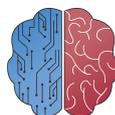




UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería de la Salud



INGENIERÍA
DE LA SALUD

**TFG del Grado en Ingeniería de la
Salud**

**Uso y aplicaciones de
dispositivos comerciales de
BCI en los entornos de salud
Documentación Técnica**

Presentado por Mario de la Arena del Hoyo
en Universidad de Burgos

9 de julio de 2024

Tutor: Pedro Luis Sánchez Ortega

Índice general

Índice general	i
Índice de figuras	iii
Índice de tablas	v
Apéndice A Plan de Proyecto Software	1
A.1. Introducción	1
A.2. Planificación temporal	1
Apéndice B Documentación de usuario	11
B.1. Requisitos software y hardware para ejecutar el proyecto. . .	11
B.2. Instalación / Puesta en marcha	13
B.3. Manuales y/o Demostraciones prácticas	23
Apéndice C Manual del desarrollador.	25
C.1. Estructura de directorios	25
C.2. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	28
C.3. Instrucciones para la modificación o mejora del proyecto. . .	28
Apéndice D Descripción de adquisición y tratamiento de datos	31
D.1. Descripción formal de los datos	31
D.2. Descripción clínica de los datos.	32
Apéndice E Manual de especificación de diseño	35
Apéndice F Especificación de Requisitos	37
F.1. Diagrama de casos de uso	37

F.2. Explicación casos de uso.	38
F.3. Prototipos de interfaz o interacción con el proyecto.	47
Apéndice G Estudio experimental	51
G.1. Cuaderno de trabajo.	51
G.2. Configuración y parametrización de las técnicas.	56
G.3. Detalle de resultados.	58
Apéndice H Anexo de sostenibilización curricular	67
H.1. Introducción	67
Bibliografía	71

Índice de figuras

B.1. Inicio de la página web de Emotiv.	13
B.2. Apartado de Emotiv para descargar Contour.	14
B.3. Ventana de inicio del instalador de Contour.	14
B.4. Ventana de selección de carpeta para la instalación.	15
B.5. Ventana de inicio de sesión con cuenta de Emotiv.	15
B.6. Ventana de selección de fecha de nacimiento.	16
B.7. Ventana de selección de género.	16
B.8. Ventana de selección de oficio.	16
B.9. Ventana de selección de país de residencia.	17
B.10. Inicio de página web oficial de PsychoPy.	18
B.11. Sección para descargar el instalador de PsychoPy.	18
B.12. Ventana de selección de ruta de instalación de PsychoPy.	19
B.13. Buscador de Windows con los programas resultantes tras la instalación de PsychoPy	19
B.14. Registro de PsychoPy en App ID.	20
B.15. Ventana de complementos de PsychoPy.	22
B.16. Sección de EEG de 'Components'.	22
D.1. Ventana con limitación en el tratamiento de datos de la licencia Lite.	32
D.2. EEG crudo obtenido de la página web de Emotiv.	32
E.1. Caja del dispositivo MN8.	36
F.1. Diagrama de casos de uso. Fuente propia.	37
F.2. Prototipo de la interfaz de la introducción. Fuente propia.	48
F.3. Prototipo de la interfaz de la actividad de meditación. Fuente propia.	48

F.4. Prototipo de la interfaz de la primera pregunta. Fuente propia. .	49
F.5. Prototipo de la interfaz de la segunda pregunta. Fuente propia. .	49
G.1. Flujo de las rutinas creadas para el experimento de PsychoPy. .	54
G.2. Diagrama con los bloques empleados para la realización de la introducción del experimento.	54
G.3. Diagrama con los bloques empleados para la realización del video de meditación junto con el EEG de Emotiv del experimento. . .	55
G.4. Diagrama con los bloques empleados para la realización del primera pregunta del experimento.	55
G.5. Diagrama con los bloques empleados para la realización de segunda pregunta del experimento.	56
G.6. Estadísticas del usuario de la aplicación Contour.	58
G.7. Gráficos de las métricas recogidas por el MN8.	59
G.8. Gráfico de barras apiladas de los distintos estados cognitivos. . .	60
G.9. Gráfico de barras apiladas de los distintos estados cognitivos durante diferentes actividades.	61
G.10. Gráfico del tiempo que el usuario ha mantenido una concentración óptima durante los últimos 7 días monitoreados.	61
G.11. Página de inicio de Emotiv Labs.	62
G.12. Puntuación general de la actividad.	63
G.13. Puntuación obtenida en función de la velocidad de respuesta y la precisión, comparadas con el grupo de la misma edad que el usuario.	64
G.14. Gráficas con la evolución de los parámetros a lo largo de la actividad.	65
G.15. Gráfica con el progreso de los parámetros a lo largo de los distintos intentos de la misma actividad.	65

Índice de tablas

A.1. Costes de dispositivos hardware.	7
A.2. Tabla con costes de software.	7
A.3. Tabla con costes personales.	8
A.4. Tabla con el coste total.	8
B.1. Requisitos de software.	12
B.2. Requisitos de hardware.	12
F.1. CU-1 Encender dispositivo.	38
F.2. CU-2 Apagar dispositivo.	39
F.3. CU-3 Cargar dispositivo.	39
F.4. CU-4 Conectar dispositivo via Bluetooth.	40
F.5. CU-5 Registrar usuario en Emotiv.	41
F.6. CU-6 Iniciar sesión de Emotiv.	42
F.7. CU-7 Medir parámetros EEG.	43
F.8. CU-8 Almacenar datos EEG.	44
F.9. CU-9 Generar estadísticas.	45
F.10. CU-10 Realizar actividades de Emotiv.	46
F.11. CU-11 Consultar instrucciones.	47

Apéndice A

Plan de Proyecto Software

A.1. Introducción

Este anexo recoge la planificación temporal organizada por *milestones* con sus correspondientes *issues* incluidos en cada uno. Además, también se desarrollará la planificación económica y la viabilidad legal del proyecto.

A.2. Planificación temporal

La planificación temporal se ha realizado mediante la metodología Scrum, por lo que cada semana de trabajo se identifica con un *milestone*, los cuales contienen diferentes *issues* en función de los objetivos. Tras cada *milestone*, se lleva a cabo una reunión con el tutor Pedro Luis Sánchez Ortega para revisar los avances y así poder planificar las tareas para el siguiente *milestone*.

Objetivo 1

Fecha: 02/12/2023 - 05/12/2023

Issues:

- Investigar sobre el 'Informe de la Comisión Bioética'.

Objetivo 2

Fecha: 05/12/2023 - 17/12/2023

Issues:

- Descripción de aplicaciones de Emotiv.

Objetivo 3

Fecha: 17/12/2023 - 06/02/2024

Issues:

- Investigación y documentación sobre las actividades pertenecientes al programa de entrenamiento de Emotiv.

Objetivo 4

Fecha: 06/02/2024 - 16/02/2024

Issues:

- Investigación sobre Emotiv Insight para comprobar las diferencias entre sus versiones, así como su alcance y uso.

Objetivo 5

Fecha: 16/02/2024 - 08/03/2024

Objetivo 6

Fecha: 08/03/2024 - 18/03/2024

Issues:

- Documentación del manual de instalación y conexión del dispositivo Emotiv MN8.

Objetivo 7

Fecha: 18/03/2024 - 25/03/2024

Issues:

- Investigación y documentación del dispositivo MN8, incluyendo sus características, las ventajas que presenta y las aplicaciones en las que se puede emplear.
- Realización de las sesiones de entrenamiento con MN8 mientras se documentan los resultados, problemas y soluciones experimentados.

Objetivo 8

Fecha: 25/03/2024 - 08/04/2024

Issues:

- Documentación de artículos sobre estudios realizados con Emotiv, disponibles en la página oficial de Emotiv.

Objetivo 9

Fecha: 08/04/2024 - 15/04/2024

Issues:

- Realización de la documentación de la memoria recopilada hasta el momento en la plantilla oficial proporcionada en GitHub.
- Realización de la documentación de los anexos recopilada hasta el momento en la plantilla oficial proporcionada en GitHub.

Objetivo 11

Fecha: 15/04/2024 - 25/04/2024

Issues:

- Realización de investigación inicial sobre Psycho Py y sus aplicaciones.
- Realización programa 9 días de entrenamiento proporcionado en la página web de Contour.

Objetivo 12

Fecha: 15/04/2024 - 09/07/2024

Issues:

- Realización completa de la memoria del TFG empleando la plantilla proporcionada por la UBU.
- Realización completa de los anexos del TFG empleando la plantilla proporcionada por la UBU.

Objetivo 13

Fecha: 25/04/2024 - 29/04/2024

Issues:

- Investigación sobre las diferencias del uso del dispositivo Emotiv Insight en PsychoPy respecto con Emotiv 'MN8'.

Objetivo 14

Fecha: 29/04/2024 - 06/05/2024

Issues:

- Investigación sobre la posible implementación de un dispositivo 'Eye Tracking' en el proyecto.
- Investigación sobre la validez de PyschoPy, con el objetivo de comprobar que es un programa totalmente compatible y permite obtener unos resultados válidos en sus experimentos empleando un EEG.

Objetivo 15

Fecha: 06/05/2024 - 13/05/2024

Issues:

- Búsqueda de dispositivos y versiones de eye tracking compatibles con la versión empleada de PsychoPy.

Objetivo 16

Fecha: 13/05/2024 - 20/05/2024

Issues:

- Diseño de experimento en PsychoPy similar a los ya creados en EMO-TIV LABS, concretamente comienzo del experimento para la actividad 'Mindful Meditation'.
- Realización de pruebas utilizando un simulador de 'eye tracking' sin la necesidad de emplear el Tobii eye tracker 5.

Objetivo 17

Fecha: 20/05/2024 - 27/05/2024

Issues:

- Diseño de experimento sencillo en PsychoPy para comprender el uso de elementos básicos.

Objetivo 18

Fecha: 27/05/2024 - 03/06/2024

Issues:

- Diseño de la parte gráfica de un experimento de PsychoPy que sea lo más similar posible a la actividad de *Mindful Meditation* de Emotiv Labs.

Objetivo 19

Fecha: 03/06/2024 - 10/06/2024

Issues:

- Búsqueda e investigación de algún repositorio de GitHub que contenga información relacionada con PsychoPy y Emotiv (concretamente el dispositivo MN8), bien sean características u otros experimentos realizados con ellos.

Objetivo 20

Fecha: 10/06/2024 - 17/06/2024

Issues:

- Añadir el *EEG recording* al experimento de PsychoPy creado, similar al 'Mindful Meditation' de Emotiv Labs.

Objetivo 21

Fecha: 17/06/2024 - 24/06/2024

Issues:

- Compartir con el tutor el manual de instalación de PsychoPy realizado por mi para instalar esta aplicación en el ordenador del laboratorio.
- Realizar un prototipo de la presentación del trabajo con toda la información recopilada hasta el momento.

Objetivo 22

Fecha: 24/06/2024 - 02/07/2024

Issues:

- Investigar cómo funciona PsychoPy en cuanto a Python, es decir, si es necesario tener instalado algún entorno para realizar experimentos a parte de PsychoPy o no.
- Investigar sobre los casos de uso que tiene PsychoPy, tratando de documentarlo en los anexos del proyecto.

Objetivo 23

Fecha: 02/07/2024 - 05/07/2024

Issues:

- Buscar en distintos foros sobre el error obtenido en el experimento con el MN8 para tratar de solucionarlo.

Objetivo 24

Fecha: 05/07/2024 - 08/07/2024

Issues:

- Realizar el experimento que ha dado errores, pero en lugar de hacerlo con el PsychoPy Coder, se tratará de conseguir resultados adecuados con el PsychoPy Builder.

Planificación económica

En la planificación económica del proyecto, se analizan los costes de hardware, software y de personal de manera individual y después se calculará el coste total. Hay que tener en cuenta que los distintos precios se han obtenido en junio de 2024, ya que en el futuro pueden existir variaciones de estos.

Costes de hardware

Para este proyecto se han empleado 2 dispositivos de hardware: un ordenador portátil y el dispositivo Emotiv MN8 [EMOTIV, 2024]¹. Para calcular los costes amortizados, se ha tenido en cuenta la duración del proyecto que ha sido de 7 meses, representando estos costes en la tabla A.1:

Dispositivo	Costes	Amortización
Ordenador portátil	600€	85,71€
Dispositivo MN8	373€	53,28€
Total	972€	138,85€

Tabla A.1: Costes de dispositivos hardware.

Costes de software

Para los costes de software, hay que tener en cuenta las licencias empleadas. Para ello, en mi ordenador personal he utilizado la versión gratuita de EmotivPRO y en el laboratorio se ha empleado la licencia Estandar, observando su precio en la tabla .

Software	Costes
EmotivPRO Standard	139€/mes
Costes 7 meses	975€

Tabla A.2: Tabla con costes de software.

Costes de personal

Para calcular los costes de personal se ha utilizado el salario de un ingeniero biomédico [Sue, 2024]², por su similitud con el grado estudiado, el valor de IRPF [Sociales, 2024]³ y el porcentaje de la seguridad social [Alejandro, 2024]⁴. Estos costes se pueden ver en la tabla A.3.

¹Página web de la tienda de Emotiv con todos los artículos de su catálogo y sus precios correspondientes [EMOTIV, 2024].

²Página que proporciona información sobre los sueldos de diferentes profesiones [Sue, 2024].

³Página de Bankinter que contiene información de los tramos de IRPF de todas las comunidades autónomas [Sociales, 2024].

