplicación es capaz de saber el estado de cada comando, es decir, si este se encuentra activo o inactivo. Esto nos permite utilizar el mínimo número de comandos a implementar en el diseño gráfico de la aplicación. Por lo que ahorramos espacio y es mucho más fácil de usar por el sujeto ya que no permite equivocación, el individuo selecciona el comando deseado y la aplicación se encarga de actuar respecto al estado de sus comandos.

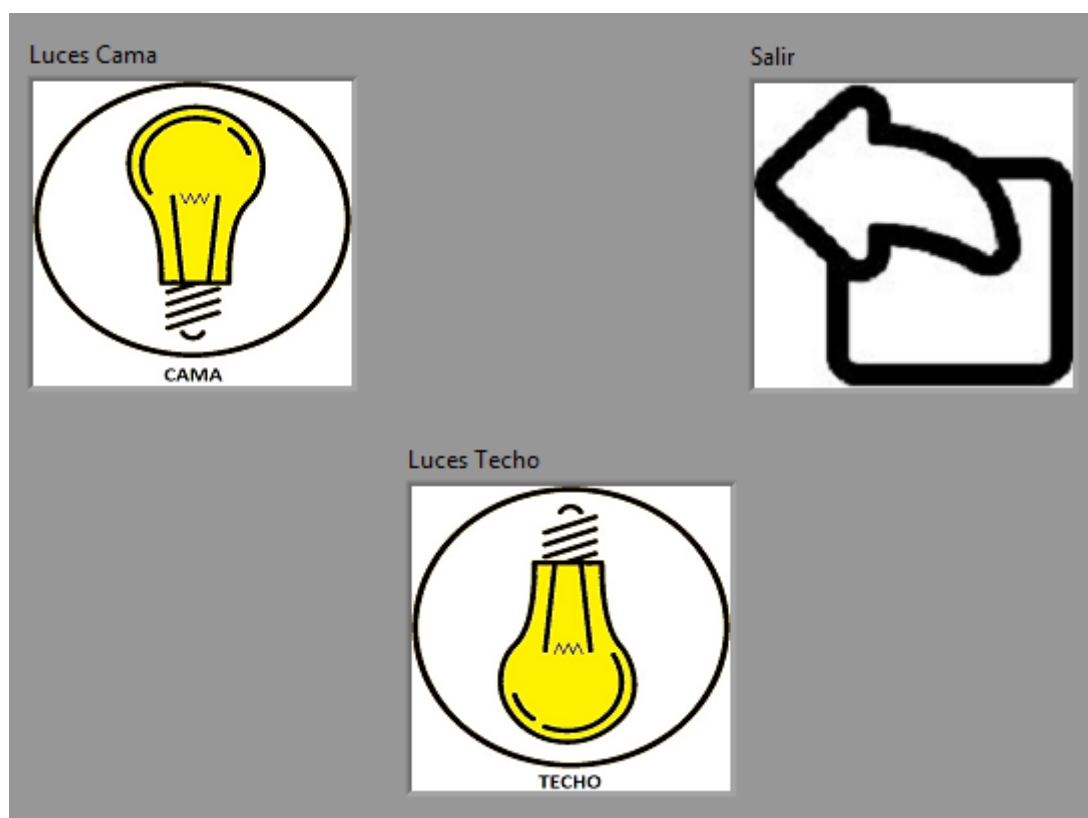


Figura 13. Submenú Luces

Como puedes observarse, hay una diferencia de comandos en la Figura 12 respecto a la Figura 13, exactamente la mitad de comandos, este es debido a que no es necesario un segundo comando para el apagado de la luz.

Se ha realizado esta minimización de comandos en el submenú de luces ya que solo se desea controlar el apagada o encendido de las misma, por lo que puede realizarse con un control todo o nada. Es por esto por lo que, para los distintos submenús, como el de persianas, se ha diseñado un comando para subir y otro para bajar, ya que el sujeto puede accionar varias veces el mismo comando de manera que, por ejemplo, la persiana vaya subiendo poco a poco hasta la altura deseada.

Como se ha comentado anteriormente, a diferencia de la aplicación diseñada en el proyecto anterior, esta consta de distintos submenús para cada uno de los comandos, además de un submenú de parámetros, al cual solo puede accederse desde el menú principal a través de un botón, el cual puede ver en la Figura 14, ya que este submenú va dirigido al operario encargado de la aplicación.

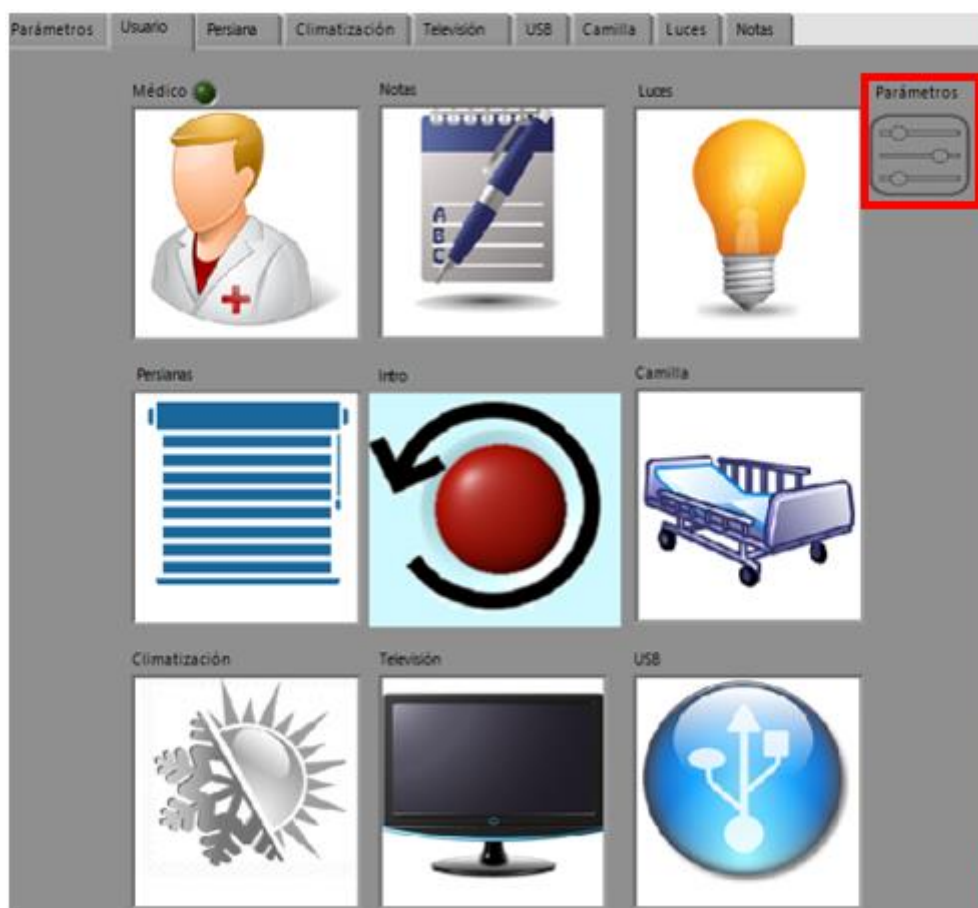


Figura 14. Página principal de la aplicación

En la parte superior de la página principal pueden verse las distintas pestañas de los submenús a las cuales se acceden cuando el paciente acciona dicho comando. Estas pestañas no pueden accionarse, sirven para informar en que submenú se encuentra el sujeto en cada momento.

3.4 ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EEG CON ENOBIO 8

Para ello se utiliza el *Enobio 8* perteneciente a la empresa *Neuroelectrics*. Como se ha mencionado anteriormente en el capítulo 2 de conceptos básicos, consiste en un casco de neopreno con 39 agujeros para poder cubrir las principales posiciones de la distribución 10-20 EEG (64 posiciones). Este equipo permite la posibilidad de utilizar dos tipos de electrodos: secos y húmedos.

Aunque estos últimos posibilitan hacer una lectura del electroencefalograma más precisa, requieren de una limpieza posterior en el cuero cabelludo del individuo debido a que han de ser recubiertos de gel para que funcionen correctamente. Por este motivo es preferible la utilización de electrodos secos, que al no necesitar el gel conductor permiten una mayor facilidad de trabajo. Los electrodos se conectan con un pequeño dispositivo llamado *NECBOX*, es el encargado de recoger y amplificar las señales eléctricas procedentes del córtex y enviarlas a un ordenador vía *Bluetooth*.

Los electrodos seleccionados son F3, F4, T7, C3, Cz, C4, T8 y Pz, conectados en este orden. En la Figura 15 se puede apreciar la posición de los electrodos que se han utilizado resaltados en color azul.

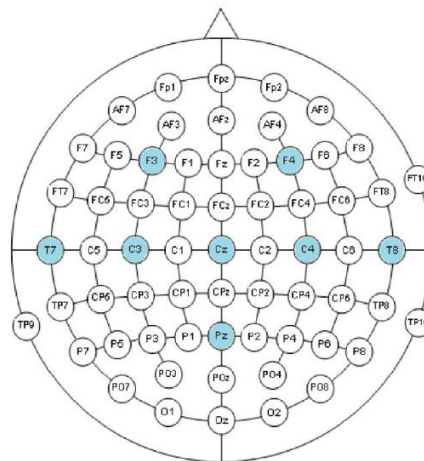


Figura 15. Posición de los electrodos en el sistema 10-20 EEG

Esta selección de los electrodos se ha realizado tras la recopilación y lectura de estudios sobre EEG y cuáles son las zonas donde se concentra la actividad de la mano derecha, izquierda y los pies. Sobre la posición C3 se registra la actividad de la mano derecha, mientras que, para la mano izquierda, se registra en la posición C4 y la de los pies en la posición Cz. Los demás electrodos sirven para el filtrado de señales y se ubican cercanos a los electrodos anteriormente nombrados.

Para que el casco funcione correctamente hay que referenciar dos electrodos más como masa para el sistema. Estos se acoplan a una pinza con placas metálicas que debe colocarse en el lóbulo de la oreja derecha.[5]

4. CONEXIONADO

En este apartado se pretende describir la conexión existente entre los distintos equipos utilizados para el posible desarrollo de este trabajo y los distintos procedimientos que se han llevado a cabo para la posible conexión entre ellos.

4.1 CONEXIÓN ENTRE BCI2000 Y LABVIEW

El primer paso para la realización de la conexión es la utilización de la *toolbox* de *UDP's* de *LabVIEW*, en el siguiente esquema, Figura 16, se puede observar su funcionamiento, lo que se busca es seleccionar el valor numérico después de encontrar la palabra *TargetCode* y *ResultCode* y una vez es detectada, su valor numérico, que aún sigue siendo de tipo *string* para *LabVIEW*. Convertirlo de *string* a entero para poder tratarlo como un número. Obviamente para que este código sea de utilidad tiene que estar ejecutándose dentro de un bucle.

