

**PROPUESTA DE UN COMPONENTE WEB ADAPTABLE A LOS ASPECTOS DE  
USABILIDAD, RELACIONADO CON LA SATISFACCIÓN Y LOS ESTADOS  
EMOCIONALES**

**Antonella Ceballos Romero**

**Duvan Smith Montenegro Roque**

**CORPORACION UNIVERSITARIA COMFACAUCA - UNICOMFACAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**POPAYÁN**

**2021**

**PROPUESTA DE UN COMPONENTE WEB ADAPTABLE A LOS ASPECTOS DE  
USABILIDAD, RELACIONADO CON LA SATISFACCIÓN Y LOS ESTADOS  
EMOCIONALES**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas**

**Antonella Ceballos Romero  
Duvan Smith Montenegro Roque**

**Directivo  
Phd. Helder Yesid Castrillón Cobo**

**CORPORACION UNIVERSITARIA COMFACAUCA - UNICOMFACAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**POPAYÁN**

**2021**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Comfacauca - Unicomfacauca para optar al título de Ingeniero de Sistemas.

---

Firma del director del trabajo de grado

---

Jurado

---

Jurado

Popayán, agosto 02 de 2021.

## **Dedicatoria**

A mi Madre. Desde donde te tenga el universo, nuestro sueño se volvió realidad. Siempre estás aquí, gracias por ser la inspiración que mi vida necesita.

A mi Padre. El orgullo de ser tu hija y continuar con tu legado me ha dado más que impulso para lograrlo todo, te recuerdo siempre.

A mis amigos. Por creer en mí cuando sentía rendirme.

## **Dedicatoria**

A mis padres, quienes fueron mi apoyo emocional durante todo este proceso.

A mi tía, mi apoyo incondicional.

A mis maestros, quienes siempre me apoyaron en todo momento con sus conocimientos.

## **Agradecimientos**

A nuestros padres, por su lucha incansable en darnos lo mejor.

Al profesor Helder Castrillón, por ser nuestro guía y amigo en este bello proceso.

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	12
<b>Abstract</b> .....	13
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	14
<b>1.1. Planteamiento, descripción y formulación del problema</b> .....	14
<b>1.2. Justificación</b> .....	15
<b>1.3. Objetivos</b> .....	16
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	16
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	16
<b>1.4. Marco de referencia</b> .....	17
<b>1.4.1. Usabilidad web</b> .....	17
<b>1.4.2. Aplicaciones web</b> .....	17
<b>1.4.3. Componente web</b> .....	18
<b>1.4.4. Estados emocionales</b> .....	18
<b>1.4.5. Satisfacción</b> .....	19
<b>1.4.6. Señales EEG</b> .....	19
<b>1.4.7. Interfaz cerebro-computador BCI</b> .....	19
<b>1.4.8. OpenBCI</b> .....	20
<b>1.4.9. Ondas cerebrales</b> .....	21
<b>1.5. Metodología implementada</b> .....	21
<b>1.6. Organización del documento</b> .....	22
<b>Capítulo 2. Revisión sistemática</b> .....	23
<b>Introducción</b> .....	23
<b>2.1. Satisfacción</b> .....	24
<b>2.1.1. Proceso de la revisión sistemática</b> .....	24
<b>2.1.1.1. Construcción del protocolo de búsqueda</b> .....	24
<b>2.1.1.2. Realizar la investigación</b> .....	27
<b>2.1.1.3. Análisis de los datos recolectados</b> .....	28
<b>2.1.1.4. Resultados</b> .....	29
<b>2.1.1.5. Discusión</b> .....	35
<b>2.2. Heurísticas de usabilidad y la incidencia de la satisfacción en las aplicaciones web</b> .....	36
<b>Conclusiones</b> .....	38
<b>Capítulo 3. Diseño experimental</b> .....	39

<b>Introducción</b> .....	39
3.....	39
<b>3.1. Diseño del experimento</b> .....	39
3.1.1. Protocolo para la recolección de datos EEG utilizando OPENBCI.....	39
<b>3.2. Desarrollo del experimento</b> .....	44
3.2.1. Tipo de estudio .....	44
3.2.2. Población y muestra .....	44
3.2.3. Tratamiento .....	45
3.2.4. Variables dependientes.....	45
3.2.5. Desarrollo de la prueba.....	45
3.2.6. Señales de interés .....	46
3.2.7. Captura de señales .....	46
3.2.8. Seguimiento.....	46
<b>3.3. Discusión y conclusiones</b> .....	47
3.3.1. Selección de género de la población .....	47
<b>Conclusiones</b> .....	47
<b>4. Capítulo 4: Construcción del Dataset y modelo de machine learning</b> .....	48
<b>Introducción</b> .....	48
<b>4.1. Selección de condiciones previas</b> .....	48
4.1.1. Tipo de archivo para la recolección de señales .....	48
<b>4.2. Proceso de construcción del dataset</b> .....	48
<b>4.3. Construcción del algoritmo de entrenamiento</b> .....	49
4.3.1. Análisis de algoritmos .....	50
4.3.2. Optimización del algoritmo.....	51
<b>4.4. Discusión</b> .....	53
4.4.1. Random Forest .....	54
4.4.2. LeNet.....	55
<b>Capítulo 5: Desarrollo de un componente web adaptable</b> .....	56
<b>Introducción</b> .....	56
<b>4.5. Fases de la metodología XP</b> .....	56
4.5.1. Planificación.....	56
4.5.2. Diseño .....	57
4.5.3. Desarrollo .....	62