⁴Página que contiene los porcentajes de cotización a la Seguridad Social del trabajador y empresa [Alejandro, 2024].

Criterio	Costes
Salario bruto mensual	2727€
IRPF	18,50 %
Seguridad Social	6,47 %
Salario neto mensual	2.046,07€
Costes 7 meses	14.322,5€

Tabla A.3: Tabla con costes personales.

Coste total

Por lo tanto, el coste total del proyecto viene representado en la tabla [A.4](#).

Criterio	Costes
Costes de hardware	138.85€
Costes de software	975€
Costes de personal	14.322,5€
Coste total	15.436,35€

Tabla A.4: Tabla con el coste total.

Viabilidad legal

Para la viabilidad legal, hay que tener en cuenta que el dispositivo tiene que ser completamente seguro sin afectar negativamente al usuario, así como sus datos personales. Para ello, existen legislaciones que hay que cumplir para conseguir un dispositivo seguro y regulado.

- Ley 24/2015 [[Ley, 2018a](#)], Ley de Patentes, dónde se regula todo lo relacionado con la protección de invenciones empleando patentes, desde el registro de las patentes, invenciones patentables, el derecho a la patente y los procedimientos para pedir una patente.
- Real Decreto Legislativo 1/1996 [[Ley, 2022](#)] relativo Ley de Propiedad Intelectual que regulariza la protección del derecho de autor y de derechos similares.
- Los productos sanitarios se rigen por la Agencia española de medicamentos y productos sanitarios (AEMPS) [[Leg, 2024](#)]. En este proyecto nos interesan especialmente el Real Decreto 1591/2009 [[Ley, 2009](#)] que

regula todo lo relativo a los productos sanitarios, desde su desarrollo a su venta, y el Real Decreto 437/2002[Ley, 2002] establece las pautas para la concesión de licencias de fabricación y desarrollo de productos sanitarios.

- Durante el desarrollo del producto se deberá cumplir con la normativa laboral española [Ley, 2024], que incluye leyes y reglamentos como pueden ser el Estatuto de los Trabajadores, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales o la Ley de Igualdad.
- Ley Orgánica 3/2018 [Ley, 2018b] de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Para poder proteger cualquier información que identifique a una persona, de forma confidencial. Además, el usuario debe estar correctamente informado del tratamiento de sus datos, además el acceso al tratamiento de sus datos debe ser claro y accesible. El usuario tendrá derecho al acceso de sus datos, derecho de rectificación y supresión de sus datos, derecho a la limitación del tratamiento de sus datos, derecho a la portabilidad de sus datos y el derecho a oponerse al tratamiento de sus datos. Por todo ello el tratamiento de sus datos debe ser tras la confirmación clara del consentimiento informado del tratamiento de sus datos.

En cuanto al dispositivo Emotiv, no hay ninguna ley relacionada, pero sí que hay información sobre dispositivos EEG. Existen dos artículos que tratan la reciente legislación en el estado de Colorado y Estados Unidos, que protege la privacidad de las ondas cerebrales humanas. Esta legislación, conocida como HB-1054, es la primera de su tipo en Estados Unidos y tiene como objetivo proteger los neuroderechos de las personas.

El artículo de MVS Noticias destaca que la ley fue aprobada con una mayoría aplastante en la Cámara de Representantes de Colorado y por unanimidad en el Senado del estado. La ley amplía la definición de "datos sensibles" para incluir datos biológicos y "neuronales" generados por el cerebro, la médula espinal y la red de nervios que transmiten mensajes por todo el cuerpo. ⁵

Por otro lado, el artículo de Confilegal enfatiza que esta legislación es un hito en el campo de la privacidad de datos y la neurotecnología. ⁶

⁵Artículo que aprueba la primera ley del mundo en Colorado que protege la privacidad de las ondas cerebrales humanas[Berbell, 2024].

⁶Artículo sobre la cultura de privacidad ante brechas de seguridad [Judel, 2021].

Señala que la ley apunta a la neurotecnología utilizada por los consumidores y cubre un vacío en la ley federal de salud, que protege los datos personales sensibles recopilados por dispositivos médicos en ámbitos clínicos, pero es menos estricta con los datos generados por productos neurotecnológicos de consumo.⁷

Ambos artículos destacan la importancia de esta nueva legislación en la protección de los neuroderechos y la privacidad de las ondas cerebrales humanas, ya que podría sentar un precedente para futuras leyes en otros estados y países.

⁷Artículo en el que la EU aprueba ley para la protección de datos del cerebro humano[Hernández, 2024].

Apéndice B

Documentación de usuario

B.1. Requisitos software y hardware para ejecutar el proyecto.

Requisitos de software

Para utilizar la aplicación de Emotiv, se requieren los siguientes requisitos de software:

- **Emotiv Launcher.** Es necesario tener instalado Emotiv Launcher en el ordenador, el cuál permite descargar todas las aplicaciones de Emoti. En el caso de estas aplicaciones, es necesaria la continua actualización a las versiones más recientes ya que en su defecto, la aplicación no funciona de una manera correcta.
- **Sistema Operativo.** Emotiv Launcher es compatible con sistemas operativos Windows y Mac.
- **Java.** Para Windows, se requiere la versión de software Java 1.6.0_17 o superior. Para Mac, se necesita Java SE 6 o superior.
- **PsychoPy.** Requerido para la realización y programación de los experimentos que se desean utilizar. Para este proyecto, se ha empleado la versión 'PsychoPy 2024.1.1'.

Software	Descripción
EMOTIV Launcher	Debe ser continuamente actualizado a las versiones más recientes.
Sistema Operativo	Compatible con Windows y Mac.
Java	Windows: versión 1.6.0_17 o superior. Mac: Java SE 6 o superior.
PsychoPy	Versión: 'PsychoPy 2024.1.1'.

Tabla B.1: Requisitos de software.

Requisitos de hardware

Para el desarrollo de este proyecto, el dispositivo MN8 de Emotiv es una herramienta esencial, ya que es necesaria para la captura de señales cerebrales en las distintas actividades. Además, con este dispositivo vienen incluidas 3 pares de almohadillas de distintos tamaños (S, M, y L), 2 pares de sensores (planos y con filamentos) y un adaptador Bluetooth 5.0.

Hay que destacar que para el correcto funcionamiento del dispositivo MN8, es imprescindible el uso de un adaptador Bluetooth 5.0. Este dispositivo es crucial para establecer una conexión efectiva con el ordenador. Su uso no solo facilita una conexión óptima, sino que también garantiza una transmisión de datos eficiente y a alta velocidad desde el dispositivo MN8 al ordenador. Esta transmisión de datos eficaz permite que la información recopilada se pueda visualizar y graficar adecuadamente.

Hardware	Descripción
Conexión inicial del dispositivo MN8	El dispositivo se conectaba, pero la calidad de la señal era del 0%. No había comunicación efectiva entre el dispositivo y el ordenador.
Cambio de sensores	Se cambió a sensores con 3 'filamentos', aumentando la superficie de contacto.
Post cambio de sensores	La calidad de la conexión entre el dispositivo MN8 y el ordenador mejoró significativamente, pasando de un 0% a un 100%. Se permitió una comunicación efectiva entre el dispositivo y el ordenador, facilitando la realización de las tareas necesarias.

Tabla B.2: Requisitos de hardware.

B.2. Instalación / Puesta en marcha

Emotiv

Para utilizar el dispositivo MN8 - 2 Channel EEG Earbuds, es imprescindible la instalación de la aplicación 'Contour'. Esta aplicación permite la vinculación con el dispositivo y la recepción en tiempo real de información sobre la actividad cerebral durante la realización de diversas actividades. Para descargar e instalar esta aplicación será necesario:

1. Acceder a la página oficial de Emotiv y dirigirse al apartado dentro de 'Headsets' de MN8 – 2 Channel Wireless EEG Earbuds, pudiéndose observar esta sección en rosa en la imagen [B.1](#).

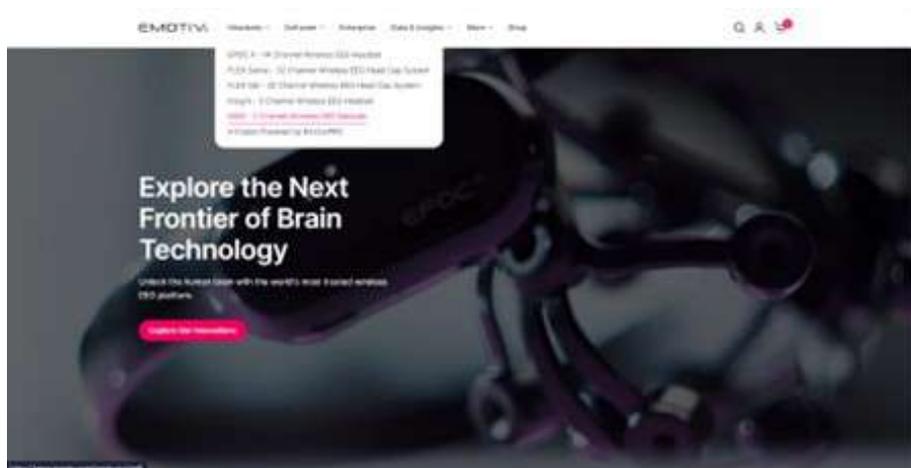


Figura B.1: Inicio de la página web de Emotiv.

2. Desplazarse hasta el apartado 'Meet Contour' y descargar la aplicación correspondiente a su sistema operativo (macOS, Windows 10, Android 7.0 o iOS 13), que aparecen en la parte inferior de la imagen [B.2](#).

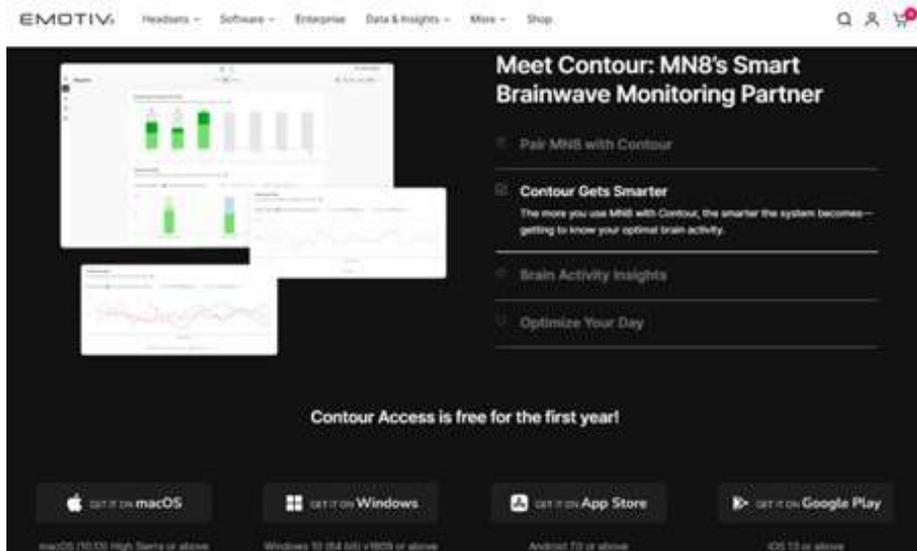


Figura B.2: Apartado de Emotiv para descargar Contour.

3. Una vez descargado el instalador, al abrirlo se abrirá la ventana de inicio de la imagen B.3 y después de pulsar 'Siguiente >', hay seleccionar la ruta del directorio donde desea que se instale la aplicación y se almacenen los datos de esta, al igual que se puede ver en la imagen B.4.

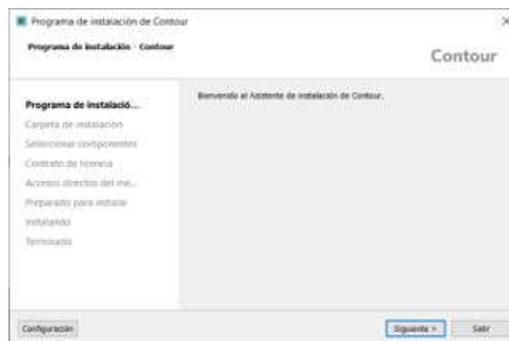


Figura B.3: Ventana de inicio del instalador de Contour.

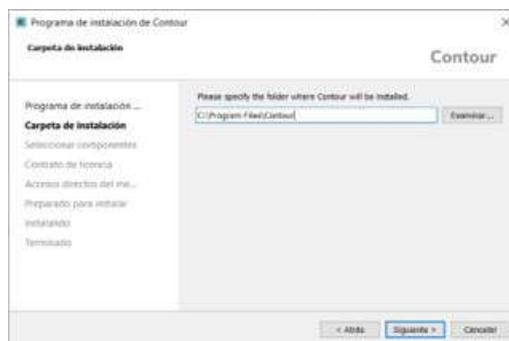


Figura B.4: Ventana de selección de carpeta para la instalación.

4. Tras la instalación del programa, hay que abrirlo y aparecerá una ventana como la de la imagen B.5, en la que hay que iniciar sesión con la cuenta de Emotiv con las credenciales correspondientes al usuario.

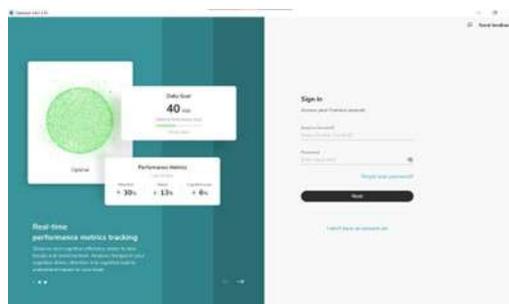


Figura B.5: Ventana de inicio de sesión con cuenta de Emotiv.