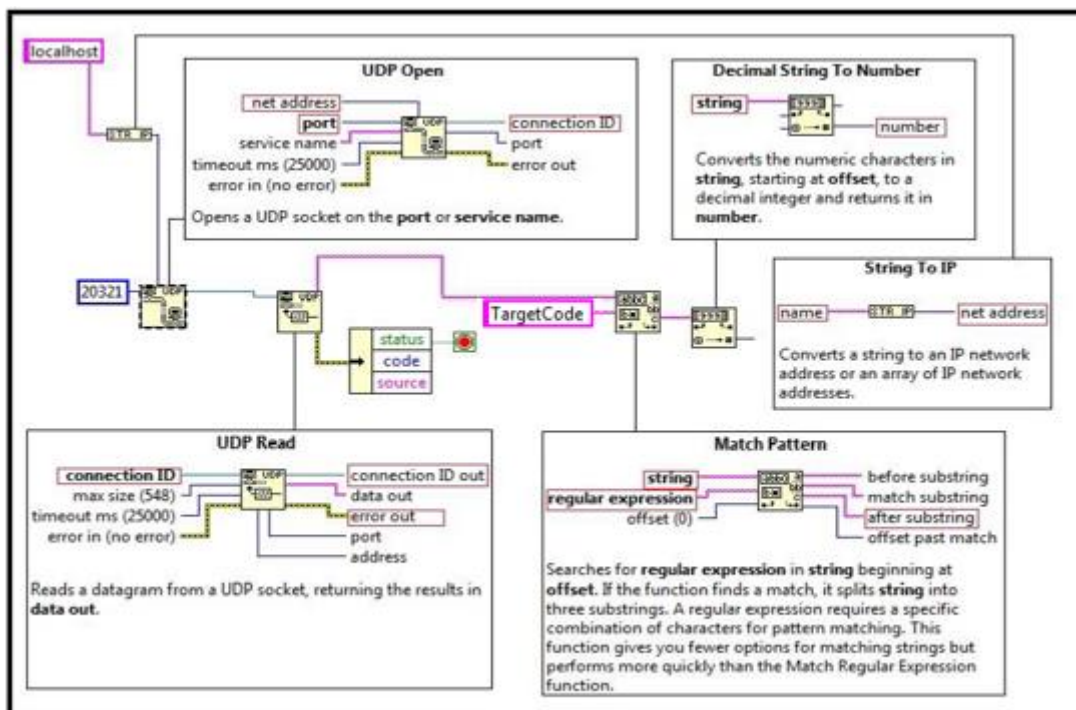


Figura 16. LabVIEW conexión UDP y StringToNumber para TargetCode

En la Figura 17 se puede observar un código más elaborado para poder obtener en tiempo real los valores ResultCode y TargetCode de la bola.

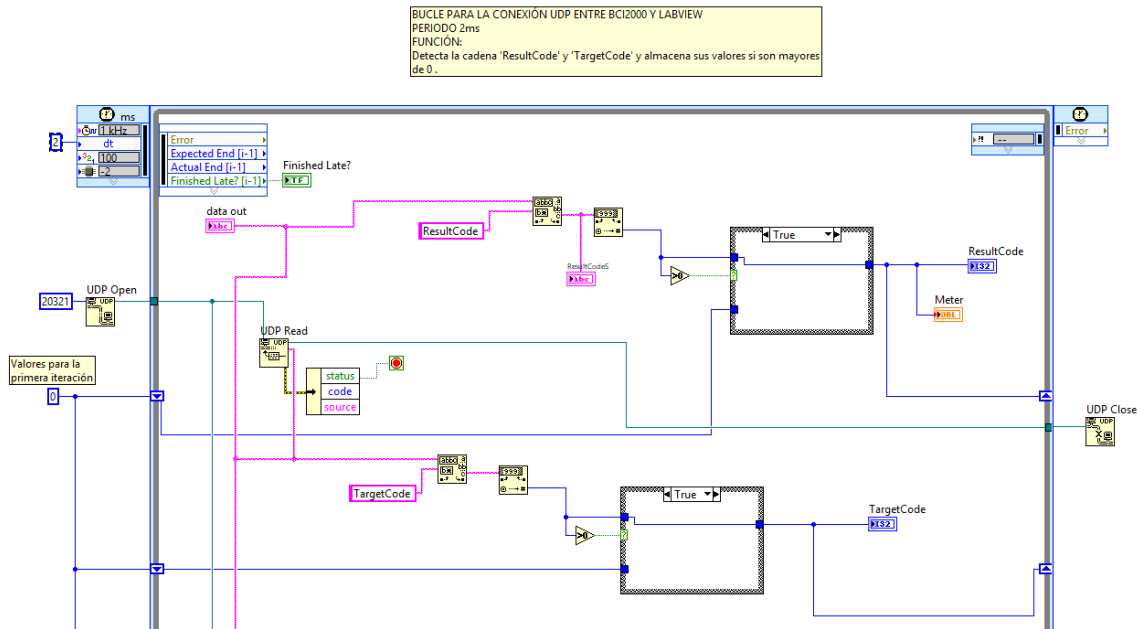


Figura 17. LabVIEW conexión UDP y adquisición de ResultCode y TargetCode

Dicha conexión parte de un proyecto realizado anteriormente, la cual es necesaria para la realización de este. [5] A diferencia del proyecto anterior, se ha utilizado la aplicación BCI2000 para la comunicación entre el casco y LabVIEW.

Se ha modificado los parámetros de la aplicación en BCI2000, como se explica más adelante, de este modo dependiendo del ResultCode que se reciba en la aplicación de LabVIEW, esta es capaz de cambiar de modo o accionar el comando seleccionado.

La conexión de BCI2000 se explica más adelante, en el apartado de software, en la cual se explica con más detalle la configuración de los distintos parámetros de la aplicación.

5. SOFTWARE

En este apartado se pretende explicar y detallar el funcionamiento de los *softwares* utilizados para la realización de este proyecto.

5.1 BCI2000

Programa de *software* libre de la empresa *Shalklab*, como ya se ha comentado anteriormente, dicho software se utilizó para el procesamiento de las señales EEG. Se trata de un *software* diseñado a modo de tareas. Para este proyecto la tarea vincula el movimiento de una bola que aparece en pantalla, que sirve como *feedback* para el usuario, con el movimiento imaginado del sujeto.

Para ello han de configurarse los parámetros que utiliza el programa y modificarlos para el usuario mediante la ejecución de una tarea previa, *StimulusPresentation_Enobio3G.bat*. Esta tarea debe realizarse para cada sujeto para captar su zona de mayor actividad cerebral.

En la Figura 18 puede observarse las distintas flechas que aparecen en la pantalla cada tres segundos al ejecutar la tarea.

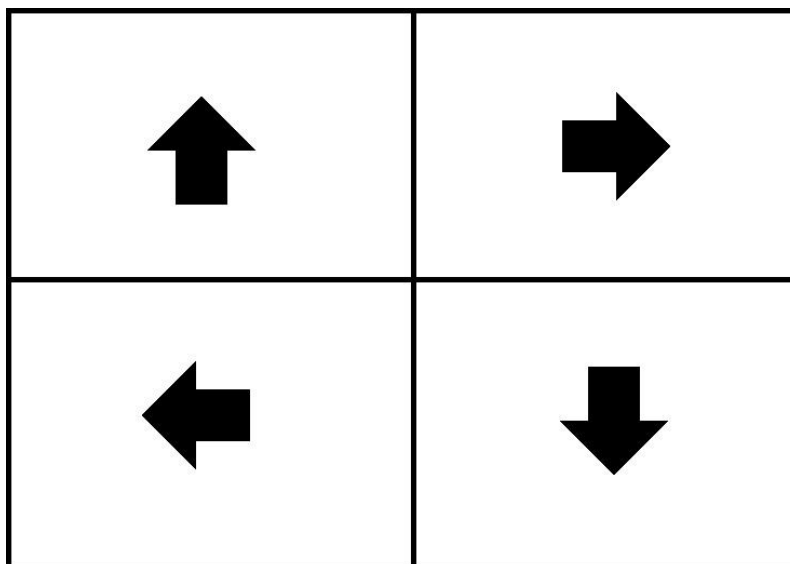


Figura 18. Pantalla Mututorial

Estas flechas indican que movimiento ha de imaginar el sujeto en cada momento. En la tabla, que se muestra a continuación, puede entenderse la lógica que se sigue:


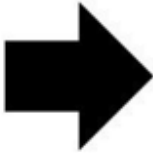
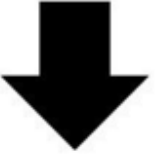

<i>Flecha</i>	Movimiento Imaginario
	Abrir y Cerrar ambas manos
	Abrir y Cerrar mano Derecha
	Flexión Dorsal y Flexión Plantar del Pie
	Abrir y Cerrar mano Izquierda

Tabla 1. Relación Flechas con Movimiento Imaginario

Durante cada experimento aparecen veinte flechas y se recomienda realizar el experimento o tarea, cinco veces al menos, para tener una muestra significativa.

En la Figura 19 se observa los parámetros que se han configurado para la tarea, se ha introducido el número de canales, que en este caso son ocho, el número de muestras por canal, la frecuencia con la que se recogen, las ganancias por las que son multiplicadas cada tensión y se nombra los distintos electrodos que se han utilizado. Como también puede observarse, se especifica el tipo de filtrado y se indica la dirección MAC del casco *Enobio 8*.

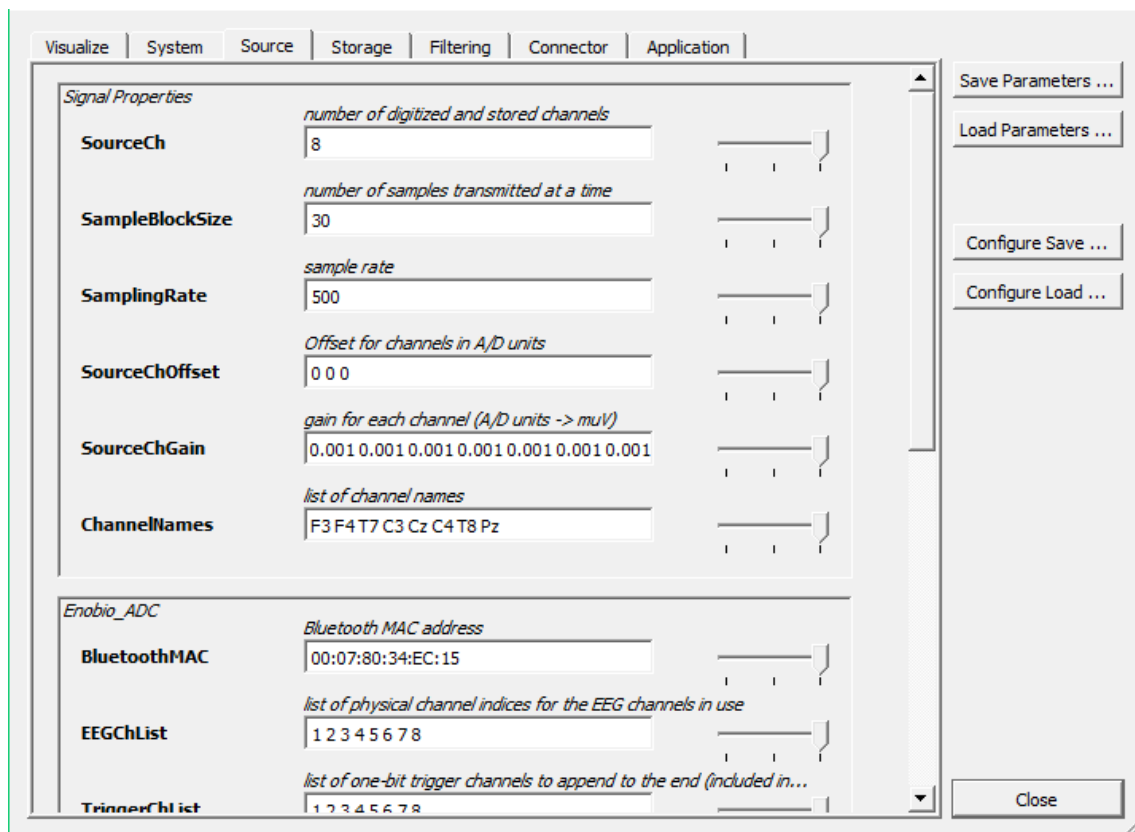


Figura 19. Configuración parámetros Source

Seguidamente se configuran los parámetros del apartado *Filtering*. En el apartado *SpatialFilter* se modifica la matriz de canales de entradas (columnas) y canales de salida (filas), esta matriz es la encargada de dar los distintos pesos a cada electrodo para cada una de las salidas, como se observa en la Figura 20. Dichas salidas son:

- C3_OUT para el pensamiento del movimiento de la mano derecha.
- Cz_OUT para el pensamiento del movimiento de los pies.
- C4_OUT para el pensamiento del movimiento de la mano izquierda.

En la matriz puede observarse que para cada salida se ha otorgado pesos a las entradas más cercanas al sensor en el cual queremos focalizar más eficazmente la actividad cerebral.

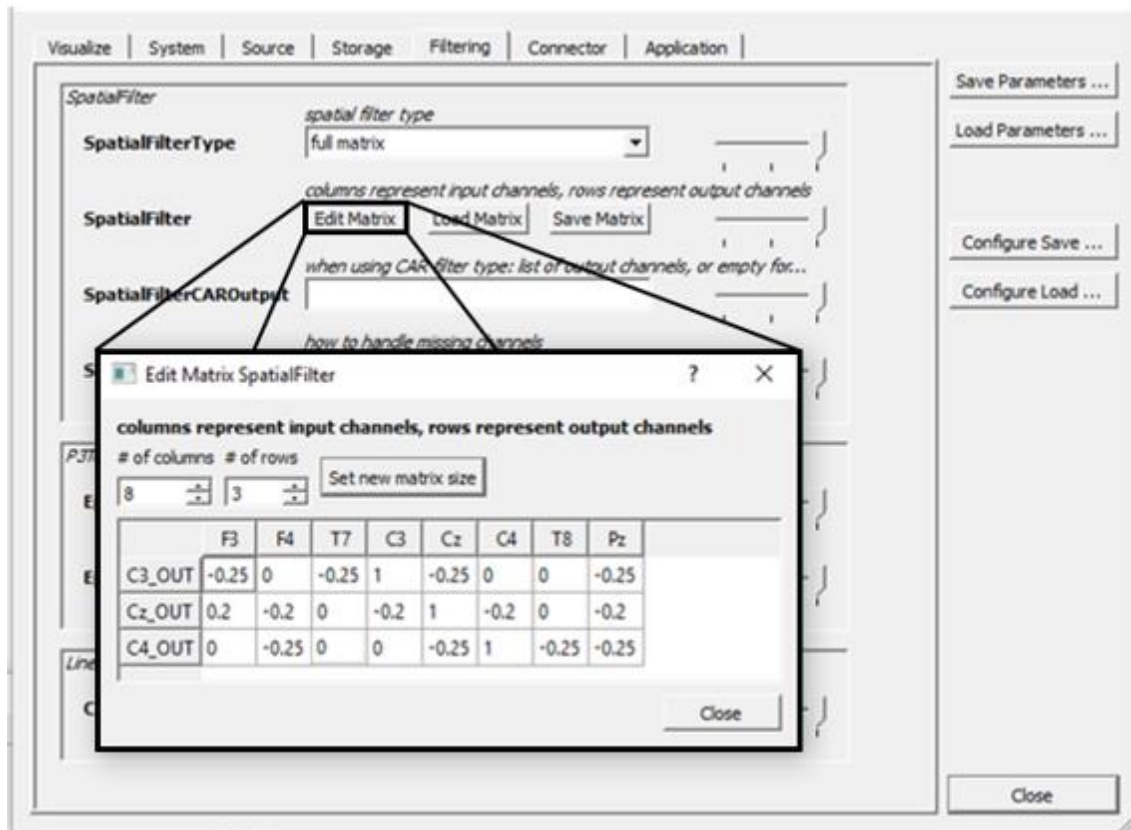


Figura 20. Configuración parámetros Filtering, SpatialFilter

Dentro del mismo apartado se modifica también la matriz *Classifier* del *LinearClassifier*, como se observa en la Figura 21. Esta matriz referencia las salidas que se tienen a un tipo de movimiento sobre la bola. En este caso interesa mover la bola hacia arriba o hacia abajo mientras esta se desplaza horizontalmente por la pantalla.

El sujeto, en cada ensayo, observa una bola desplazándose horizontalmente por la pantalla a modo de *feedback*, la cual se desplaza verticalmente al mismo tiempo, pero este último movimiento es realizado por el usuario mediante el pensamiento de manos y pies. Las manos, canales de entrada C3_OUT y C4_OUT, permiten el movimiento hacia arriba de la bola mientras que el movimiento hacia abajo viene dado por el pensamiento de los pies, canal de entrada Cz_OUT.

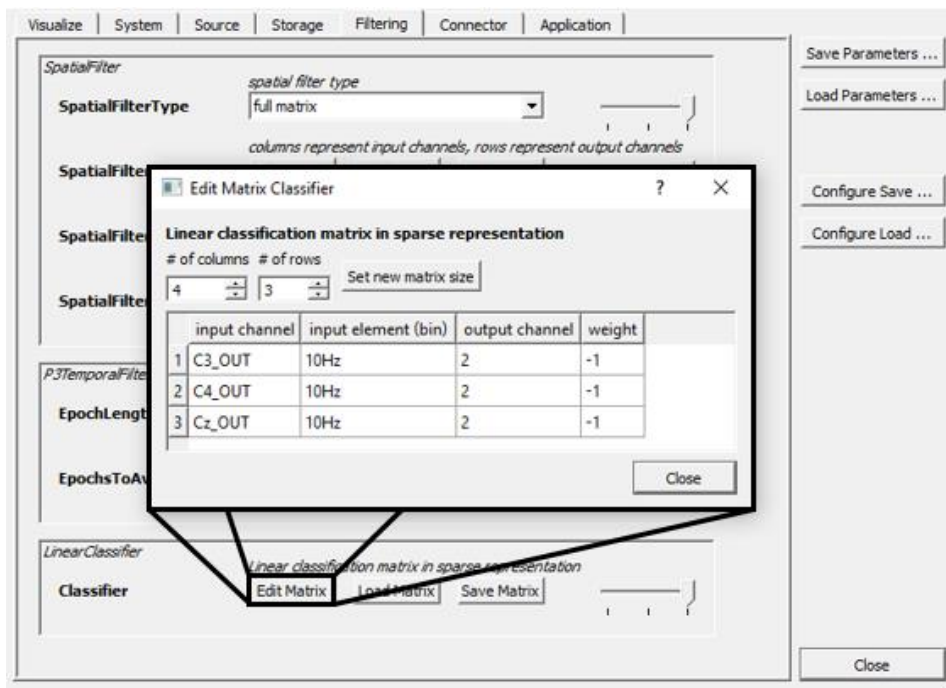


Figura 21. Configuración parámetros Filtering, LinearClassifier

Dentro de la pestaña de *Application* encontramos distintos parámetros a modificar como el número de dianas, la secuencia de visibilidad de las dianas en cada ensayo, el tamaño de bola, etc. En la Figura 22 pueden observarse los distintos parámetros que esta pestaña permite modificar.

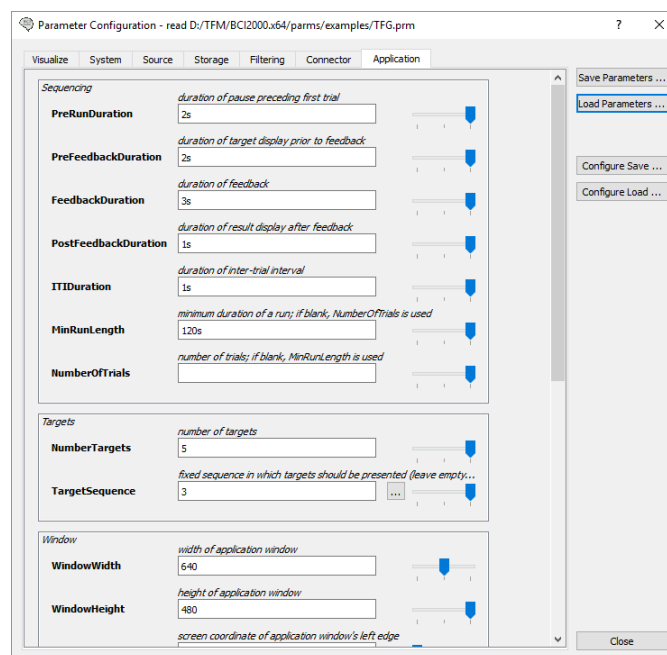


Figura 22. Configuración parámetros Application

Para este trabajo puede observarse que se han elegido cinco dianas (NumberTargets) pero en cada intento solo se muestra en pantalla la diana número 3 (TargetSequence), esto es debido a que LabVIEW recibe el número de la diana en la que ha acertado la bola, por lo que cuando acierte por encima de la diana visible, la bola dará en las dianas número 1 y 2, mientras que si da por debajo será en las dianas 4 y 5. De esta manera distinguimos cuando realizar una acción u otra o, si por el contrario, diese en la diana 3, no se produce ninguna acción ya que se considera intento fallido y se repetiría. En la Figura 23 puede observarse lo explicado anteriormente. La diana visible es la 3, la cual tiene ese aspecto, mientras que las zonas ralladas estarían en negro, y equivalen al resto de dianas. De esta manera cuando el sujeto piense en movimiento de manos, la bola se dirigirá hacia las dianas 1 y 2, y si piensa en movimiento de pies hacia las dianas 4 y 5.