5.1.4. Pruebas .....	65
5.1.5. Resultados .....	66
5.1.5. Discusión .....	67
Capítulo 6: Conclusiones y trabajos futuros.....	68
6.1. Conclusiones .....	68
6.2. Trabajos futuros .....	69
Bibliografía .....	70
Anexos .....	77

## Lista de Figuras

Figura 1. Funcionamiento básico de una interfaz cerebro-computador (BCI). Elaboración propia.....	20
Figura 2. Proceso de la revisión sistemática. Elaboración propia. ....	24
Figura 3. Relación de artículos con las PB. Elaboración propia. ....	27
Figura 4. Proceso de lectura y selección de los artículos. Elaboración propia. ....	28
Figura 5. Ubicación del participante durante el diseño experimental. Elaboración propia. ....	40
Figura 6. Configuración del Software OpenBCI. ....	42
Figura 7. Posicionamiento de los electrodos con base en el sistema internacional 10-20. Elaboración propia.....	43
Figura 8. Ejemplo de posicionamiento de electrodos en los participantes. ....	43
Figura 9. Proceso para el diseño experimental. Elaboración propia. ....	46
Figura 10. Gráfica de señales recolectadas.....	49
Figura 11. Matriz de conflicto promedio de la arquitectura LeNet. ....	50
Figura 12. Matriz de conflicto promedio de la arquitectura AlexNet. ....	50
Figura 13. Lista de canales. ....	51
Figura 14. Diagrama de filtrado y organización de los archivos BDF. ....	52
Figura 15. Diagrama del algoritmo de entrenamiento desarrollado. ....	53
Figura 16. Matriz de confusión para el modelo de Random Forest. ....	54
Figura 17. Diagrama de componentes del componente web. ....	57
Figura 18. Diagrama de secuencia del componente web. ....	58
Figura 19. Interfaz del usuario administrador. ....	58
Figura 20. Interfaz inicial del usuario final: Caso primera creación de componente personalizado. ....	59
Figura 21. Interfaz inicial del usuario final: Caso componente personalizado existente. ....	60
Figura 22. Interfaz finalización calibración del del componente personalizado del usuario final. ....	60
Figura 23. Interfaz de calibración.....	60
Figura 24. Funcionamiento de la Interfaz de calibración. ....	61
Figura 25. Código servicio REST. ....	63
Figura 26. Secuencia de la estructura experimental. ....	65
Figura 27. Grado de satisfacción de los participantes del experimento. ....	66
Figura 28. Nivel de aceptación a los componentes de usabilidad. ....	66

## Lista de Tablas

Tabla 1. Actividades para llevar a cabo los objetivos de investigación. ....	21
Tabla 2. Palabras Clave .....	25
Tabla 3. Resultados de la revisión sistemática. ....	29
Tabla 4. Resultados PB1 .....	31
Tabla 5. Resultados PB2 .....	32
Tabla 6. Hallazgos complementarios PB2.....	33
Tabla 7. Resultados PB3. ....	34
Tabla 8. Corrientes de usabilidad primordiales.....	36
Tabla 9. Heurísticas susceptibles a adaptación.....	37
Tabla 10. Conexión de hardware OPENBCI.....	41
Tabla 11. Resultados de entrenamiento con Random Forest.....	54
Tabla 12. Resultados de entrenamiento con LeNet. ....	55
Tabla 13. Herramientas usadas para el proceso de desarrollo.....	56
Tabla 14. Funciones del algoritmo. ....	63

## **Resumen**

La usabilidad web se constituye uno de los factores determinantes a la hora de identificar el grado de satisfacción entre la interacción del usuario con un sistema web, así como de su entorno, y aunque existen diferentes metodologías para abordarla, la mayoría se enfocan en métricas de evaluación y no en cómo interpretar correctamente los resultados obtenidos dado su alto grado de subjetividad. Bajo este contexto, se plantea el prototipado de un componente web adaptable a aplicaciones web con base a la satisfacción y estados emocionales a través de la adquisición y posterior procesamiento e interpretación de señales de electroencefalografía por medio de una interfaz cerebro-computador (BCI), proponiendo así una herramienta innovadora que genere cambios automáticos en base al nivel de satisfacción en relación con los estados emocionales de los usuarios al interactuar con una aplicación web.