5. A continuación, se selecciona la fecha de nacimiento (mes y año) como en la imagen B.6, género como en la B.7, ocupación como en B.8 y país como en la B.9. Cuando estos pasos hayan sido completados, se puede seleccionar el dispositivo MN8 - 2 Channel EEG Earbuds una vez que haya sido emparejado y conectado con el ordenador.

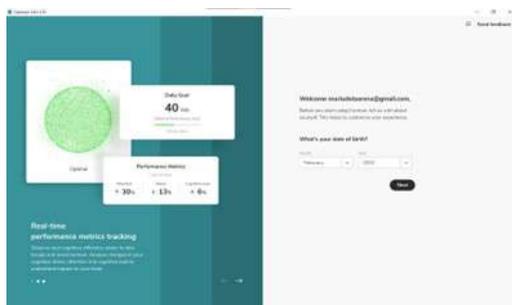


Figura B.6: Ventana de selección de fecha de nacimiento.

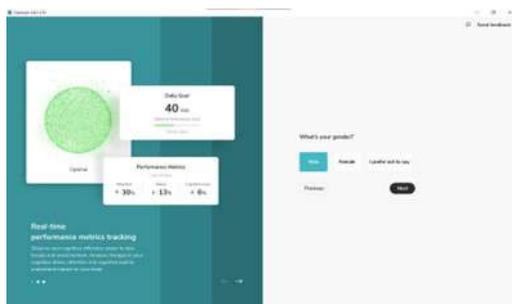


Figura B.7: Ventana de selección de género.

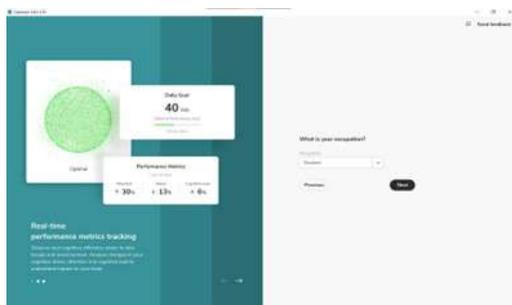


Figura B.8: Ventana de selección de oficio.

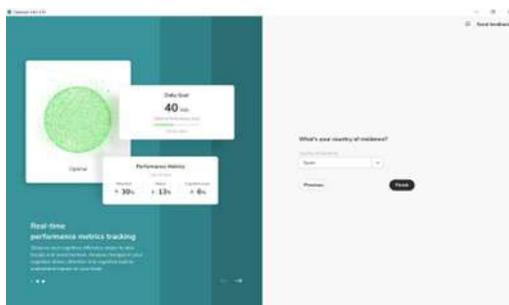


Figura B.9: Ventana de selección de país de residencia.

PsychoPy

Un programador experimentado en Python puede instalar las bibliotecas de PsychoPy y sus dependencias sin abrir la interfaz gráfica. Sin embargo, para la mayoría de los usuarios, se recomienda usar las vistas Builder o Coder para crear experimentos [PsychoPy, 2019].¹

Para la instalación habitual de PsychoPy lo primero que hay que hacer es acceder a su página web oficial, mostrada en la imagen B.10. Hay que tener en cuenta, que la instalación realizada en mi ordenador personal ha durado entre 10 y 15 minutos aproximadamente.

¹Guía de instalación del programa PsychoPy [PsychoPy, 2019].



Figura B.10: Inicio de página web oficial de PsychoPy.

Una vez dentro, hay que ir al apartado de 'Installation' que se encuentra dentro del desplegable 'Download', abriéndose la ventana de la imagen B.11.

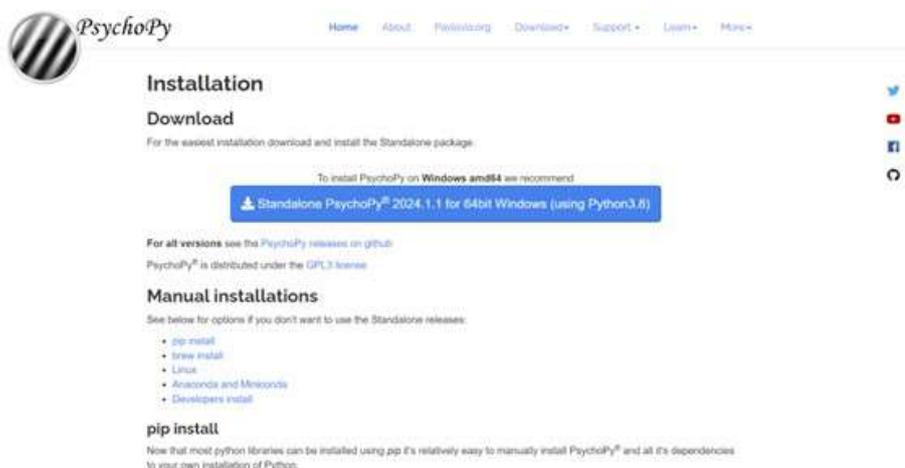


Figura B.11: Sección para descargar el instalador de PsychoPy.

Cuando se haya descargado el instalador, se ejecutará el archivo .exe para proceder a la instalación del programa en el ordenador. Para ello habrá que aceptar las condiciones y seleccionar la carpeta donde se desea que se localice el programa junto con los datos, igual que en la imagen B.12.

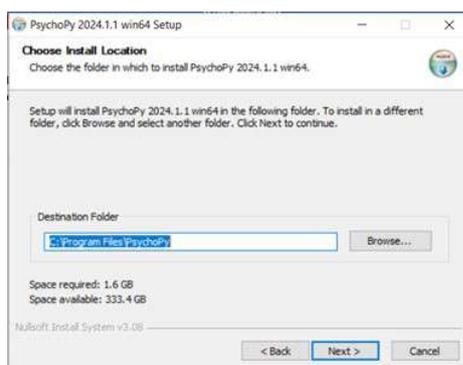


Figura B.12: Ventana de selección de ruta de instalación de PsychoPy.

Para comprobar que se ha completado correctamente la instalación, se puede realizar una búsqueda en el buscador de Windows de 'PsychoPy' y si aparecen los 3 componentes (Runner, Coder y Builder) como en la imagen B.13, entonces la instalación habrá resultado exitosa.



Figura B.13: Buscador de Windows con los programas resultantes tras la instalación de PsychoPy

Una vez finalizada la instalación de todos los archivos, se podrá empezar a utilizar el programa, pero para emplear el Emotiv MN8 hay que realizar 2 pasos más: Creación del archivo .emotiv_creds e instalación del complemento Emotiv.

Creación archivo `.emotiv_creds`

Primero hay que registrar una App ID en la página web de Emotiv y para ello:

1. Primero iniciar sesión con la cuenta en `emotiv.com`.
2. Después hay que acceder a ‘My Account’ (Mi cuenta) y entrar dentro de “Cortex Apps” (Aplicaciones de Cortex).
3. Una vez dentro de esta sección, habrá que registrar PsychoPy como una nueva App ID, marcando la casilla de “My App requires EEG access” (Mi aplicación requiere acceso EEG), para poder acceder a datos EEG crudos, al igual que se hace en la imagen [B.14](#).

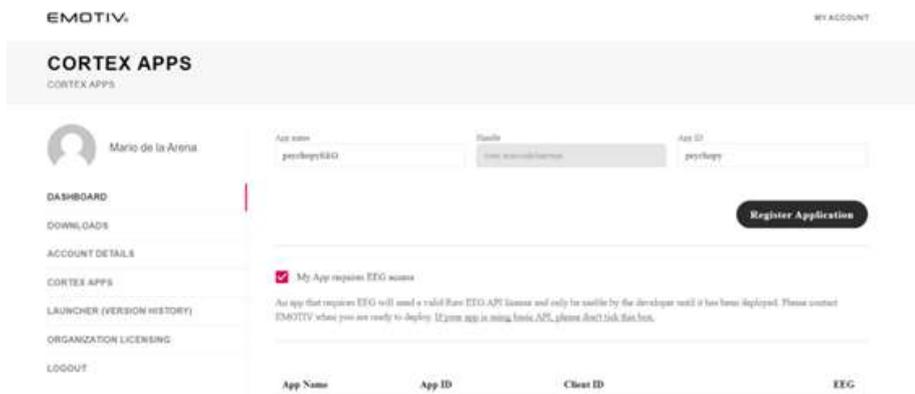


Figura B.14: Registro de PsychoPy en App ID.

4. Una vez registrada la aplicación en App ID, hay que crear el archivo `.emotiv-creds` en el directorio de inicio (*home*), creando un archivo (bloc de notas) llamado `.emotiv-creds`. Dentro del archivo, hay que agregar 2 líneas:
 - `client_id id_cliente`
 - `client_secret contraseña_cliente`

5. Sustituir de las líneas `id_cliente` por el Client ID y `contraseña_cliente` por el Client Secret obtenidos de registrar la aplicación de PsychoPy y guardar el archivo eliminando la extensión `.txt` para que se guarde como un archivo 'EMOTIV-CREDS'.

Una vez realizados todos los pasos anteriores, la cuenta de Emotiv quedaría sincronizada con la aplicación de PsychoPy para poder permitir el uso del dispositivo MN8.

Instalación complemento Emotiv.

Una vez sincronizada la cuenta de Emotiv con PsychoPy, se podrá ejecutar la aplicación y se abrirán 3 ventanas:

- Ventana de PsychoPy Runner.
- Ventana de PsychoPy Coder.
- Ventana de PsychoPy Builder.

Si se quisiese utilizar el dispositivo de grabación de EEG en el archivo de PsychoPy Builder, primero habría que descargar los componentes y para ello: primero hay que pulsar en 'Obtener más...' en la parte derecha dentro de 'Components'. Una vez pulsado, se abrirá otra ventana con diferentes componentes que se pueden instalar para poder ser utilizados en esta aplicación; en este caso, el complemento que hay que instalar es el de Emotiv EEG llamado `psychopy-emotiv`, que se puede observar en la imagen [B.15](#).

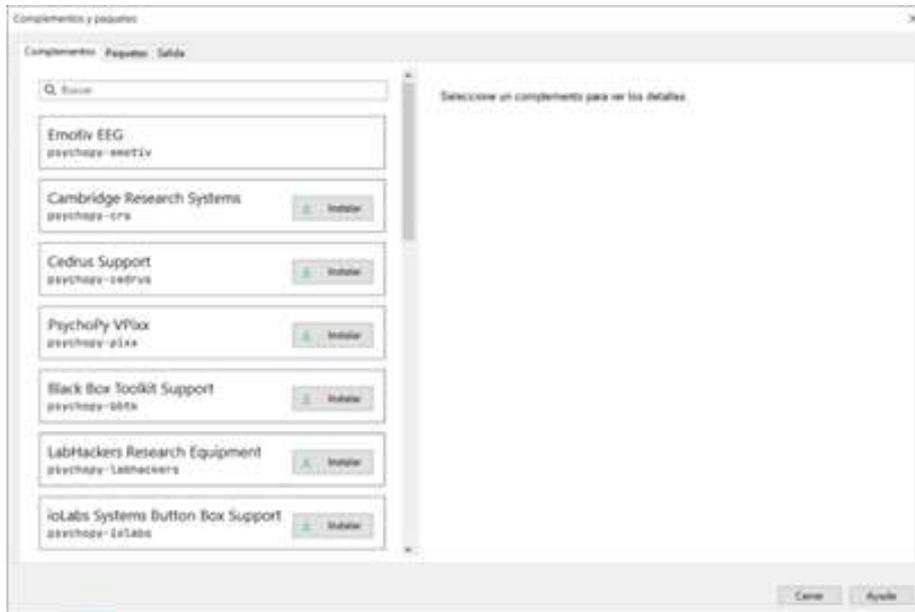


Figura B.15: Ventana de complementos de PsychoPy.

Una vez instalado adecuadamente el complemento de Emotiv, aparecerá una nueva sección dentro de 'Components' llamada EEG, como en la imagen B.16, que contendrá distintas herramientas de Emotiv que se pueden emplear en diversos experimentos para implementar la grabación del EEG del usuario.



Figura B.16: Sección de EEG de 'Components'.

En caso de que se quiera programar con código en vez de bloques, se puede emplear la herramienta de PsychoPy Coder, la cual permite crear archivos .py mediante la escritura de código. Por lo tanto, habría que importar manualmente con una línea de código los complementos que se desean utilizar, siendo el psychopy-emotiv el empleado para el experimento.

También se ha investigado sobre si es necesario tener instalado algún entorno para realizar experimentos a parte de PsychoPy y lo concluido es que hay 3 formas distintas:

- Paquete Standalone [PsychoPy, 2019]²: La forma más sencilla es descargar e instalar el paquete Standalone de PsychoPy. Esto incluye todo lo necesario para ejecutar PsychoPy sin necesidad de realizar configuraciones adicionales. Se pueden programar los experimentos directamente en archivos .py utilizando el entorno proporcionado por el paquete.
- Instalación manual con pip: Se puede usar la propia instalación de Python, instalando PsychoPy y sus dependencias manualmente con pip. Para ello, hay que ejecutar el siguiente comando: `pip install psychopy`. Esto instalará PsychoPy y todas las dependencias necesarias en la versión de Python. Es necesario tener Python 3.8 o superior [Ver, 2020]³.
- Conda: Se puede instalar PsychoPy si se trabaja con el entorno Conda. Hay que tener en cuenta que requiere una configuración adicional [psy, 2024]⁴.