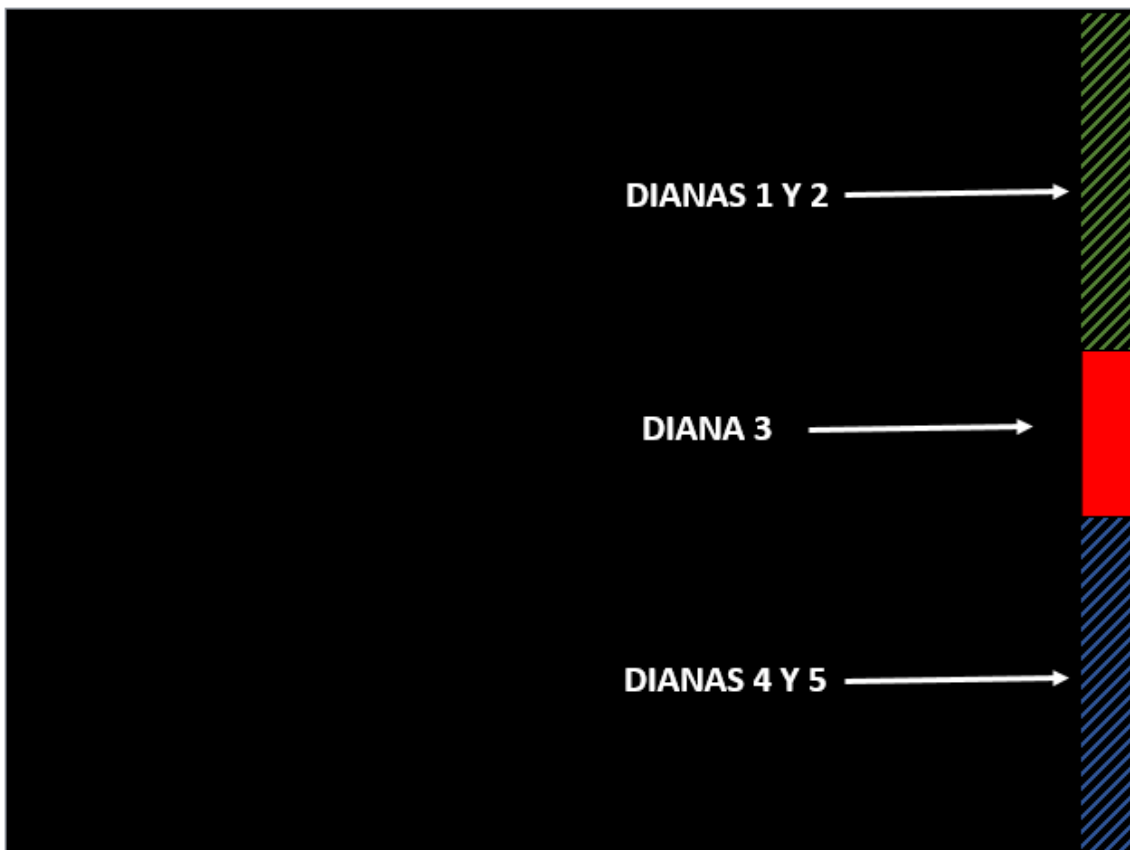


Figura 23. Pantalla principal de la aplicación

Por último, dentro de la pestaña *Connector* se configuran los parámetros de la conexión UDP para que este pueda comunicarse con la aplicación implementada en *LabVIEW*, en la Figura 24 pueden observarse los parámetros necesarios para dicha conexión.

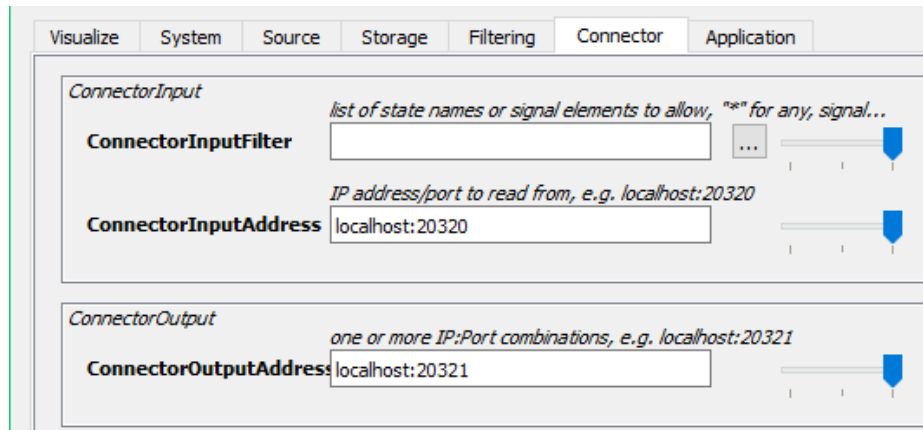


Figura 24. Configuración parámetros Connector

5.2 LABVIEW

LabVIEW es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Los programas desarrollados con *LabVIEW* se llaman Instrumentos Virtuales, o *VI*s, y su origen provenía del control de instrumentos. Cada *VI* consta de dos partes diferenciadas:

- Panel Frontal: es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, un ejemplo sería una calculadora, donde tú le pones las entradas, y te pone el resultado en la salida). En esta interfaz se definen los *controles* (los usamos como entradas,

pueden ser botones, marcadores etc) e *indicadores* (los usamos como salidas, pueden ser gráficas ...).

En la Figura 25 se puede observar la interfaz del panel frontal, como se ha dicho en el párrafo anterior es donde se interactúa con el sujeto, en este panel es donde se ubicará la matriz por la que el individuo puede navegar, compone los comandos que pueden ser accionados por el sujeto.

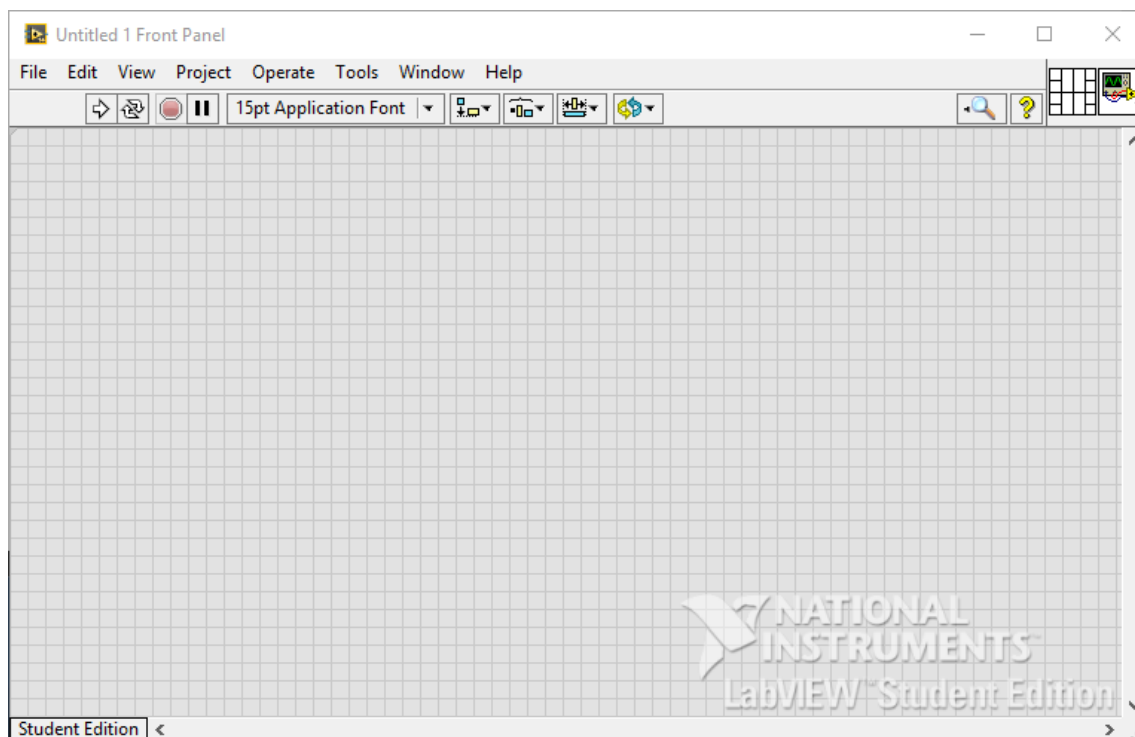


Figura 25. Panel Frontal de LabVIEW

- Diagrama de Bloques: es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa. Suele haber una tercera parte *icono/conector* que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.[6]

En la Figura 26 se puede observar la interfaz del diagrama de bloques, en ella es donde se realizan todas las conexiones necesarias y se programa para llevar a cabo distintas herramientas. En este trabajo la parte de programación se ha llevado a cabo en

esta interfaz, junto a las conexiones de los drivers que permiten la escritura y lectura a través de la tarjeta de adquisición de datos.

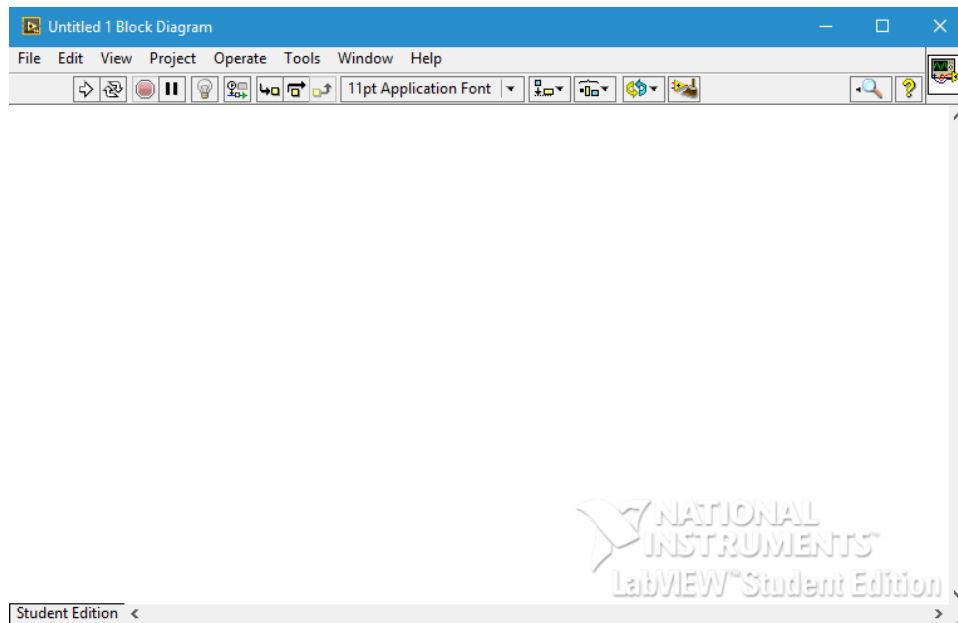


Figura 26. Diagrama de Bloques de LabVIEW

Para trabajar cómodamente en *LabVIEW* se divide la pantalla de manera que la interfaz del panel frontal queda a la parte izquierda de la pantalla y la interfaz del diagrama de bloques queda a la parte derecha. Cada elemento que se añade en una de las dos interfaces se añade automáticamente en la otra interfaz. Por lo que trabajar de esta forma permite una visión más amplia, ya que se observa ambas interfaces a la vez y es más fácil controlar cada elemento que se ha añadido.