**Abstract**

Web usability is one of the determining factors when it comes to identify the level of satisfaction regarding the interaction between the user, a web system and its environment, and although there are different methodologies to address it, most of them focus on evaluation metrics and not on how to interpret the results obtained correctly, given their high degree of subjectivity. Under this context, the prototyping of a web component adaptable to web applications is proposed based on satisfaction and emotional states through the acquisition and subsequent processing and interpretation of electroencephalography signals through a brain-computer interface (BCI), proposing thus an innovative tool that generates automatic changes based on the level of user satisfaction in relation to the emotional states of users when interacting with a web application.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 14 de 113

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1. Planteamiento, descripción y formulación del problema

El presente proyecto permite adaptar aspectos de usabilidad web referentes a visibilidad, diseño y estética de una aplicación web basados en la lectura de señales encefalográficas (EEG) usando la plataforma de Interfaz Cerebro-Computadora (BCI) OpenBCI, por medio de un componente web adaptable, es decir, un elemento que permite crear elementos personalizados para un sistema web en este caso, una aplicación.

En los últimos tiempos, la aparición y el desarrollo de las nuevas tecnologías de la comunicación han transformado la manera en que la sociedad se relaciona entre sí y con su entorno [1], lo que genera la necesidad de herramientas tecnológicas que permitan una interacción ajustada a las necesidades de los usuarios, y es aquí donde entra la experiencia de usuario que más allá de ser visualmente atractiva, debe tener en cuenta aspectos que, normalmente, no se toman con la importancia que requieren, lo que compromete la experiencia del usuario al interactuar con la herramienta ya que más allá de la estética de esta, los usuarios priorizan su nivel de frustración. Ante esta necesidad se apuesta por explorar nuevas herramientas al servicio del rediseño y mejora de la forma en la que los usuarios interactúan con un sistema [2].

Este rediseño de la experiencia de usuario puede ser abordada por medio de instrumentos como aplicaciones web. Las aplicaciones web son programas informáticos que funcionan a través de la red (en un servidor) cuya interacción con el usuario sea mediante un navegador web [3]. Las aplicaciones web para Internet e Intranet presentan una serie de ventajas y beneficios con respecto al software de escritorio, con lo cual se logra aprovechar y acoplar los recursos de una empresa u organización de una forma mucho más práctica que el software tradicional. Aunque estas aplicaciones tienen grandes beneficios como la posibilidad de comunicación efectiva entre usuario y sistema; la fácil distribución de tareas, y recursos y material de apoyo; la eliminación de barreras geográficas para el seguimiento al acceder a todo tipo de información y la creación colaborativa de contenido, entre otras, pueden resultar poco atractivos para los usuarios por carecer de aspectos adecuados de usabilidad [4].

El concepto usabilidad de un sistema software introducido por Jakob Nielsen, tiene dos componentes principales, uno hace referencia al aspecto funcional del sistema -las acciones u operaciones que el sistema realiza- y otro a cómo los usuarios pueden usar dicha funcionalidad. Los factores principales que deben considerarse al hablar de usabilidad son la facilidad de aprendizaje, la efectividad de uso y la satisfacción con las que las personas son capaces de realizar sus tareas al usar el producto, enfoque principal de este trabajo; estos son factores que descansan en las bases del diseño centrado en el usuario. En esencia, la usabilidad constituye un factor determinante en la interacción con un sistema, pues va más allá de la estética del interfaz, o del diseño atractivo, implica la satisfacción con el servicio y/o producto formativo, mediante el logro de contenidos y actividades planteadas al desarrollar determinadas competencias [5].