Por lo tanto, se puede programar cualquier tipo de experimento en archivos .py después de instalar PsychoPy, ya sea utilizando el paquete Standalone, instalándolo manualmente con pip o a través de Conda.

B.3. Manuales y/o Demostraciones prácticas

Para la ejecución del experimento creado hay que:

²Página oficial de PsychoPy con el instalador [PsychoPy, 2019].

³Foro de PsychoPy con las versiones compatibles con la instalación en Python [Ver, 2020].

⁴Página web que incluye el manual de instalación de via Conda, que incluye un vídeo con este proceso[psy, 2024].

- Primero, realizar la instalación de la aplicación de PsychoPy, la cual ha sido explicada previamente en este anexo.
- Una vez esté la aplicación instalada en el ordenador, descargar del USB de la entrega, el archivo 'ExperimentoMeditacion.psyexp' de la carpeta 'experimento' que contiene el experimento junto con el archivo de vídeo que contiene el audio y subtítulos de la sesión de meditación.
- Después, conectar el dispositivo MN8 con el ordenador para emplearlo durante el experimento para grabar el EEG. Una vez conectado correctamente, abrir el archivo con PsychoPy Builder y cambiar la sección de 'Experimento' de 'Pilot' a 'Ejecutar' para que se realice una ejecución correcta del proyecto.
- Finalmente, una vez abierto el experimento, seguir las instrucciones que aparecen por pantalla. Si cuando se ha terminado el experimento se desean procesar los datos, hay que abrir la aplicación de EmotivPRO y seleccionar la grabación correspondiente con la actividad realizada.

Si se desea ver la interfaz del experimento, se pueden observar capturas del prototipo de interfaz en el anexo 'F_requisitos.tex', concretamente en la sección 'F.3 Prototipos de interfaz o interacción con el proyecto.'

Apéndice C

Manual del desarrollador.

C.1. Estructura de directorios

El repositorio de GitHub al cual se puede acceder con el siguiente enlace https://github.com/mariodelarena/TFG_MariodelaArena_GIS_2023-2024, contiene los siguientes documentos y directorios:

- **experimento**: carpeta que contiene el archivo con formato .psyexp con todo el experimento realizado en PsychoPy Builder, por lo que habrá que ejecutarlo con la aplicación de PsychoPy, cuya instalación se encuentra en el anexo B con la información del manual de usuario. Idealmente debería de incluir también el video de la sesión de meditación con el audio en inglés y los subtítulos en español, pero es un archivo demasiado grande (> 25 Mb a pesar de que se comprima), por lo que se podrá descargar del pendrive entregado.
- **img**: carpeta que contiene todas las imágenes que se han utilizado para el desarrollo del proyecto.
- **memoria_PDF**: carpeta que contiene 2 archivos:
 - AnexosTFG_MariodelaArena.pdf: archivo pdf que contiene la memoria completa del TFG.
 - MemoriaTFG_MariodelaArena.pdf: archivo pdf que contiene todos los anexos completos del TFG.
- **pruebas_adicionales**: carpeta que contiene 4 archivos:

- ExperimentoSencillo1.py: archivo .py con la realización de un experimento muy sencillo creado en PsychoPy Coder.
 - ExperimentoSencillo2.py: archivo .py con la realización de un experimento sencillo que incluye condiciones, creado en PsychoPy Coder.
 - ExperimentoconEEG.py: archivo .py con la realización de un experimento más complejo realizado en PsychoPy Coder que incluye el uso de los componentes de Emotiv para la grabación de EEG, pero no es efectivo ya que se produce un error que no se ha sabido resolver, por lo que el experimento se acabó diseñando en PsychoPy Builder.
 - TranscripcionMeditacionCastellano.vtt: archivo de texto que incluye la transcripción del audio en español de la sesión de meditación de Contour realizada en inglés. Con este archivo se pueden generar los subtítulos del audio en el tiempo que les corresponden.
- **tex**: carpeta que contiene todos los capítulos de la memoria y los anexos.
- **1_introduccion.tex**: documento LaTeX que contiene la información de la introducción del trabajo.
 - **2_objetivos.tex**: documento LaTeX que contiene la información de los objetivos.
 - **3_teoricos.tex**: documento LaTeX que contiene los conceptos teóricos básicos y el estado del arte.
 - **4_metodologia.tex**: documento LaTeX que contiene la información de la metodología empleada, incluyendo la descripción de los datos, técnicas y herramientas utilizadas.
 - **5_resultados.tex**: documento LaTeX que contiene los resultados obtenidos, realizando un resumen y una discusión de los principales.
 - **6_conclusiones.tex**: documento LaTeX que contiene las conclusiones del proyecto, incluyendo sus aspectos relevantes.
 - **7_lineas_futuras.tex**: documento LaTeX que contiene la información acerca de las líneas de trabajo futuras.
 - **A_planificacion.tex**: documento LaTeX que contiene información del anexo A, donde se incluye la planificación temporal, la planificación económica y la viabilidad legal del trabajo.

- **B_manual_usuario.tex**: documento LaTeX que contiene la información del anexo B que incluye los requisitos de hardware y software, la instalación, puesta en marcha y manuales o demostraciones prácticas.
 - **C_manual_programador.tex**: documento LaTeX que contiene la información del anexo C que incluye la estructura de los directorios entregados, la información acerca de la ejecución del proyecto, las pruebas del sistema y las instrucciones de mejora del proyecto.
 - **D_datos.tex**: documento LaTeX que contiene la información acerca de los datos utilizados en el proyecto, realizando una descripción formal y clínica de los datos.
 - **E_diseno.tex**: documento LaTeX que contiene la información acerca del diseño del prototipo realizado, junto los planos y el diseño arquitectónico.
 - **F_requisitos.tex**: documento LaTeX que contiene la información acerca de los requisitos con los casos de uso definidos.
 - **G_experimental.tex**: documento LaTeX que contiene la información acerca del estudio experimental realizado, detallando el cuaderno de trabajo, la configuración y parametrización de las técnicas y descripción de los resultados.
 - **H_ODS.tex**: documento LaTeX con una reflexión personal sobre los aspectos de la sostenibilidad del proyecto.
 - **readme.txt**: documento de información de la carpeta
- **README.md**: archivo de presentación del repositorio de GitHub [GitHub, 2024]¹.
 - **anexos.tex**: archivo LaTeX que contiene la estructura del documento pdf de los anexos.
 - **bibliografia.bib**: archivo que contiene la bibliografía de la memoria.
 - **bibliografiaAnexos.bib**: archivo que contiene la bibliografía de los anexos.
 - **memoria.tex**: archivo LaTeX que contiene la estructura del documento de la memoria.

¹Repositorio de GitHub del proyecto [GitHub, 2024].

C.2. Compilación, instalación y ejecución del proyecto

Para compilar y ejecutar el proyecto es necesario:

1. Registrar una cuenta en la página de Emotiv e instalar la aplicación de Emotiv Launcher.
2. Una vez realizado el registro en Emotiv, hay que instalar PsychoPy. Cuando se haya instalado la aplicación, hay que asociar el App ID de Emotiv con PsychoPy empleando el archivo `.emotiv-creds`.
3. Finalmente, descargar el archivo del repositorio de GitHub que contiene los bloques del experimento realizado, el cual se encuentra dentro de la carpeta de 'experimento'. También hay que descargar el archivo de vídeo que contiene la sesión de meditación con subtítulos en español, pero no cabe en el repositorio por lo que se encuentra adjunto en el pendrive de entrega del proyecto. Una vez descargados ambos, hay cargarlos en PsychoPy Builder y ejecutarlo.

C.3. Instrucciones para la modificación o mejora del proyecto.

Este proyecto se trata de un material muy novedoso, por lo que se podrán realizar diversas modificaciones para mejorarlo en futuras ediciones, desde añadir algún componente a las actividades hasta crear una base de datos que permita almacenar los datos obtenidos de manera anonimizada.

Con el objetivo de mejorar el proyecto, algunas de las mejoras que se proponen son:

- Solucionar el problema de conexión entre el experimento creado en la aplicación de PsychoPy y el dispositivo MN8 utilizado.
- Creación de nuevos experimentos o actividades para proporcionar al usuario un abanico más amplio de opciones, haciendo que los estudios no sean tan repetitivos.
- Al igual que se puede añadir nuevas actividades, también se puede aumentar la variabilidad de estímulos, variando la duración y el orden de los estímulos para evitar efectos de habituación del usuario.

- Añadir una calibración personalizada para cada usuario, lo que permitirá adaptar los umbrales de detección de estrés y concentración según las características individuales.
- Añadir algún dispositivo que permita registrar otros parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal o el seguimiento ocular. Esto proporcionará una visión más completa de la respuesta del usuario.
- Validación con otros métodos y para ello, hay que comparar los resultados obtenidos con el Emotiv MN8 con otros métodos de medición, como pueden ser cuestionarios o evaluaciones psicométricas, fortaleciendo la validez de tus hallazgos.
- Incorporar la carga cognitiva real y para ello, hay que crear tareas que generen una carga cognitiva real (por ejemplo, tareas de multitarea o decisiones bajo presión), lo que proporcionará una comprensión más profunda de cómo afecta la carga cognitiva al usuario.
- Implementación de una base de datos que permita el almacenamiento de todos los datos recopilados por el dispositivo Emotiv MN8 de manera anonimizada. Esta base de datos permitirá un acceso, gestión y modificación de datos de una manera más simple y sencilla.

Por lo tanto, a pesar del trabajo realizado, siempre se pueden introducir modificaciones o mejoras con el fin de hacer el proyecto lo más completo y con la menor cantidad de errores posible.

Apéndice *D*

Descripción de adquisición y tratamiento de datos

Para la adquisición de datos se emplea la aplicación de EmotivPRO. Esta aplicación es una plataforma de software proporcionada por Emotiv que permite importar y exportar datos relacionados con la actividad cerebral. Gracias a esta plataforma, se puede gestionar y analizar los datos recopilados de manera sencilla. Permite tanto importar datos de sesiones previamente realizadas, o bien, también se pueden exportar los datos que ya han sido analizados, habitualmente se emplean los formatos de CSV, Excel o JSON.

En el caso de este proyecto, se ha empleado también la aplicación de PsychoPy, la cual utiliza componentes de Emotiv, concretamente de EmotivPRO, para grabar los datos EEG directamente desde el dispositivo MN8. Además, permite almacenar respuestas subjetivas de los participantes (por ejemplo, evaluaciones de estímulos) junto con los datos EEG.

D.1. Descripción formal de los datos

Durante este proyecto se ha estado trabajando con la versión Lite de EmotivPRO, la cual no permite que se importen o exporten datos, pudiendo verlo en la imagen [D.1](#). Por ello, en el futuro si se desea desarrollar otros experimentos o actividades, hay que tener en cuenta el uso de otra versión que sí permita el tratamiento de los datos, como puede ser la licencia Standard u otras mencionadas previamente en el capítulo de metodología.

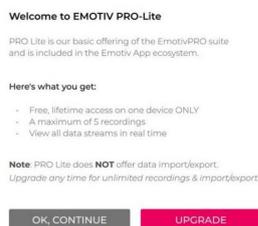


Figura D.1: Ventana con limitación en el tratamiento de datos de la licencia Lite.

D.2. Descripción clínica de los datos.

Con la aplicación de EmotivPRO, se pueden visualizar los EEG crudos de los 2 canales registrados por el MN8, pudiendo ver su representación en la imagen D.2. Además, permite modificar la amplitud para una visualización adecuada y se pueden grabar estos EEG y se almacenan en la sección de *SESSIONS*. Como se ha mencionado antes, se ha utilizado la licencia gratuita, por lo que únicamente es posible realizar 5 grabaciones de estos datos. En caso de querer realizar un proyecto más completo y profundo, será necesario pagar por alguna de las licencias.

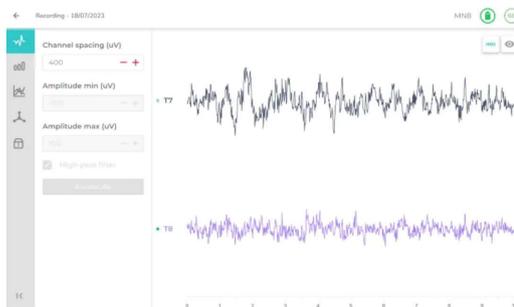


Figura D.2: EEG crudo obtenido de la página web de Emotiv.

Una vez realizadas las grabaciones, se pueden exportar en 2 tipos de formato, en EDF o bien en CSV. Tras la exportación, cuando se abra el archivo, aparecerán varias columnas con distintos valores, las cuales se pueden dividir, siguiendo la distribución realizada en el TFG de Elena Pérez Barco, en:

- EEG y marcadores (*EEG and markers*).
- Movimiento (*Motion*).
- Calidad de contacto (*Contact quality*).
- Calidad de EEG (*EEG quality*).
- Métricas de rendimiento (*Performance metrics*).
- Comandos mentales (*Mental commands*).
- Expresiones faciales (*Facial expressions*).
- Banda de frecuencia (*Frequency band*).

Apéndice *E*

Manual de especificación de diseño

Para realizar este proyecto no se requieren planos, por lo que a continuación se detallará el diseño y características técnicas del dispositivo Emotiv MN8.