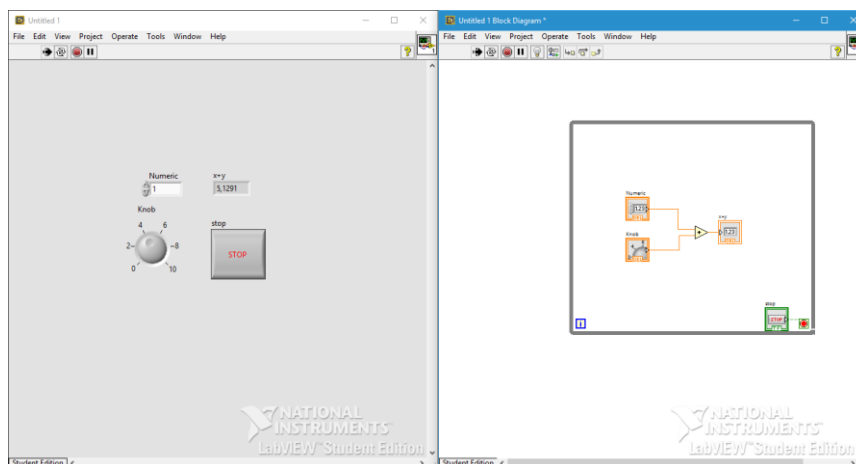


Figura 27. Interfaces de LabVIEW

Como se ha dicho en el párrafo anterior, puede observarse en la Figura 27 las dos interfaces que contiene *LabVIEW*, a la parte izquierda se ve el panel de control, en el cual el usuario puede modificar en tiempo real los datos de entrada y ver cómo afecta a la salida mediante un indicador. En cambio, a la parte derecha se aprecia el diagrama de bloques, el cual contiene la programación para poder llevar a cabo la instrucción deseada.

6. CONCLUSIONES

Como conclusiones que se extraen del proyecto realizado se puede decir:

La tecnología BCI, Interfaz Cerebro-Computador, aposenta una capacidad muy interesante para el mundo de la comunicación y control de aplicaciones domóticas que sirvan para gente con discapacidades motoras para su día a día. Esta tecnología puede llegar a mejorar la vida de estas personas que podrían realizar algunas funciones básicas sin necesidad de ayuda de otra persona. Se podría haber diseñado otra interfaz que desempeñara otro tipo de funciones, como el manejo de un robot.

Durante la realización del proyecto se han ido superando distintas dificultades como el tener que comunicar el *software BCI2000* con *LabVIEW* mediante comunicación UDP, la cual ha servido para comunicar con otro ordenador para la llamada al médico del paciente.

Gracias a la realización de este proyecto se ha profundizado en temas desconocidos antes de la realización del mismo, las cuales son de gran interés y deberían ser más estudiadas, ya que facilitarían mucho algunas acciones de la vida cotidiana.

7. CONCLUSIONES ACADÉMICAS

Durante la realización del presente proyecto se han adquirido y mejorado distintos conocimientos académicos.

Se han adquirido conocimientos sobre interfaces basadas en control BCI, el funcionamiento de estas y cómo poder enfocarlas a aplicaciones domóticas y comunicación entre distintos equipos.

Se han ampliado conocimientos sobre el *software* de *LabVIEW*, el cual se había dado por encima durante el grado. Se han obtenido conocimientos sobre la utilización de un nodo que permite lenguaje en C, el conexionado de variables de entrada y salida en este *software* y la comunicación UDP entre diversos equipos.

Se han consolidado conocimiento de programación en C adquiridos previamente en asignaturas como *Informática Industrial I y II* cursadas en el grado. Además de la conexión UDP donde se ha consolidado en asignaturas cursadas en el máster como Redes y Sistemas distribuidos para control o Interfaces físicos y sistemas empotrados.

Gracias a la realización de este proyecto se ha aprendido a desarrollar una disciplina de trabajo simplificando las tareas más complicadas en otras más sencillas para facilitar su desarrollo.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] Research Gate (2016). Figura 1. Estructura básica de un sistema BCI. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/51764886_fig1_Figura-1-Estructura-basica-de-un-sistema-BCI

[2] Martínez, V. Hornero, R. (2014) Diseño y desarrollo de una aplicación para navegar por Internet mediante sistemas Brain Computer Interface orientada a personas con grave discapacidad. Universidad de Valladolid

[3] Fieldtriptoolbox (2016). Template 2D layouts for plotting. Obtenido de <http://www.fieldtriptoolbox.org/template/layout>

[4] Schalk Lab (2016). Imagen sacada del video BCI Control of a Domotic Assistive System. Obtenido de <http://www.schalklab.org/videos/bci-control-domotic-assistive-system>

[5] Uriel, A. Quiles, E. (2015) Diseño e implementación de un interfaz cerebro-computador para el control de posición de un cilindro neumático. Universidad Politécnica de Valencia

[6] Wikipedia (2016) LabVIEW. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

[7] Wikipedia (2016) Automatización Industrial. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial

[8] Wikipedia (2016) Comisión Electrotécnica Internacional. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n_Electrot%C3%A9cnica_Internacional

[9] Wikipedia (2016) Datasheet. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Datasheet>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Diseño de una aplicación BCI para la
comunicación y el control en un
entorno hospitalario**

Documento N°2 : Pliego de Condiciones

AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA

TUTOR: EDUARDO QUILES CUCARELLA

Valencia, Septiembre 2017

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1. CONDICIONES GENERALES	49
2. CONDICIONES PARTICULARES	55

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de una Interfaz cerebro-computador controlada mediante registros de EEG. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

1. CONDICIONES GENERALES

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos

precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad “Presupuesto de Ejecución de Contrata” y anteriormente llamado “Presupuesto de Ejecución Material” que hoy designa otro concepto.

2. CONDICIONES PARTICULARES

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.

3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.

5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Diseño de una aplicación BCI para la
comunicación y el control en un
entorno hospitalario**

Documento N° 3: Presupuesto

AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA

TUTOR: EDUARDO QUILES CUCARELLA

Valencia, Septiembre 2017

ÍNDICE DE PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTOS PARCIALES	61
1.1 SOFTWARE Y HARDWARE	62
1.3 PRECIOS MANO DE OBRA	63
1.4 SALARIOS	64
2.1 ILUMINACIÓN	65
2.2 PERSIANAS	66
2.3 CLIMATIZACIÓN	66
3. PRESUPUESTOS TOTAL	67
3.1 PRESUPUESTO PARCIAL	67
3.1 PRESUPUESTO TOTAL	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costes Software y Hardware	62
Tabla 2. Amortización de Equipos	62
Tabla 3. Coste por hora Ingeniero Electrónico.....	63
Tabla 4. Coste por hora Técnico Industrial	63
Tabla 5. Coste por hora Ingeniero Jefe	63
Tabla 6. Costes de Salarios por Mano de Obra	64
Tabla 7. Presupuesto Iluminación	65
Tabla 8. Presupuesto Persianas	66
Tabla 9. Presupuesto Climatización	66
Tabla 10. Coste Parcial del Proyecto	67
Tabla 11. Coste Total del Proyecto	67

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

La realización de este presupuesto se basa en el encargo del desarrollo de una aplicación basada en una interfaz cerebro-computador para el control de una habitación domotizada. El presupuesto incluye el coste de todo el proyecto y su desarrollo, incluyendo diversos presupuestos de instalaciones de domótica.

El coste de todos los elementos están a cargo de la empresa que contrata el proyecto, ya que todos ellos son necesarios para su utilización y disfrute. Se ha hecho separación entre el coste de los distintos *softwares* y *hardwares* informáticos, los sueldos de los empleados e instalaciones domóticas.

Para finalizar se añade al coste de ejecución del material un 13% de gastos generales, un 6% de beneficio industrial y un 21% de IVA.

1.1 SOFTWARE Y HARDWARE

El *software* y *hardware* informático y electrónico que se ha utilizado para el desarrollo de este trabajo puede apreciarse desglosado en la Tabla 1.

Software y Hardware

Referencia	Descripción	Unidad	Nº de Unidades	Precio (€)	Total (€)
LabVIEW	Sistema de Desarrollo Profesional de <i>LabVIEW</i>	Ud	1	995	995
PC	Ordenador de mesa <i>Fujitsu</i>	Ud	1	725,95	725,95
Enobio	Enobio 8 canales, electrodos, USB, pinza	Ud	1	7.000,00	7000
BCI2000	<i>Software</i> de análisis EEG BCI2000	Ud	1	0	0
Total					8720,95

Tabla 1. Costes Software y Hardware

1.2 AMORTIZACIÓN DE EQUIPOS

Dependiendo el tipo de equipo utilizado, se ha estimado el coste de amortización anual de cada equipo teniendo en cuenta los diferentes tiempos de amortización. La Tabla 2 sirve de ayuda al promotor del proyecto como información para insertar tal coste de amortización en el balance de cuentas anuales.

Amortización de Equipos

Referencia	Coste Total	Años Amortización	€/Año
LabVIEW	995	3	331,67
PC	725,95	5	145,19
Enobio	7.000,00	5,00	1400,00
Total			1876,86

Tabla 2. Amortización de Equipos

1.3 PRECIOS MANO DE OBRA

A continuación se detallan el precio descompuesto de los trabajadores dependiendo su cargo, este presupuesto incluye el salario neto de cada trabajador junto a su cotización en la Seguridad social, sus dietas y transporte.

Coste por Hora de mano de obra de Ingeniero Electrónico				
Descripción	Coste Anual	Días/Año	Horas/Días	€/Hora
Salario Base	31.000,00	220	8	17,61
Seguridad Social (28,3%)	8.773,00	220	8	4,98
Dietas	850,00	220	8	0,48
Transporte	240,00	220	8	0,14
Total (€)				23,22

Tabla 3. Coste por hora Ingeniero Electrónico

Coste por Hora de mano de obra de Técnico Industrial				
Descripción	Coste Anual	Días/Año	Horas/Días	€/Hora
Salario Base	26.000,00	220	8	14,77
Seguridad Social (28,3%)	7.358,00	220	8	4,18
Dietas	425,00	220	8	0,24
Transporte	120,00	220	8	0,07
Total (€)				19,26

Tabla 4. Coste por hora Técnico Industrial

Coste por Hora de mano de obra de Ingeniero Jefe				
Descripción	Coste Anual	Días/Año	Horas/Días	€/Hora
Salario Base	40.000,00	220	8	22,73
Seguridad Social (28,3%)	11.320,00	220	8	6,43
Dietas	1.000,00	220	8	0,57
Seguridad Social (28,3%)	280,00	220	8	0,16
Total (€)				29,89

Tabla 5. Coste por hora Ingeniero Jefe

1.4 SALARIOS

A continuación se muestra el presupuesto de la mano de obra que ha sido necesaria para el desarrollo de este proyecto en el cual han participado un Ingeniero Electrónico, el cual ha desarrollado la parte general del trabajo y un Ingeniero Jefe como supervisor del proyecto.

El coste de la redacción de este proyecto se ha incluido en las horas trabajadas por el Ingeniero Electrónico.

<i>Salario</i>				
Descripción	Unidad	Nº de Unidades	Precio (€)	Importe Total (€)
Ingeniero Electrónico	h	270	23,22	6.269,40
Ingeniero Jefe	h	25	19,26	481,50
Total (€)				6.750,90

Tabla 6. Costes de Salarios por Mano de Obra

2. PRESUPUESTOS DOMÓTICA

Seguidamente se muestra el presupuesto de las instalaciones de luz, persianas y climatización de la domótica instalada. Los presupuesto se han obtenido de una empresa llamada *Hedo & Montero, S.L.* ubicada en Alcorcón, Madrid. Estos presupuestos pueden variar dependiendo de la empresa consultada.

2.1 ILUMINACIÓN

Se integrarán en el sistema de control los circuitos del dormitorio. De esta manera se podrán controlar de forma individual o por grupos. Hemos supuesto 2 circuitos encendido/apagado.

<i>Iluminación</i>				
Descripción	Unidad	Nº de Unidades	Precio (€)	Importe Total (€)
Actuador de 2 salidas, para encendido / apagado de circuitos	Ud	1	62,50	62,50
Luces LED	Ud	2	4,25	8,50
Total (€)				71,00

Tabla 7. Presupuesto Iluminación

2.2 PERSIANAS

Se integrarán en el sistema de control todos los motores de las 2 persianas y 1 toldo según determine la propiedad. De esta manera se podrán controlar de forma individual, por grupos o en global, actuando sobre todos a la vez, o realizando cualquier tipo de escenario.

<i>Persianas</i>				
Descripción	Unidad	Nº de Unidades	Precio (€)	Importe Total (€)
Actuador de persianas avanzado de 6 canales	Ud	1	295,00	295,00
Persiana aluminio térmica C45 curva	Ud	2	25,26	50,52
Toldo	Ud	1	129,99	129,99
Total (€)				475,51

Tabla 8. Presupuesto Persianas

2.3 CLIMATIZACIÓN

Se integrarán en el sistema de control los sistemas de aire acondicionado y suelo radiante. Tendremos la posibilidad de controlar el sistema de climatización.

<i>Climatización</i>				
Descripción	Unidad	Nº de Unidades	Precio (€)	Importe Total (€)
Actuador de climatización 4 canales de suelo	Ud	1	245,00	245,00
Controlador de máquina de aire acondicionado	Ud	2	193,00	386,00
Total (€)				631,00

Tabla 9. Presupuesto Climatización

3. PRESUPUESTOS TOTAL

A continuación se muestra el presupuesto total del proyecto en el cual está incluido la suma de los costes expuestos anteriormente al cual se le añade un 13% de costes generales para cubrir gastos indirectos en la realización del proyecto y un 6% de beneficio industrial.

3.1 PRESUPUESTO PARCIAL

En la Tabla 10 se muestra el presupuesto parcial del proyecto antes de incluir el IVA.

<i>Coste Parcial</i>	
Descripción	Precio (€)
Total de los costes directos y ejecución del material	16.649,36
Total de los gastos generales 13%	2.164,42
Total costes beneficio industrial 6%	998,96
Coste Parcial del Proyecto	19.812,74

Tabla 10. Coste Parcial del Proyecto

3.1 PRESUPUESTO TOTAL

En la Tabla 11 se muestra el presupuesto total del proyecto con el IVA ya incluido.

<i>Coste Total</i>	
Descripción	Precio (€)
Coste Parcial del Proyecto	19.812,74
21% IVA	4.160,68
COSTE TOTAL DEL PROYECTO	23.973,41

Tabla 11. Coste Total del Proyecto



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Diseño de una aplicación BCI para la
comunicación y el control en un
entorno hospitalario**

Documento N° 4: Manual de Usuario

AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ GARCÍA

TUTOR: EDUARDO QUILES CUCARELLA

Valencia, Septiembre 2017

ÍNDICE DE MANUAL DE USUARIO

1. MANUAL DE USUARIO	73
1.1 MONTAJE DE LOS EQUIPOS	73
1.2 NIC	78
1.3 BCI2000	79
1.4 LABVIEW	81
1.5 DESCONEXIÓN	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisor/Receptor Bluetooth del casco Enobio 8	73
Figura 2. Posición de los electrodos en el sistema 10-20 EEG	74
Figura 3. Conexión del casco Enobio 8	75
Figura 4. Referencia eléctrica Earclip	76
Figura 5. Electrodo Drytode	77
Figura 6. Configuración de electrodos para paradigma Motor Imagery	78
Figura 7. Menú principal BCI2000	79
Figura 8. Menú principal BCI2000 con Start activo	79
Figura 9. Pantalla principal de la aplicación	80
Figura 10. Botón puesta en marcha aplicación	81
Figura 11. Interface personal hospitalario	82
Figura 12. Interface de Parámetros	83
Figura 13. Submenú Climatización	84
Figura 14. Interface de la aplicación	85
Figura 15. Botón para salir de la aplicación BCI2000	85

1. MANUAL DE USUARIO

Este documento intenta servir de guía para todo usuario que pretenda utilizar todo el sistema desarrollado en el proyecto. En él se detallan todas las instrucciones necesarias para poder hacer uso de la aplicación implementada. Para poder utilizar dicha aplicación, es necesario disponer de los elementos que se han utilizado en la realización de este proyecto. Por ello, vamos a nombrarlos seguidamente:

- Ordenador
- Sistema Operativo *Windows 10*
- *Software LavbIEW 15*
- *Software BCI2000*
- *Casco Enobio 8*

Una vez adquiridos todos los elementos necesarios se puede proceder a la utilización de dicho proyecto.

1.1 MONTAJE DE LOS EQUIPOS

Para el conexionado de los equipos entre sí es necesario disponer de conexión *Bluetooth* en el ordenador o utilizar el transmisor/receptor *Bluetooth* que viene con el caso como puede observarse en la Figura 1.



Figura 1. Emisor/Receptor Bluetooth del casco Enobio 8

Antes de sincronizar la conexión *Bluetooth* del casco *Enobio 8* con el ordenador, hay que posicionar los electrodos en las posiciones utilizadas para el paradigma *motor imagery*, los cuales se han explicado anteriormente. Estos electrodos están en este orden, F3, F4, T7, C3, Cz, C4, T8 y Pz. Recordemos que la actividad que se registra para la mano derecha, la mano izquierda y los pies aparecen sobre las posiciones C3, C4 y Cz respectivamente.

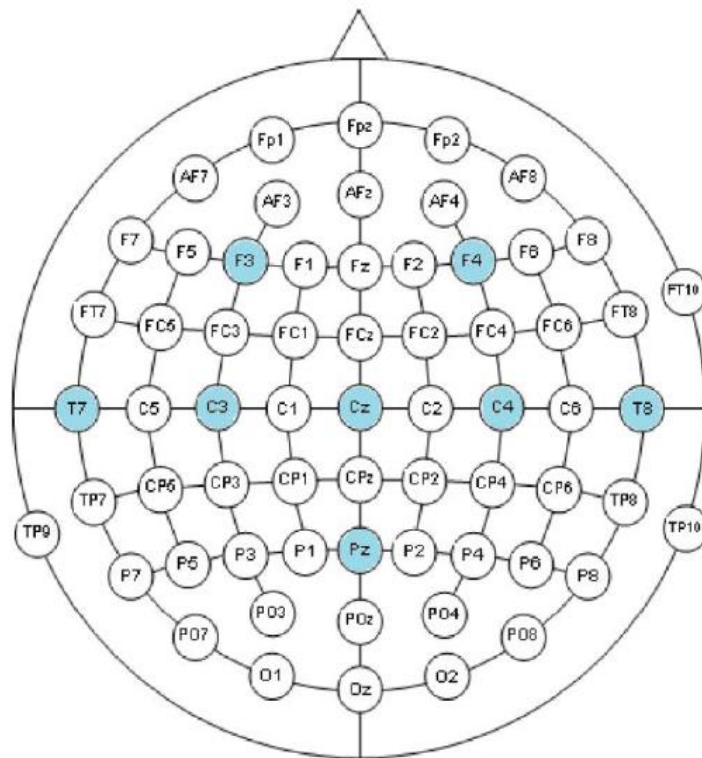


Figura 2. Posición de los electrodos en el sistema 10-20 EEG

A continuación, en la Figura 3, se puede observar la conexión de los electrodos en el casco *Enobio 8*. Los electrodos van conectados al *Necbox* de 10 pines



Figura 3. Conexión del casco *Enobio 8*

En la Figura 4 puede observarse la referencia eléctrica *Earclip*, se trata de un electrodo usado para conectar ambos CMS y DRL simultáneamente al mismo lóbulo de oreja. El *Earclip* se compone de dos gránulos Ag / AgCl opuestos de 8 mm de diámetro en un clip. Cada uno de los dos gránulos tiene una superficie de contacto de 0,5 cm². En la parte inferior de la imagen puede observarse el modo de empleo.



Figura 4. Referencia eléctrica Earclip

El tipo de electrodo utilizado es el *Drytrode*, se trata de un electrodo EEG seco. No requiere la aplicación de ningún tipo de gel entre el electrodo y el cuero cabelludo. Se puede utilizar en áreas del cuero cabelludo con o sin pelo. El *Drytrode* fue especialmente diseñado para aplicaciones rápidas fuera del laboratorio o que requieren una experiencia sin gel. Es el electrodo perfecto cuando la facilidad de uso es más importante que la calidad de la señal, como en las aplicaciones BCI. El *Drytrode* es un electrodo revestido de Ag / AgCl que proporciona una superficie de contacto de 10 puntos. En la Figura 5 puede observarse este tipo de electrodos.