El Emotiv MN8 empleado en el proyecto es un par de auriculares con tecnología EEG creado por la empresa de Emotiv. Estos auriculares cuentan con sensores EEG integrados de 2 canales que capturan datos cerebrales mientras se realizan diversas actividades. Además, ofrecen hasta 6 horas de autonomía con una sola carga, tecnología de sensor de movimiento para un seguimiento preciso, audio de alta calidad, micrófono integrado y comodidad discreta. Los auriculares son compactos y elegantes, diseñados para que puedan adaptarse cómodamente. En la imagen [E.1](#), se puede ver la caja en la que viene el dispositivo la cual contiene:

- Dispositivo MN8.
- Adaptador Bluetooth 5.0.
- Cable de carga.
- Recambios de almohadillas y sensores.
- Breve manual de puesta en marcha del dispositivo.



Figura E.1: Caja del dispositivo MN8.

Apéndice *F*

Especificación de Requisitos

F.1. Diagrama de casos de uso

En la imagen F.1 se observa el diagrama de casos de uso de la aplicación.

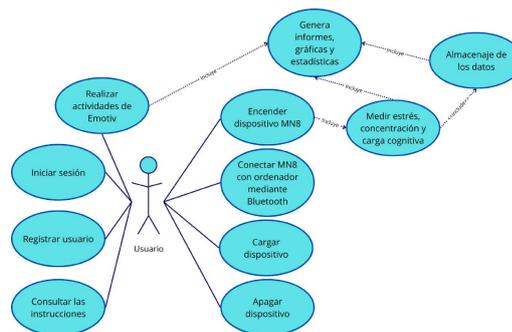


Figura F.1: Diagrama de casos de uso. Fuente propia.

F.2. Explicación casos de uso.

En las siguientes tablas se muestra la descripción de los casos:

CU-1	Encender dispositivo
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-02, RF-03
Descripción	Puesta en marcha del dispositivo MN8.
Precondición	Es necesario que el dispositivo esté apagado y cargado para poder encenderlo.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar el dispositivo en las orejas, como se indica en las instrucciones. 2. Mantener pulsado el botón de encendido/apagado durante 3 segundos.
Postcondición	La luz LED se encenderá de color azul y se escuchará por los auriculares 'Power On'
Excepciones	Si no tiene batería, el dispositivo no se encenderá.
Importancia	Alta

Tabla F.1: CU-1 Encender dispositivo.

CU-2	Apagar dispositivo
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01
Descripción	Apagado del dispositivo.
Precondición	Es necesario que el dispositivo esté encendido para poder apagarlo.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantener pulsado el botón de encendido/apagado durante 3 segundos. 2. El usuario se puede quitar el dispositivo.
Postcondición	La luz LED se apagará y se escuchará a través de los auriculares 'Power Off'
Excepciones	Excepciones
Importancia	Alta

Tabla F.2: CU-2 Apagar dispositivo.

CU-3	Cargar dispositivo
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-02
Descripción	Carga de la batería del MN8 utilizando el cable de carga que viene incluido con el dispositivo.
Precondición	El dispositivo tiene que estar apagado para poder realizar la carga adecuadamente.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar el dispositivo. 2. Conectar el cable a la corriente y en la ranura de carga del MN8, concretamente localizado en el auricular izquierdo.
Postcondición	Se encenderá una luz LED de color rojo y cuando llegue al 100 % de carga, se volverá color verde
Excepciones	No se podrá realizar la carga cuando se esté utilizando o bien la carga ya esté al 100 %.
Importancia	Alta

Tabla F.3: CU-3 Cargar dispositivo.

CU-4	Conectar dispositivo via Bluetooth
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-03
Descripción	Conexión del dispositivo MN8 con el ordenador a través de Bluetooth y un adaptador.
Precondición	Haber encendido previamente el dispositivo.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mientras el dispositivo está apagado, mantener pulsado el botón de encendido durante 5 segundos. 2. Seleccionar el dispositivo MN8 en la sección de dispositivos Bluetooth.
Postcondición	Parpadeo de la luz LED en azul y rojo y además se escuchará a través de los auriculares 'Pairing'. Una vez conectado correctamente se escuchará 'Device is connected'
Excepciones	No se realiza correctamente la conexión y solo se conecta audio pero no la música
Importancia	Alta

Tabla F.4: CU-4 Conectar dispositivo via Bluetooth.

CU-5	Registrar usuario
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-05
Descripción	Creación de una cuenta de Emotiv por parte del usuario con el objetivo de recopilar los datos recopilados por el MN8.
Precondición	Tener un correo electrónico para poder asociarlo con la cuenta de Emotiv.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrar en la página web de Emotiv. 2. Pulsar en el icono de perfil y pulsar en registrarse. 3. Añadir correo y crear contraseña en los campos correspondientes.
Postcondición	Una vez creada la cuenta se debería iniciar sesión con esa cuenta sin problema
Excepciones	Que ya exista una cuenta con el mismo correo, o bien el correo o contraseña introducidos son incorrectos.
Importancia	Alta

Tabla F.5: CU-5 Registrar usuario en Emotiv.

CU-6	Iniciar sesión Emotiv
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-05
Descripción	El usuario inicia sesión en la aplicación para poder acceder a sus datos, informes y ejercicios.
Precondición	Haber registrado previamente un correo con una cuenta de Emotiv.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir la aplicación de Emotiv Launcher. 2. Insertar las credenciales de la cuenta en los campos correspondientes y así iniciar sesión con la cuenta previamente creada.
Postcondición	Se abrirá la ventana de Emotiv Launcher, donde se podrá seleccionar el dispositivo de Emotiv que se desea conectar y abrir alguna de las aplicaciones para trabajar con ella
Excepciones	Introducir incorrectamente el usuario o contraseña.
Importancia	Alta

Tabla F.6: CU-6 Iniciar sesión de Emotiv.

CU-7	Medir parámetros EEG
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-04, RF-05, RF-06
Descripción	Una vez el dispositivo esté encendido, se realiza la monitorización de la concentración, estrés y carga cognitiva, almacenando estos datos en tiempo real.
Precondición	Haber iniciado sesión correctamente en Emotiv Launcher
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir la aplicación de EmotivPRO. 2. En la sección de <i>'Raw Data'</i> se pueden ver los valores de los canales representados por gráficas.
Postcondición	Se deberá de ver las gráficas y valores de manera adecuada sin interrupciones
Excepciones	No tener bien colocado el MN8 haría que los datos obtenidos sean incorrectos.
Importancia	Alta

Tabla F.7: CU-7 Medir parámetros EEG.

CU-8	Almacenar datos EEG
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-04, RF-05, RF-06, RF-07
Descripción	Una vez realizado de forma correcta el inicio de sesión y la visualización de los parámetros, se podrán realizar grabaciones de estos valores, permitiendo procesar los datos y trabajar con ellos en alguno de los formatos disponibles
Precondición	Es necesario ejecutar la aplicación de EmotivPRO y visualizar correctamente las gráficas de los EEG crudos.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar sobre la grabación de datos de EEG que desea exportar. 2. Pulsar sobre la nube de la grabación seleccionada para abrir una pantalla con las diferentes opciones de exportación de datos. 3. Seleccionar el formato de archivo en el que deseas descargar los datos, pudiendo elegir entre CSV, TXT o EDF. 4. Especifica la ubicación donde deseas guardar el archivo de datos descargado. 5. Pulsar en el botón de descarga o exportación para iniciar el proceso.
Postcondición	Se descargará un archivo del formato seleccionado en la carpeta previamente elegida.
Excepciones	Interrumpir la descarga del archivo o no tener grabaciones realizadas.
Importancia	Media

Tabla F.8: CU-8 Almacenar datos EEG.

CU-9	Generar estadísticas
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-04, RF-05, RF-06, RF-07, RF-08
Descripción	A partir de los datos recopilados del sensor, se puede realizar un informe que incluya toda la información relevante y estadísticas calculadas en función de los datos.
Precondición	Realizar las actividades de Emotiv Labs o Contour
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar las actividades de Emotiv Labs y Contour. 2. Una vez realizadas, muestra la visualización de las estadísticas y gráficas de cada actividad terminada.
Postcondición	Se podrán visualizar todas las estadísticas y gráficas relacionadas con las actividades.
Excepciones	No terminar una actividad.
Importancia	Media

Tabla F.9: CU-9 Generar estadísticas.

CU-10	Realizar actividades de Emotiv
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-04, RF-05, RF-06
Descripción	Las aplicaciones de Emotiv Labs y Contour contienen diferentes actividades que se pueden realizar mientras se monitorea el EEG del usuario, permitiendo ver el informe de cada una cuando se finaliza la actividad.
Precondición	Haber iniciado sesión en Emotiv Launcher y ejecutar la aplicación de Emotiv Labs. En el caso de Contour, hay que abrir la aplicación, iniciar sesión con la misma cuenta que Emotiv y pulsar en la sección de <i>Brain Exercises</i> , la cual solo contiene 4 ejercicios.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar sesión en Emotiv Launcher. 2. Abrir la aplicación de Emotiv Labs. 3. Seleccionar la actividad que se desea realizar. 4. En caso de realizarlo con Contour, primero hay que iniciar sesión en Contour con la cuenta de Emotiv. 5. Pulsar en la sección de <i>Brain Exercises</i> y seleccionar aquel ejercicio que se desea realizar.
Postcondición	Una vez completada la actividad, se podrán ver las estadísticas y gráficas correspondientes.
Excepciones	Ser interrumpido durante la actividad.
Importancia	Media

Tabla F.10: CU-10 Realizar actividades de Emotiv.

CU-11	Consultar instrucciones
Versión	1.0
Autor	Mario de la Arena
Requisitos asociados	RF-01, RF-02, RF-03, RF-04, RF-05, RF-06, RF-07, RF-08, RF-09, RF-10
Descripción	Se puede revisar las instrucciones de uso del dispositivo para obtener información para la puesta en marcha y poder monitorizar los parámetros cerebrales.
Precondición	Tener acceso a internet.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceder a la página web de Emotiv. 2. Seleccionar los tutoriales o instrucciones de uso que puede seguir el usuario. 3. El usuario cierra la ventana de instrucciones cuando ya no sea necesaria su consulta.
Postcondición	Postcondiciones (podría haber más de una)
Excepciones	Pérdida de conexión a internet.
Importancia	Baja

Tabla F.11: CU-11 Consultar instrucciones.

F.3. Prototipos de interfaz o interacción con el proyecto.

Para la interacción con este proyecto, se ha estudiado la integración entre los dispositivos de EEG de Emotiv y el software de diseño experimental PsychoPy. El objetivo es registrar señales cerebrales mientras los participantes interactúan con estímulos visuales o auditivos. Para lograrlo, se emplean componentes específicos en PsychoPy que permiten conectar el casco Emotiv al flujo de datos.

El prototipo de la interfaz se puede ver en las siguientes imágenes, formadas por 4 ventanas: la interfaz de la introducción F.2, la interfaz audio de meditación con los subtítulos en español F.3, la interfaz de la primera pregunta F.4 y la interfaz de la segunda F.5. Las imágenes de los prototipos de la interfaz están realizadas en el modo 'Pilot', por lo que aparecen unos bordes naranjas pero en la versión final aparecen las ventanas correctamente en pantalla completa.

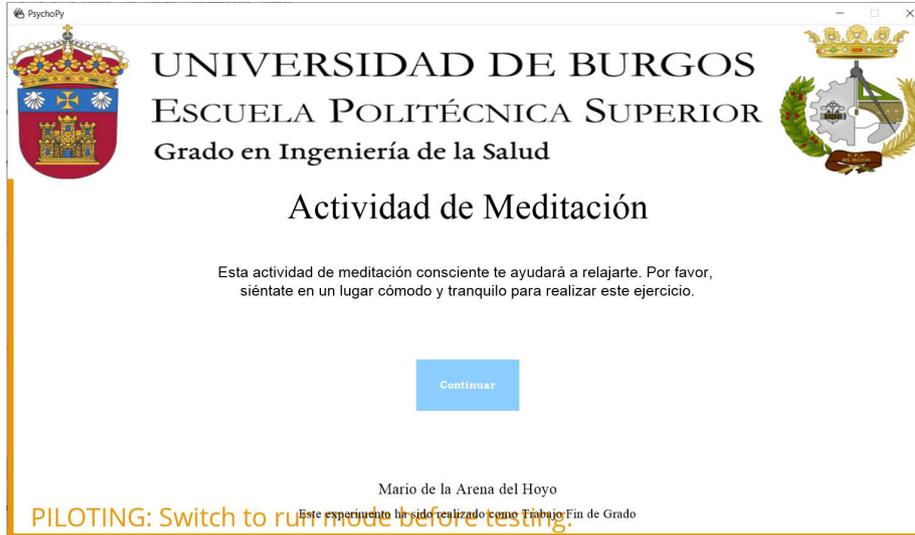


Figura F.2: Prototipo de la interfaz de la introducción. Fuente propia.