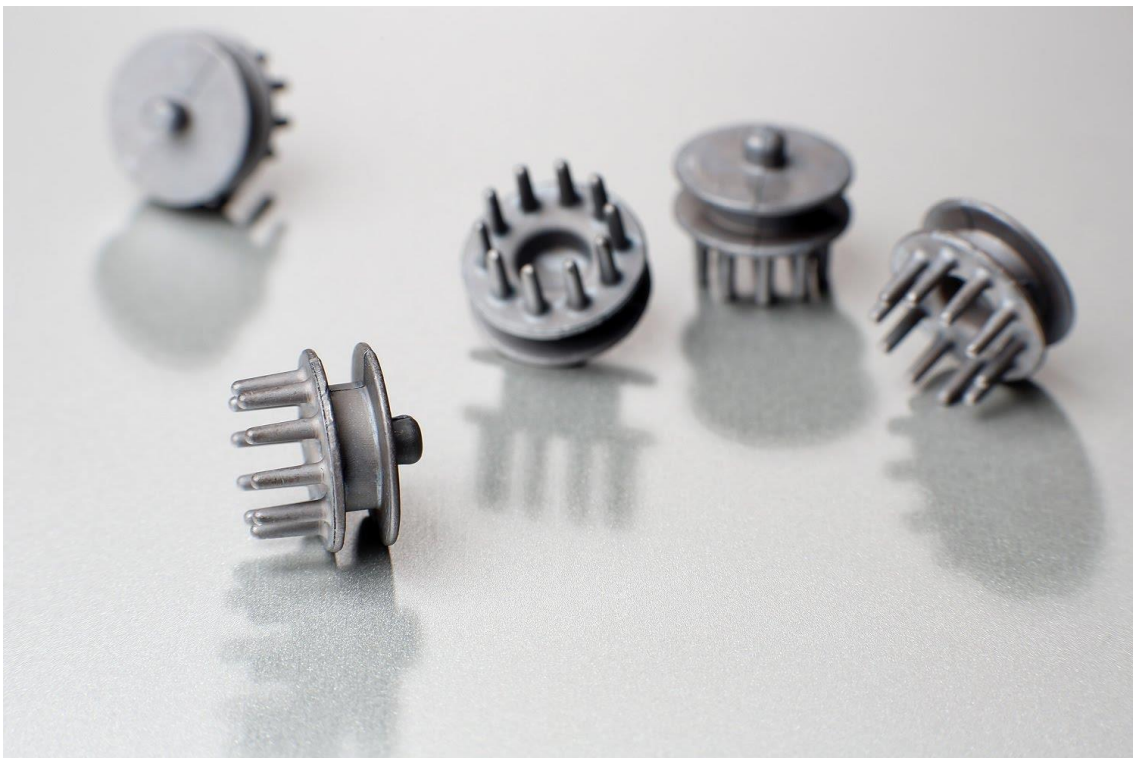


Figura 5. Electrodo Drytrode

1.2 NIC

El *Neuroelectrics Instrument Controller* (NIC) es una solución de *software* universal que ofrece un control total de los dispositivos *Starstim* y *Enobio*. NIC proporciona una interfaz fácil de usar repleta de características. Este *software* se ha utilizado para comprobar que el conexionado está correcto y operativo, en la Figura 6 puede observarse los distintos electrodos y su posición en la cabeza del sujeto. En la parte derecha de la imagen se selecciona para cada canal que electrodo se desea. Cuando los electrodos se encuentran bien posicionados y haciendo buen contacto con el cuero cabelludo del individuo, estos electrodos se colorean de color verde, si por el contrario, se iluminan de rojo, significa que no hacen buen contacto y por lo tanto ha de recolocarse el casco. También cabe la posibilidad que se encuentren de color naranja, en este caso solo ha de recolocarse bien el electrodo iluminado en dicho color.



Figura 6. Configuración de electrodos para paradigma Motor Imagery

1.3 BCI2000

Dentro de la carpeta de *BCI2000* se ejecuta *FeedbackDemo_Enobio3G.bat* y se abre la ventana que aparece en la Figura 7.

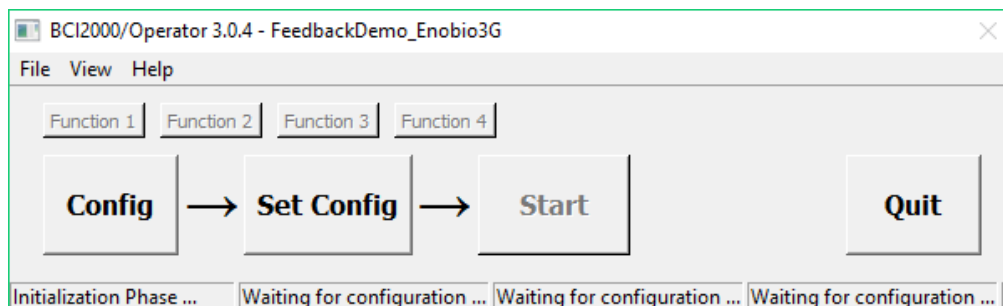


Figura 7. Menú principal BCI2000

A continuación se selecciona *Config* para la modificación de los parámetros, debido a que estas modificaciones se han modificado ya, simplemente se carga el archivo con las modificaciones preparadas. La configuración de los parámetros ha sido explicada anteriormente en la memoria.

Una vez cargado el archivo con los parámetros correspondientes, se selecciona *Set Config* para aplicar estos parámetros a la aplicación. Al cargar dichos parámetros se observa como el botón *Start* se ilumina y por lo tanto se activa, esto permite dar comienzo a la aplicación para que el sujeto pueda navegar por la aplicación diseñada en *LabVIEW*. En la puede observarse como se ha activado el botón *Start* y por lo tanto puede ser seleccionado.

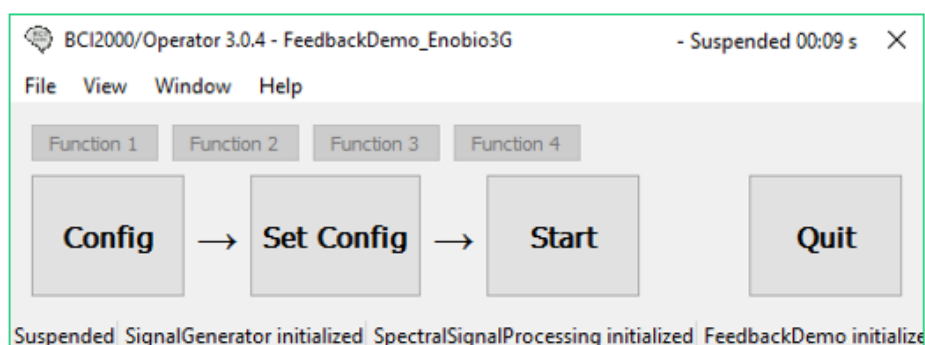


Figura 8. Menú principal BCI2000 con Start activo

Una vez se activa el botón *Start*, pasamos a poner en marcha las aplicaciones en *LabVIEW*. Una vez están en marcha, pulsamos el botón *Start* y se abre la aplicación que sirve de *feedback* al paciente para ver si la bola se dirige hacia donde él quiere. En la puede verse la aplicación del *BCI2000*, en cada intento o *trial*, la bola va de izquierda a derecha y el paciente solo influye en la altura de esta, de manera que si dirige la bola por encima de la diana 3 acciona el comando seleccionado, o si, por el contrario, la dirige hacia abajo, cambia de comando.

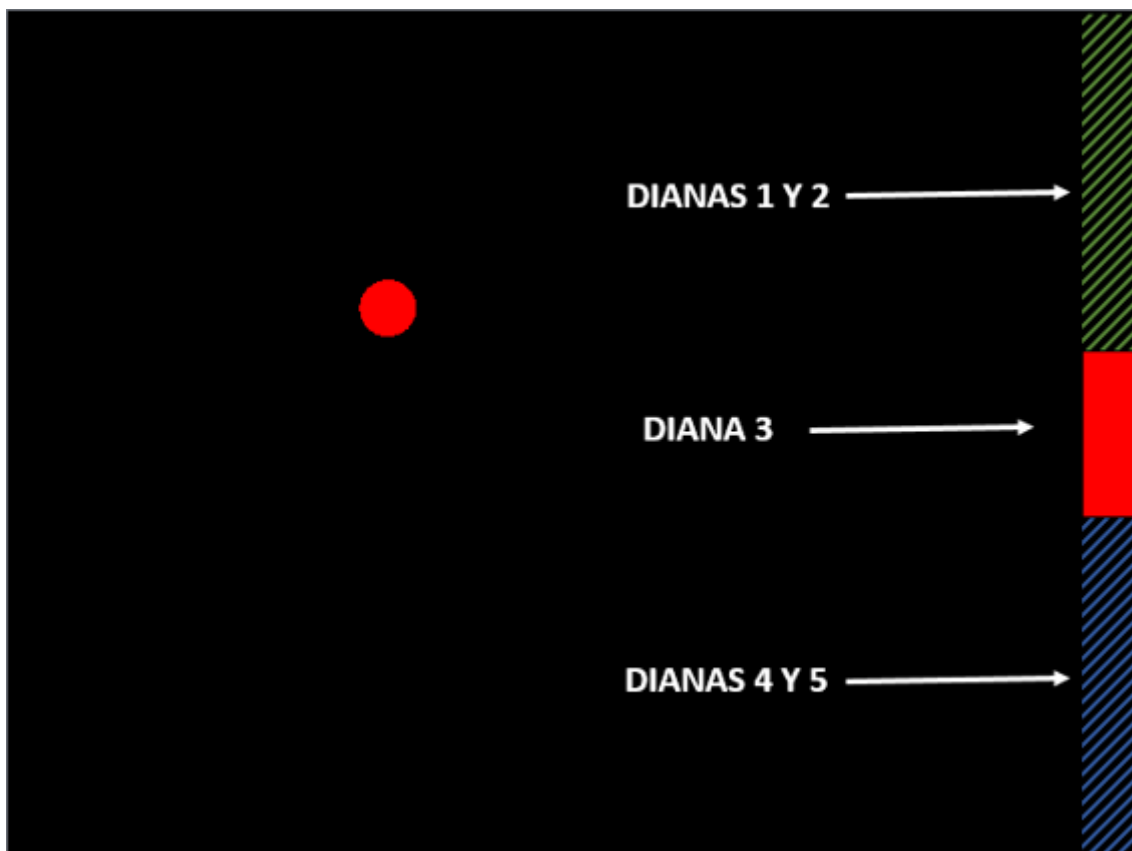


Figura 9. Pantalla principal de la aplicación

1.4 LABVIEW

Una vez finalizada todas las conexiones entre los equipos se abre la aplicación diseñada en *LabVIEW*.

Para ello cargamos el archivo de *LabVIEW* y una vez abierto el programa, pulsamos sobre el botón *RUN* de la barra de herramientas para poner en funcionamiento la aplicación diseñada. En la Figura 10 se ha indicado mediante una flecha el botón de puesta en marcha de la aplicación.

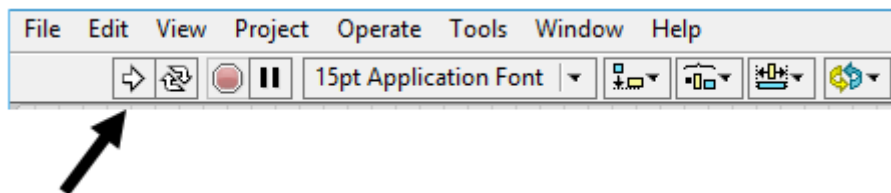


Figura 10. Botón puesta en marcha aplicación

Primero cargamos el archivo de LabVIEW con la interface que va dirigida al personal del hospital, bien sea el celador o un enfermero. En la Figura 11 puede apreciarse dicha interface, se trata de distintos leds, uno para cada habitación, los cuales se iluminan mientras el paciente mantenga accionado el comando de llamar al médico.

Dicha interface se comunica vía UDP con la aplicación de cada paciente, de esta forma resulta más fácil que el paciente pueda comunicarse con el personal del hospital en caso de necesitar ayuda y encontrarse solo en la habitación.

En caso de que el paciente no pueda desconectar dicho aviso, el personal del hospital puede apagar el aviso accediendo al menú de parámetros, donde dispone de un botón que anula la señal y cambia al siguiente comando. De esta manera sirve para informar al personal que se encuentre delante de la pantalla de que el médico o el personal encargado de ir a la habitación ha llegado y se encuentra con el paciente.