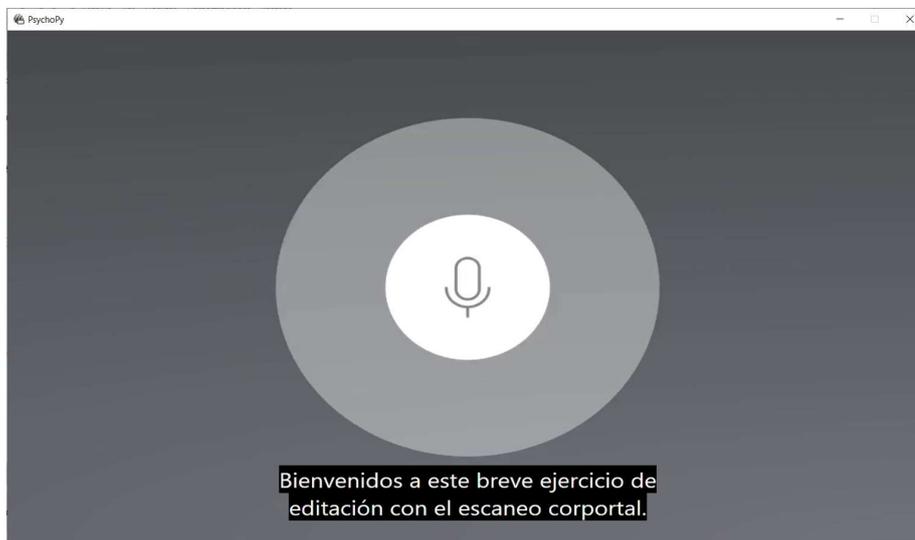


Figura F.3: Prototipo de la interfaz de la actividad de meditación. Fuente propia.

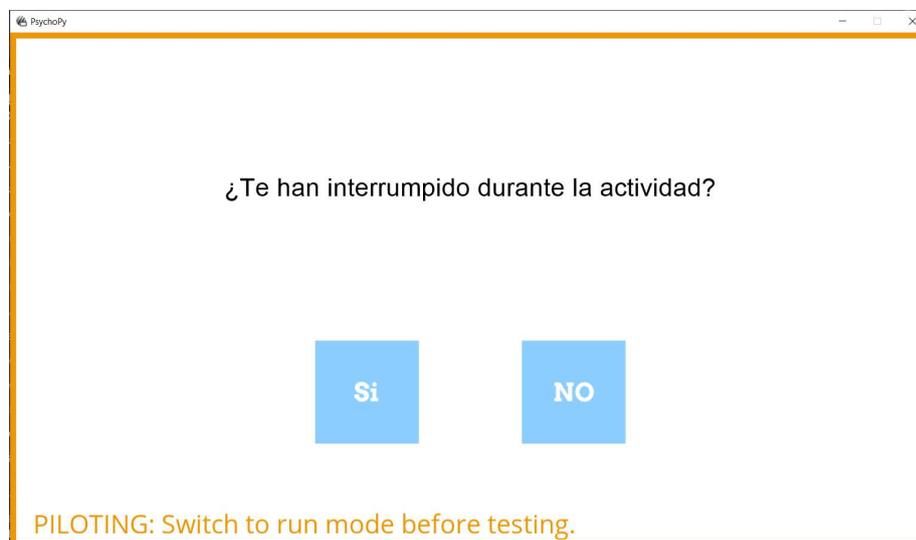


Figura F.4: Prototipo de la interfaz de la primera pregunta. Fuente propia.

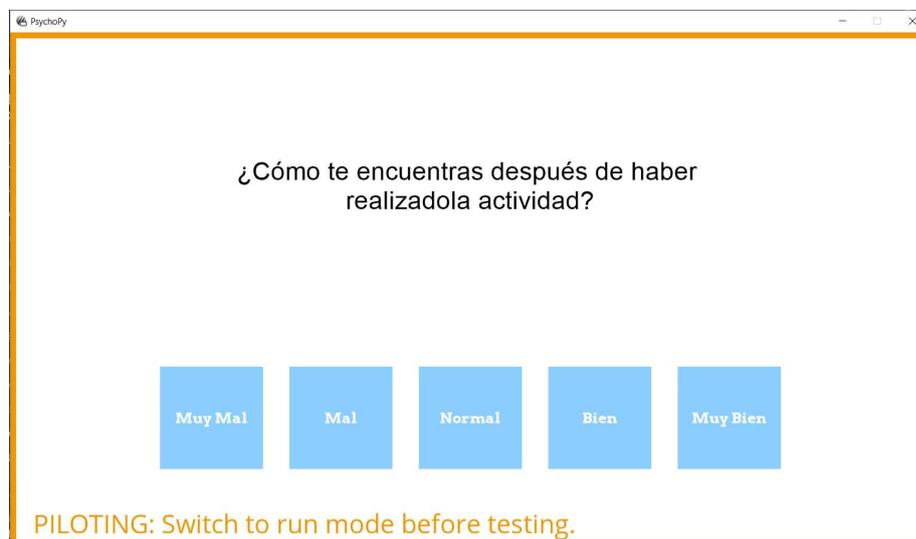


Figura F.5: Prototipo de la interfaz de la segunda pregunta. Fuente propia.

Apéndice *G*

Estudio experimental

G.1. Cuaderno de trabajo.

Para el comienzo del proyecto, realicé un proceso de investigación sobre Emotiv, concretamente sobre el dispositivo Emotiv Insight de 5 canales, así como las versiones, alcance, características, metodologías y las aplicaciones de Emotiv en las que puede ser empleado. Una vez documentada esta información, empecé a usar el dispositivo en mi casa, pero experimenté una serie de problemas, ya que el dispositivo Insight se conecta correctamente al ordenador y permite la visualización de los EEG en tiempo real. Sin embargo, tras aproximadamente un minuto, se pierde la conexión entre ambos. A pesar de los intentos de reconexión, este problema persiste y dificulta la realización de grabaciones e investigaciones. Por lo tanto, para no perder más tiempo, se decidió empezar a investigar en el dispositivo MN8 para emplearlo en lugar del Insight.

Una vez descartada la opción de usar el Emotiv Insight, el objetivo era investigar en profundidad del dispositivo MN8 para emplearlo en el proyecto. Durante esta investigación se documentó información acerca de:

- Descripción y características dispositivo MN8.
- Manual de instalación y conexión del MN8.
- Sesiones de entrenamiento y el informe realizado por Contour una vez completados los 9 días de entrenamiento.
- Comparación de MN8 con Insight y EPOCX +.

- Diferentes artículos relacionados con este dispositivo.

Después de terminar la investigación y documentación del MN8, se realizaron varias horas de pruebas con las aplicaciones que proporciona Emotiv, más concretamente enfocadas en Emotiv Labs y en Contour, obteniendo los niveles de concentración, estrés y carga cognitiva de varios días.

Cuando ya se han realizado bastantes pruebas, se comenzó a investigar sobre alguna plataforma que permita el uso de este dispositivo de Emotiv para la realización de experimentos. Para ello, surgieron 2 posibles aplicaciones: la API de Emotiv y la aplicación de PsychoPy. Teniendo en cuenta estas 2 aplicaciones, se ha realizado una investigación de ambas, comparando las características de ambas y proponiendo las ventajas y diferencias de ambas. Finalmente se concluyó que para el proyecto se va a emplear PsychoPy, ya que permite el uso del MN8 para recoger el EEG del usuario obtenido durante el experimento.

La API de Emotiv es específica para los dispositivos de Emotiv. Mientras que, por otro lado, PsychoPy ofrece mayor flexibilidad, ya que permite crear experimentos controlados, personalización, ya que se pueden crear componentes personalizados y ajustando parámetros según los requerimientos y compatibilidad con hardware, ya que, además de Emotiv, PsychoPy admite varios dispositivos de hardware, como por ejemplo eye trackings. Por lo tanto, aunque la API de Emotiv es útil para la conexión con sus dispositivos, PsychoPy ofrece más flexibilidad, personalización y compatibilidad con otros hardware.

Con la aplicación a utilizar seleccionada, se realizó una investigación sobre el nivel de validez de PsychoPy, ya que para un uso en el ámbito médico es necesario comprobar que sea compatible y que los resultados de EEG obtenidos sean fiables.

Para aumentar el conocimiento del alcance de esta aplicación, se ha realizado una investigación sobre el eye tracking con el objetivo de implementarlo en los experimentos de proyecto, lo que permitiría combinarlo con los EEG, consiguiendo una mayor cantidad y precisión de la información y resultados obtenidos. El problema es que, tras la acumulación de varias horas de pruebas y experimentación, no ha sido posible conseguir que funcione de manera adecuada en mi ordenador, por lo que por el momento queda descartado la implementación del eye tracking en el experimento.

Tras la investigación profunda sobre PsychoPy, es hora de realizar un experimento sencillo que sirva como toma de contacto para aprender cómo se

maneja esta aplicación, aprendiendo cómo funcionan los elementos básicos. Una vez aprendidos los conceptos básicos, se comienza a realizar el experimento equivalente a la actividad de Emotiv Labs de *Mindful Meditation* pero en español, inicialmente con subtítulos y en el futuro puede ser realizado por un locutor profesional. Para ello, se emplea la aplicación de Microsoft Stream, la cual permite obtener un texto a partir de un audio. Una vez que se tiene el texto en inglés, se sustituyen las frases en inglés por las adecuadas en español obteniendo el archivo 'TranscripcionMeditacionCastellano.vtt' que se encuentra en la carpeta 'pruebas_adicionales' del repositorio de GitHub.

Inicialmente se ha hecho un experimento sencillo en PsychoPy Coder para familiarizarse con el entorno y después se trató de realizar el experimento para grabar el EEG mientras se realiza la actividad de meditación. Durante la realización de este experimento, a pesar de varias investigaciones e intentos, no se consiguen resultados satisfactorios porque no reconoce el componente de *EmotivRecord*, el cual se encarga de realizar la grabación del EEG durante el experimento. El código creado se encuentra en el archivo de 'ExperimentoconEEG' que se localiza en la carpeta 'pruebas_adicionales' en los archivos de la entrega. Este código anterior devuelve el siguiente error:

```
Traceback (most recent call last): File "C:23-24.py", line 51,
in emotiv_recording = EmotivRecord(win_temporizador, 'emotiv_recording')
NameError: name 'EmotivRecord' is not defined
```

Para comprobar de donde proviene el error, se ha intentado realizar con el EPOC X del laboratorio por si el problema es del MN8, pero se sigue obteniendo el mismo error. Además, también se ha buscado en foros y se ha preguntado en el propio foro de PsychoPy para intentar arreglarlo en el futuro [For, 2024]¹. Por lo tanto, para poder obtener algún resultado válido, se ha diseñado la actividad en PsychoPy Builder, siendo un método para programar el experimento por bloques.

Para ello, se han creado 4 rutinas distintas que se pueden ver en la imagen G.1.

¹Página del foro de PsychoPy[For, 2024].



Figura G.1: Flujo de las rutinas creadas para el experimento de PsychoPy.

Estas 4 rutinas se componen por:

1. Introducción del experimento cuyos componentes se pueden observar en la imagen [G.2](#).

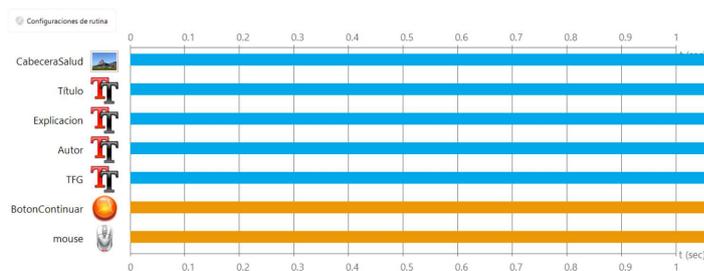


Figura G.2: Diagrama con los bloques empleados para la realización de la introducción del experimento.

2. Visualización del video de la sesión de meditación junto con el componente de EEG de Emotiv como se ve en la imagen [G.3](#).



Figura G.3: Diagrama con los bloques empleados para la realización del video de meditación junto con el EEG de Emotiv del experimento.

3. Respuesta del usuario a la primera pregunta para saber si ha sido interrumpido como se ve en G.4.

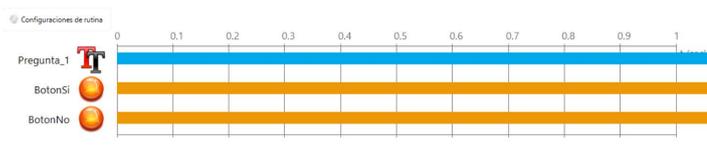


Figura G.4: Diagrama con los bloques empleados para la realización del primera pregunta del experimento.

4. Respuesta del usuario a la segunda pregunta para saber su estado después de realizar la actividad como se ve en G.5.

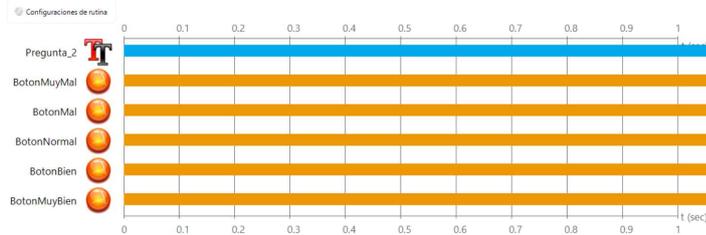


Figura G.5: Diagrama con los bloques empleados para la realización de segunda pregunta del experimento.

G.2. Configuración y parametrización de las técnicas.

Introducción

En esta primera rutina, visible en la imagen G.2, se han incluido todos los componentes necesarios para crear una ventana introductoria que incluye:

- Cabecera Ingeniería de la Salud.
- Título de la actividad.
- Breve texto explicativo sobre el objetivo la actividad.
- Botón para pasar a la siguiente rutina.
- Nombre del autor del experimento.
- Texto que indica que el experimento pertenece a un TFG.

VideoMeditacion

Para la segunda rutina que se ve en la imagen G.3, se han incluido 2 componentes: uno de tipo *movie* que incluye el audio de la sesión de

meditación en inglés con subtítulos en español y el otro es el componente que se encarga de conectar con el dispositivo de Emotiv para realizar las grabaciones deseadas.