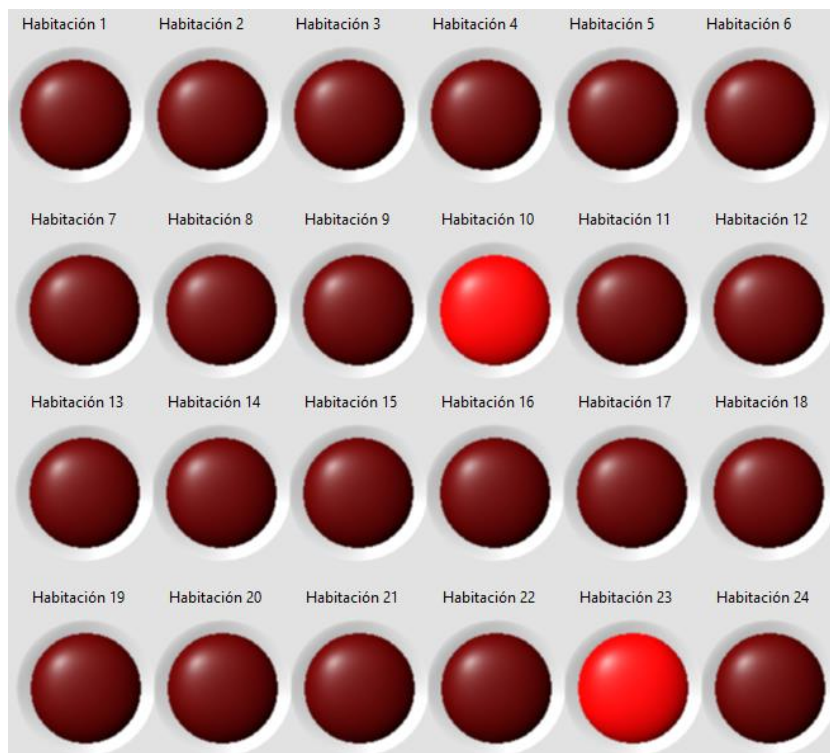


Figura 11. Interface personal hospitalario

A continuación, se ejecutará la aplicación y en pantalla se mostrará la interface del Usuario como puede apreciarse en la Figura 12. Cuando se inicia la aplicación el comando seleccionado predeterminadamente es el del médico. Esto implica que el paciente inicialmente puede llamar al médico o cambiar de comando, pasando al siguiente comando que sería el de Persianas.

También puede observarse que el led que se encuentra al lado del letrero Médico se encuentra apagado, este solo se ilumina si se activa este comando para reflejar al paciente que el médico está siendo llamado. Cuando el paciente cambia de modo este led se apaga y se deja de llamar al médico.



Figura 12. Interface de Parámetros

En la parte central de la matriz de comandos puede observarse un led rojo, el cual indica cuando se acciona un comando y una flecha que indica el sentido de giro, que en este caso es antihorario. En la parte superior pueden distinguirse las distintas pestañas, estas son los submenús de los comandos, donde se encuentran los comandos que el paciente puede accionar para interactuar con el entorno hospitalario, que en este caso es una habitación.

En la Figura 13 puede observarse un ejemplo de uno de estos submenús, en este caso se trata del submenú Climatización, en él, el paciente puede modificar la temperatura con los comandos Subir Temperatura o Bajar Temperatura. Al accionar dichos comandos, el valor que se encuentra dentro del recuadro rojo aumenta o disminuye dependiendo del

comando accionado. De esta manera, el paciente tiene control absoluto de la temperatura a la que desea estar dentro de la habitación.

En la Figura 13 también puede verse que en estos momentos la temperatura elegida por el paciente es de 24 °C y que se encuentra seleccionado el comando Bajar Temperatura, si el paciente acciona dicho comando disminuiría 1 °C la temperatura deseada o, por el contrario, podría cambiar de comando.

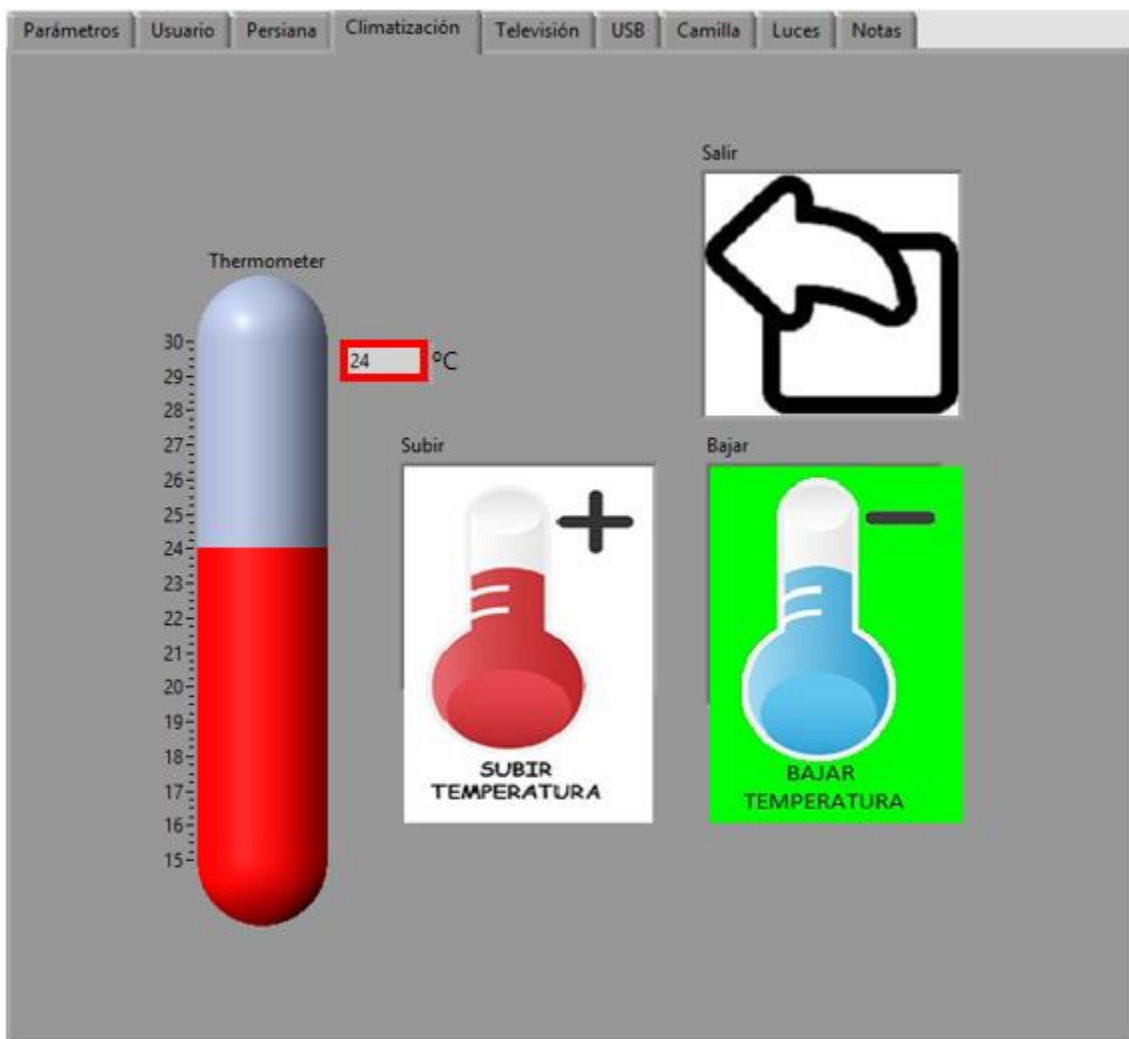


Figura 13. Submenú Climatización

1.5 DESCONEXIÓN

Para desconectar el sistema, primero ha de pararse la aplicación diseñada, para ello basta solo con pulsar el botón de STOP que se encuentra a la derecha de la interface como puede apreciarse en la Figura 14.

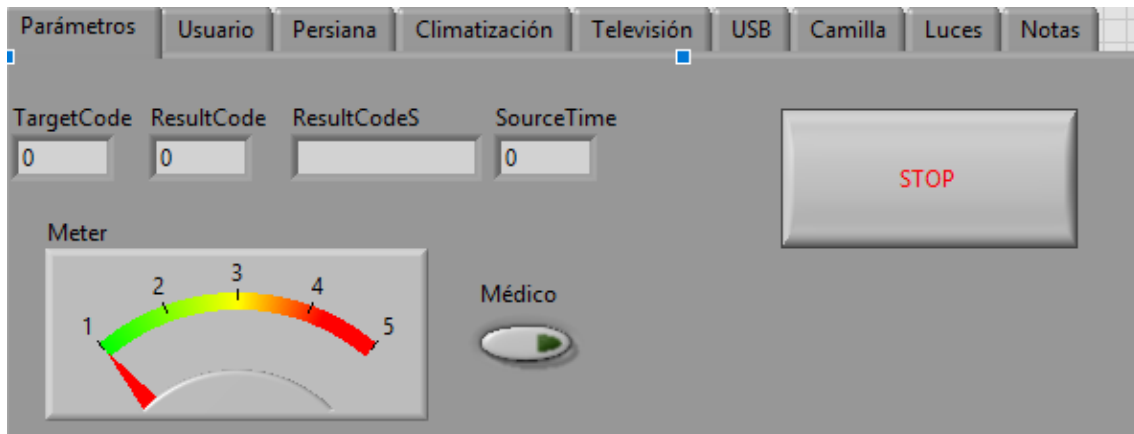


Figura 14. Interface de la aplicación

Para finalizar la aplicación de BCI2000 simplemente hay que pulsar el botón Quit y se cerrará automáticamente, en la Figura 15 puede observarse dicho botón dentro del recuadro negro.

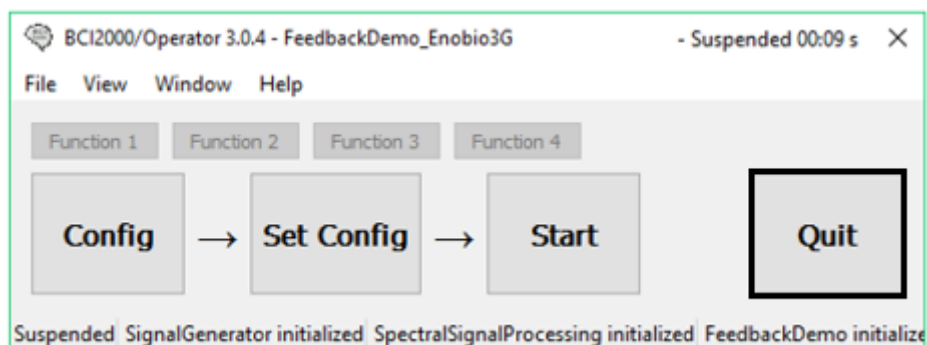


Figura 15. Botón para salir de la aplicación BCI2000