Pregunta1

En esta rutina se incluyen 3 componentes como se ven en la imagen G.4 y son:

- Texto que contiene la primera pregunta que se realiza al usuario.
- Botón 'Sí' que será pulsado si el usuario ha sido interrumpido durante la actividad.
- Botón 'No' que será pulsado si el usuario no ha sido interrumpido durante la actividad.

Pregunta2

En esta última rutina, se incluyen varios componentes como se observa en la imagen G.5 y son:

- Texto que contiene la segunda pregunta que se realiza al usuario.
- Botón 'Muy Mal' que será pulsado si el usuario se encuentra muy mal después de realizar la actividad.
- Botón 'Mal' que será pulsado si el usuario se encuentra mal después de realizar la actividad.
- Botón 'Normal' que será pulsado si el usuario se encuentra normal después de realizar la actividad.
- Botón 'Bien' que será pulsado si el usuario se encuentra bien después de realizar la actividad.
- Botón 'Muy Bien' que será pulsado si el usuario se encuentra muy bien después de realizar la actividad.

G.3. Detalle de resultados.

Primero se van a mostrar los resultados del proyecto después del uso de las herramientas Emotiv LABS y Contour, las cuáles han sido desarrolladas por Emotiv para proporcionar información sobre la actividad cerebral durante diversas actividades.

Contour

Primero, una vez abierta la aplicación, aparecerán diferentes elementos como se pueden ver en la imagen G.6. Los elementos que aparecen son:

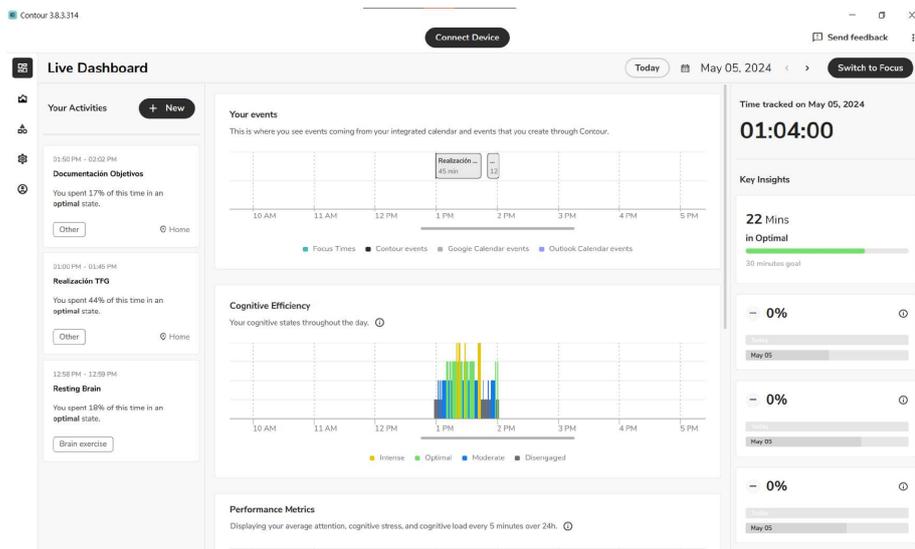


Figura G.6: Estadísticas del usuario de la aplicación Contour.

- En la parte superior, en el botón 'Connect Device', se selecciona el dispositivo MN8 que se desea conectar.
- En la parte derecha, se puede ver la fecha de las estadísticas y las horas que lleva la aplicación monitorizando las ondas cerebrales. Debajo del tiempo, aparece el tiempo que el usuario ha mantenido una concentración óptima.

- En el apartado de 'Your Activities' aparecen todas las actividades realizadas mientras se monitorea al usuario, pudiendo separarlas por tareas y obtener el porcentaje de concentración óptima de cada una.
- En la parte central de la pantalla aparecen distintos apartados:
 - 'Your events': Contiene las actividades realizadas organizadas por la hora en la que se realizó y su duración.
 - 'Cognitive Efficiency': Contiene una gráfica de barras con los diferentes niveles de concentración (representados con distintos colores y alturas) a lo largo del tiempo.
 - 'Performance Metrics': Contiene gráficas individuales de la evolución de los 3 parámetros (concentración, estrés y carga cognitiva) a lo largo del tiempo, las cuales se ven adecuadamente en la imagen G.7.

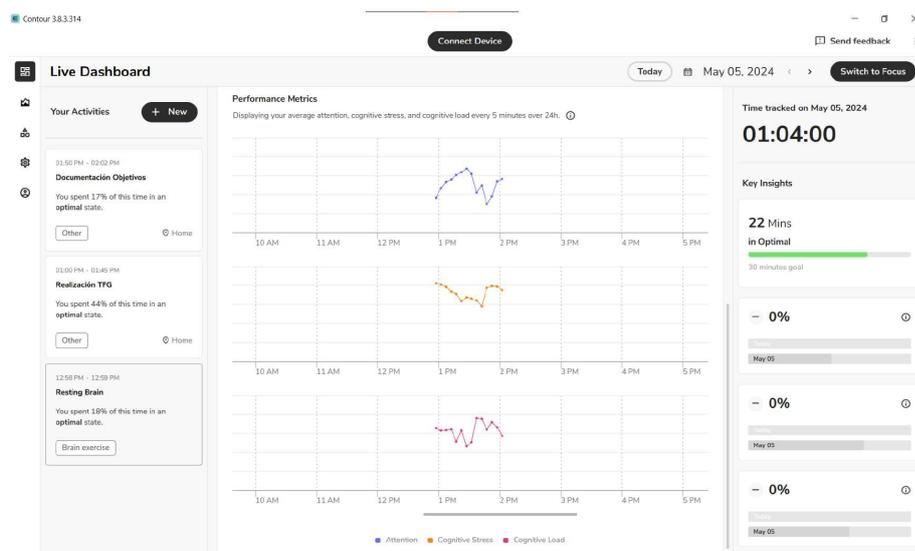


Figura G.7: Gráficos de las métricas recogidas por el MN8.

Si se pulsa sobre el segundo icono de la parte izquierda de la ventana, se accederá al apartado de 'Reports', en el que se puede obtener información adicional a las estadísticas y gráficas anteriores, pudiendo visualizarlo de manera diaria, semanal o mensual y contiene:

- En la imagen G.8 se puede ver en la parte superior el tiempo total de monitoreo de los parámetros durante ese día junto con un comentario sobre cómo de buena ha sido la concentración. Debajo de esta información, aparece un gráfico de barras apiladas de los distintos estados cognitivos separados por la hora a la que se ha obtuvieron.

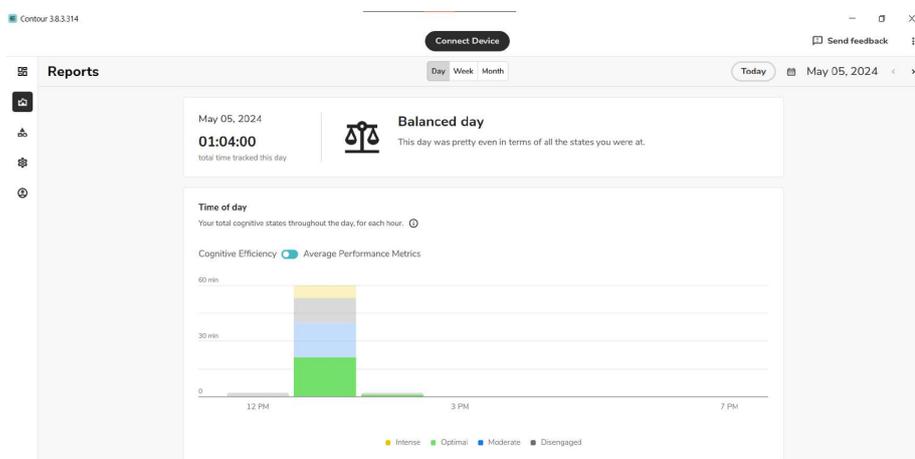


Figura G.8: Gráfico de barras apiladas de los distintos estados cognitivos.

- Debajo de la gráfica anterior, se puede ver otra gráfica de barras apiladas que contiene el porcentaje de cada estado cognitivo y a su vez, se comparan entre los distintos tipos de actividades (Actividades etiquetadas, sesión de concentración y actividades sin etiquetar), como se puede ver en la imagen G.9.
- Finalmente, en la parte inferior de esta ventana, se puede ver un gráfico que contiene el tiempo que el usuario ha mantenido una concentración óptima durante los últimos 7 días monitoreados. En el caso de la imagen G.10.

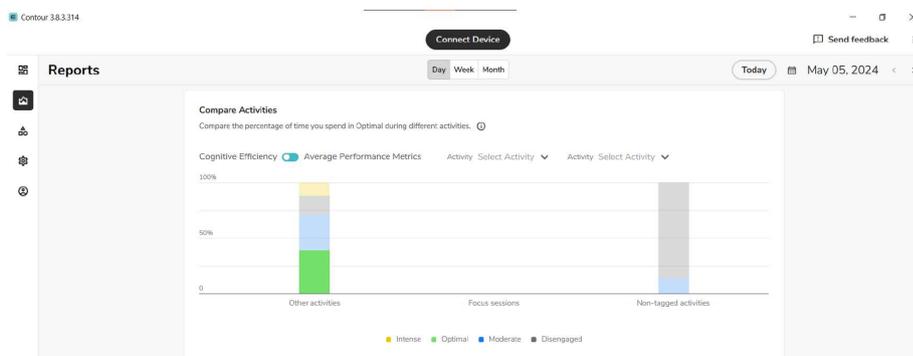


Figura G.9: Gráfico de barras apiladas de los distintos estados cognitivos durante diferentes actividades.



Figura G.10: Gráfico del tiempo que el usuario ha mantenido una concentración óptima durante los últimos 7 días monitoreados.

Por lo tanto, la aplicación de Contour ofrece una interfaz visual intuitiva para explorar y analizar los datos de actividad cerebral del usuario, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la optimización del rendimiento mental.

Emotiv Labs

Cuando se abre la página de Emotiv Labs, aparecen las distintas actividades que el usuario tiene disponibles, las cuales van ampliando a medida que se desarrollan nuevas. Algunas de estas actividades se pueden ver en la imagen G.11.

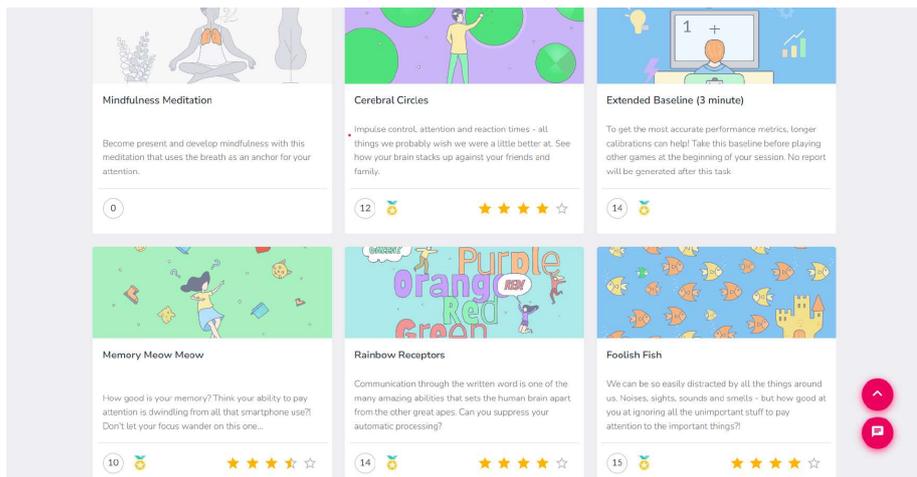


Figura G.11: Página de inicio de Emotiv Labs.

En cada actividad se pueden realizar 2 acciones:

1. *Play*: una vez seleccionado, se solicitará al usuario que elija el nivel de dificultad (*Easy*, *Medium* y *Hard*) deseado. Cuando se pulse en una de las 3, se indicarán las instrucciones de la actividad para la correcta realización por parte del usuario.

2. *Last Report*: permite ver las gráficas y detalles de la última vez que se realizó esa actividad. Dentro de esta sección, se pueden encontrar los siguientes apartados:

- *Overall Score*. Contiene la puntuación (de 0 a 100) obtenida por el usuario, la cual se obtiene mediante el tiempo de respuesta y la precisión de estas, las cuales vienen explicadas en la parte inferior de la imagen G.12. Además, también se muestra una gráfica en la que se compara la puntuación obtenida con la del grupo de la misma edad que el usuario.

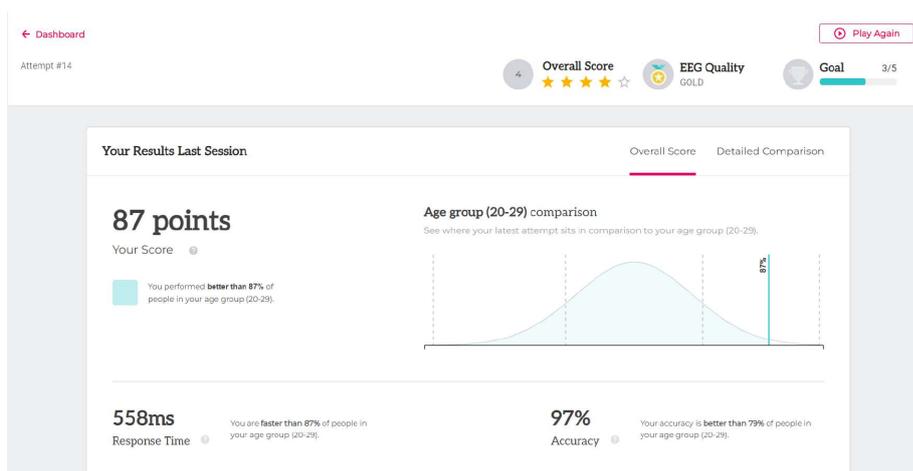


Figura G.12: Puntuación general de la actividad.

- *Detailed Comparison*: Presenta la misma información que el apartado *Overall Score* pero realizando dos comparaciones, una gráfica representando el tiempo de respuesta y otra representando la precisión, ambas comparadas con la media del grupo de edad del paciente. Estas gráficas se pueden ver correctamente en la imagen G.13.

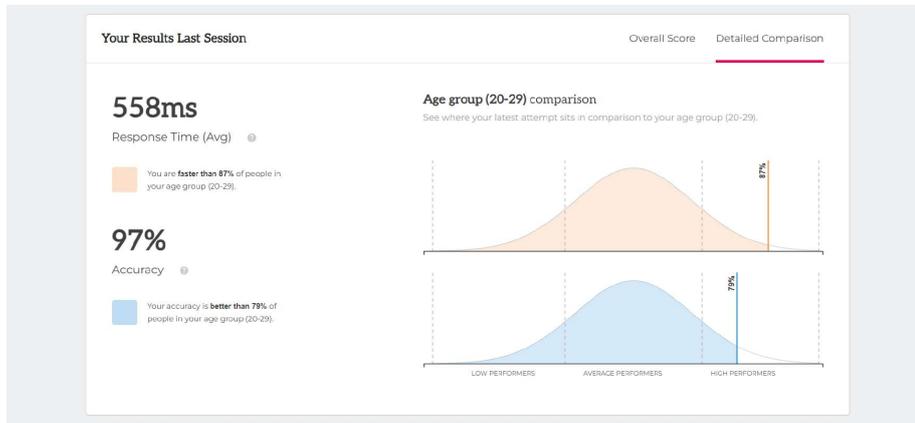


Figura G.13: Puntuación obtenida en función de la velocidad de respuesta y la precisión, comparadas con el grupo de la misma edad que el usuario.

- *Performance Metrics:* en este apartado se muestran 2 gráficos, uno de líneas con la evolución de los parámetros medidos, tanto en la preparación como en la actividad, y otros de barras que comparan los niveles medios de estrés y concentración con el grupo de edad del usuario. Estos gráficos se pueden apreciar en la imagen [G.14](#).
- *Performance Metrics and Behavioral Performance Over Time:* muestra en forma de gráfico de líneas el progreso de los parámetros a lo largo de los distintos intentos de la misma actividad, como se puede ver en la imagen [G.15](#).

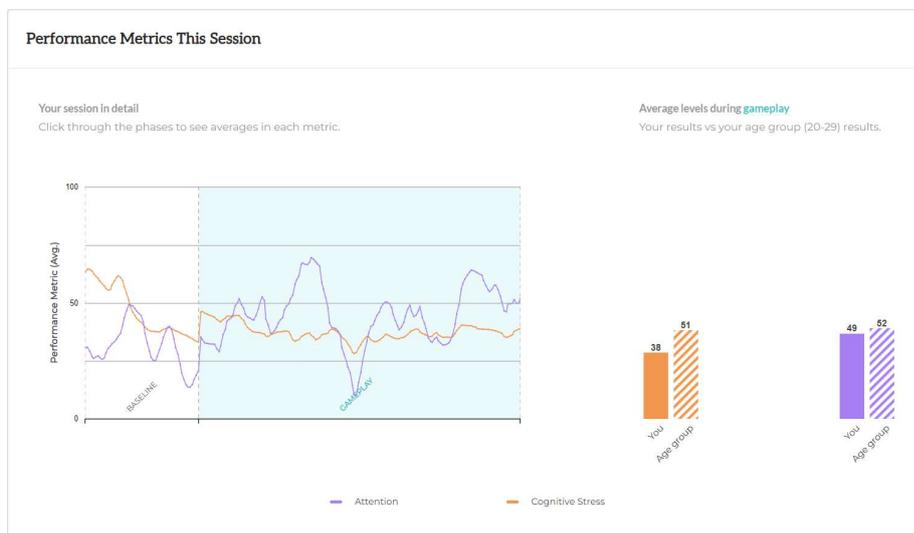


Figura G.14: Gráficas con la evolución de los parámetros a lo largo de la actividad.

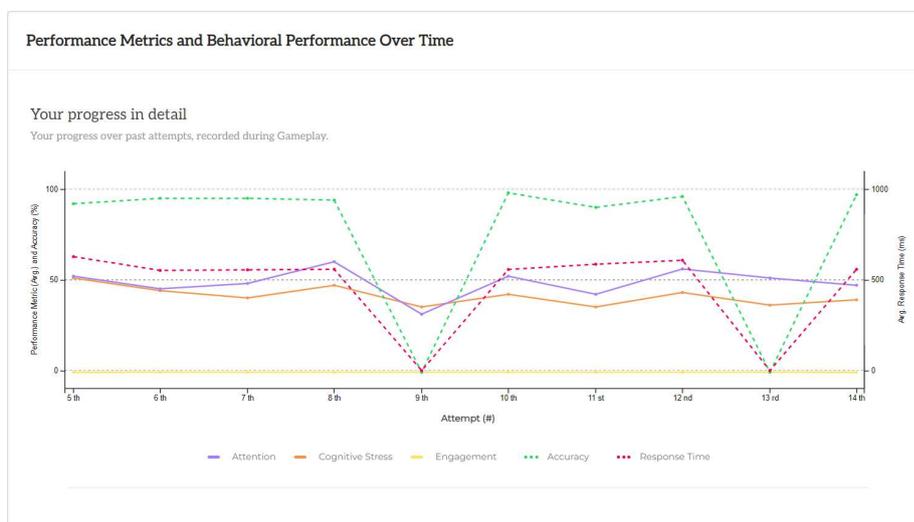


Figura G.15: Gráfica con el progreso de los parámetros a lo largo de los distintos intentos de la misma actividad.

Anexo de sostenibilización curricular

H.1. Introducción

La Comisión Mundial para el Medio ambiente y el Desarrollo (UNCED) define el concepto de Desarrollo Sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Es interesante incluir este concepto en el ámbito universitario para un desarrollo humano, profesional y personal sostenible. Para ello se definen unos principios genéricos de sostenibilidad en el marco universitario que se pueden relacionar con este proyecto y con esta titulación, los cuales son:

- El principio ético trata de buscar el valor intrínseco de cada persona en armonía con el medio ambiente teniendo en cuenta la equidad y el respeto. La salud influye en el valor de la persona ya que afecta directamente a su calidad de vida. En este proyecto se trabaja en el cuidado de la salud tanto física como mental implementando métodos de detección de factores de riesgo como es el estrés o carga cognitiva.
- El principio holístico implica la comprensión de la relación que tienen los procesos independientemente de sus manifestaciones. En ingeniería de la salud se tiene constancia de la relación entre disciplinas ya que es una combinación de ingeniería con el área de la salud.
- El principio de complejidad se basa en la comprensión de la complejidad de las problemáticas sociales, económicas y ambientales y de

la implicación de todas las actividades ciudadanas y profesionales en ellas. En este proyecto hay que tener en cuenta la interacción de varios factores y de diversas perspectivas para medir la concentración, el estrés y la carga cognitiva.

- El principio de glocalización relaciona los contenidos curriculares y las realidades locales y globales. La realidad que representan estos conocimientos es la preocupación por la salud global y la búsqueda de mejorarla y atenderla de la manera más efectiva y sostenible posible.
- El principio de transversalidad integra los conocimientos adquiridos de las titulaciones en la sostenibilidad. Uno de los objetivos de la ingeniería y la salud es el aprovechamiento de recursos y materiales.
- El principio de responsabilidad social universitaria se refleja en la colaboración de las universidades con otros organismos para mejorar la calidad de la formación. La universidad ofrece conferencias en colaboración con otras entidades para ampliar el marco de conocimiento de las titulaciones que ofrece.

En el artículo también se desarrollan las competencias transversales para la sostenibilidad en la docencia universitaria con los conocimientos científicos y tecnológicos que se adquieren. Esto tiene como objetivo resolver problemas que minimicen el impacto ambiental y social, contribuyendo así al desarrollo sostenible.

- SOS1.- Competencia en la contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global.
 - Esta competencia se adquiere, sobretodo, en la realización de prácticas (ya sean de hospital o de empresa) ya que es cuando ampliamos nuestro conocimiento más allá de lo teórico y somos conscientes del impacto que podemos tener. En este momento somos capaces de relacionar el conocimiento que hemos adquirido con problemas reales y nuestra implicación en ellos.
- SOS2. Competencia en la utilización sostenible de recursos y en la prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social.
 - La concienciación de la utilización de recursos es una de las consecuencias de la titulación ya que uno de los objetivos es

la detección temprana de enfermedades. Esto evita malgastar tratamiento y recursos que serían necesarios si se detecta la enfermedad más avanzada, además de que pueda remediarse más fácilmente colaborando así con el medio ambiente.

- SOS3.- Competencia en la participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad.
 - Los principios explicados anteriormente, así como estas competencias, describen en esencia el objetivo de promover la salud en todas las personas como comunidad de manera sostenible.
- SOS4.- Competencia en la aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales.
 - En el desarrollo tanto de este proyecto como de esta titulación, se ha adquirido la capacidad de tomar decisiones considerando su impacto social, ambiental y económico y se valora la importancia de la transparencia y honestidad en el ámbito profesional.

Por lo tanto, la ingeniería de la salud desempeña un papel crucial en la formación de profesionales capaces de abordar los desafíos actuales y futuros. Más allá de la adquisición de conocimientos técnicos, los ingenieros de la salud deben internalizar valores y actitudes que promuevan la sostenibilidad y la responsabilidad social. Esto implica considerar no solo aspectos científicos, sino también necesidades sociales y ambientales al tomar decisiones. Así, la ingeniería contribuye al desarrollo sostenible al diseñar soluciones que equilibren el bienestar humano con la preservación del entorno.

Bibliografía

- [Ley, 2002] (2002). Boe-a-2002-10228 real decreto 437/2002, de 10 de mayo, por el que se establecen los criterios para la concesión de licencias de funcionamiento a los fabricantes de productos sanitarios a medida. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-10228>.
- [Ley, 2009] (2009). Boe-a-2009-17606 real decreto 1591/2009, de 16 de octubre, por el que se regulan los productos sanitarios. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-17606>.
- [Ley, 2018a] (2018a). Boe-a-2015-8328 ley 24/2015, de 24 de julio, de patentes. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-8328>.
- [Ley, 2018b] (2018b). Boe-a-2018-16673 ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16673>.
- [Ver, 2020] (2020). How to install psychopy 020.1.2 (or any older versions for that matter) - other - psychopy_2020. <https://discourse.psychopy.org/t/how-to-install-psychopy-2020-1-2-or-any-older-versions-for-that-matter/15981>.
- [Ley, 2022] (2022). Boe-a-1996-8930 real decreto legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de propiedad intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia. <https://boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1996-8930>.
- [Ley, 2024] (2024). Boe.es - código laboral y de la seguridad social. https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=93&modo=2&Aña=0&tab=2.

- [Leg, 2024] (2024). Legislación sobre productos sanitarios_2024. <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/legislacion/legislacion-sobre-productos-sanitarios/>.
- [For, 2024] (2024). Problem with 'emotivrecord' in psychopy coder - coding - psychopy_2024. <https://discourse.psychopy.org/t/problem-with-emotivrecord-in-psychopy-coder/40716>.
- [psy, 2024] (2024). Psychopy - manual install via conda (psychopy in vscode). <https://codewithsusana.com/notes/psychopy-manual-install-via-conda>.
- [Sue, 2024] (2024). Sueldo de ingeniero biomédico en españa. <https://es.indeed.com/career/ingeniero-biom%C3%A9dico/salaries>.
- [Alejandro, 2024] Alejandro (2024). Porcentaje de cotización a la seguridad social - 2024. <https://www.cuestioneslaborales.es/porcentaje-de-cotizacion-a-la-seguridad-social-del-trabajador-y-empresa/#maximos>.
- [Berbell, 2024] Berbell, C. (2024). El estado de colorado (ee.uu.) aprueba la primera ley del mundo que pone coto a la "barra libre" de la neurotecnología. <https://confilegal.com/20240420-privacidad-de-ondas-cerebrales/>.
- [EMOTIV, 2024] EMOTIV (2024). All. <https://www.emotiv.com/collections/all>.
- [GitHub, 2024] GitHub (2024). Github. https://github.com/mariodelarena/TFG_MariodelaArena_GIS_2023-2024.
- [Hernández, 2024] Hernández, H. (2024). Eu aprueba ley para la protección de datos del cerebro humano. <https://mvsnoticias.com/mundo/2024/4/19/eu-aprueba-ley-para-la-proteccion-de-datos-del-cerebro-humano-635580.html>.
- [Judel, 2021] Judel, M. (2021). Cultura de privacidad ante brechas de seguridad. <https://confilegal.com/20210415-opinion-cultura-de-privacidad-ante-brechas-de-seguridad/>.
- [PsychoPy, 2019] PsychoPy (2019). Psychopy. <https://www.psychopy.org/download.html>.
- [Sociales, 2024] Sociales, R. (2024). Renta 2024: ¿cuáles son los tramos del irpf en 2024? *Bankinter*.