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 15 de 113

La satisfacción como atributo de la usabilidad se puede evaluar por medio de una serie de métodos de tipo analítico, de inspección, observacional o de reporte de usuario, así como haciendo uso de los denominados Modelos Motivacionales de Aceptación Tecnológica –TAM [6] [7]. Aunque estos métodos permiten la recolección y evaluación de usabilidad, tiene dos grandes limitantes referentes a la medición de satisfacción como un aspecto de usabilidad web: **No permiten identificar con precisión el estado emocional de los usuarios mientras realizan una prueba de usabilidad.** Los estados emocionales de un usuario son un aspecto importante a considerar a la hora de medir la satisfacción del usuario en el sistema que está bajo prueba y la incapacidad de saber cómo se siente un usuario con precisión puede tener un efecto negativo en los resultados de la prueba, haciéndola inexacta. Aunque se han adaptado diferentes métodos para intentar conocer el estado emocional del usuario mientras usa el sistema, no existe un estándar o método exacto para identificar y medir las emociones en tiempo real lo que resulta determinante para diferenciar los niveles de emoción en diferentes etapas de la prueba de usabilidad, ya que diferentes etapas pueden desencadenar diferentes emociones. **Baja confiabilidad en los datos recolectados.** Aunque las técnicas como encuestas y entrevistas pueden ser un buen enfoque al recopilar datos cuantitativos, no son el método más óptimo de identificar la satisfacción del usuario y sus estados emocionales mientras realizan las pruebas de usabilidad.

Con el fin de solucionar esta brecha, el recurso más novedoso y menos utilizado para la medición de satisfacción es la adquisición y posterior procesamiento e interpretación de señales EEG. La electroencefalografía (EEG) es la técnica no invasiva para la exploración neurofisiológica; esta técnica registra la actividad eléctrica del encéfalo en diferentes condiciones, tales como: vigilia, reposo o en las diferentes fases del sueño. A partir de las diferentes características que presenta la señal registrada en estas fases, se puede analizar la actividad eléctrica que se produce en el encéfalo de sujeto cuando esté se encuentra realizando diferentes tareas o se encuentra en estados diferentes [8].

Aquellas aplicaciones web enfocadas a un área específica de la experiencia de usuario son una herramienta que resulta útil para ayudarlo a completar las tareas para las que está utilizando el sistema, tomando sus necesidades como pilar y objetivo principal. Pero ¿Cómo mejorar la satisfacción como aspecto de usabilidad por medio de aplicaciones web con base a los estados emocionales?

Por este motivo, se pretende adaptar aspectos de usabilidad de un sistema software a una componente web que mejore la experiencia de usuario en materia de satisfacción, aplicando la interpretación de señales EEG (Encefalografía) y los estados emocionales.

## 1.2. Justificación

Tras el reconocimiento de la satisfacción y los estados emocionales como factores determinantes en la experiencia de usuario y nivel de usabilidad de una aplicación web, es conveniente optimizar

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 16 de 113

la forma en la que los usuarios interactúan con determinados sistemas, tomando como caso de estudio estudiantes de la Corporación Universitaria ComfacaUCA UnicomfacaUCA (sede Popayán).

Por tal motivo, este proyecto aporta una serie de mejoras a estas herramientas tecnológicas por medio de la identificación de aquellos aspectos de la satisfacción que son determinantes en la usabilidad web, enfocados principalmente en la interacción del usuario para brindarles una herramienta adaptada tanto a sus necesidades, conocimientos y objetivos, como a su nivel de satisfacción. Aunque la usabilidad web y todos sus aspectos puede ser medidos con distintas metodologías, una forma novedosa de generar una identificación más personalizada de un elemento tan subjetivo como la satisfacción es utilizando señales EEG, las cuales permite registrar la actividad eléctrica del cerebro de un individuo (en este caso un estudiante), al ser expuesto a ciertas situaciones que permitan evaluar cuál es su grado de satisfacción con las condiciones que se le presentan.

El identificar, procesar e interpretar las señales EEG recolectadas por medio de una interfaz cerebro-computadora como OpenBCI[9] para proveer una serie de características de las aplicaciones web para mejorar la forma en la que los usuarios interactúan con estas, puede aportar a la creación y posterior implementación de mecanismos y metodologías que permitan tanto a aplicaciones web como a otras herramientas informáticas enfocadas a la experiencia de usuario, la adaptación de la satisfacción a los problemas y necesidades que estén relacionados con el diseño de estos sistemas.

Aprovechar correctamente las nuevas tecnologías de desarrollo y las herramientas emergentes de estas, contribuye a la disminución de las limitantes de los enfoques tradicionales del diseño de software, los cuales se centran en el hecho de facilitar la interfaz de usuario, obviando aspectos determinantes como lo son los estados emocionales [10]. Por este motivo, se propone crear un componente web adaptativo que permita mejorar el desarrollo de aplicaciones web a través del procesamiento de señales EEG utilizando una interfaz cerebro-computadora.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar los requisitos de la usabilidad web con base en la satisfacción y los estados emocionales.
- Diseñar un componente web adaptable a la satisfacción por medio de la interpretación de señales EEG obtenidas por una interfaz BCI.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 17 de 113

- Validar la adaptabilidad del componente web a las emociones presentadas en un entorno real.

## 1.4. Marco de referencia

### 1.4.1. Usabilidad web

La usabilidad es fundamental en el desarrollo de aplicaciones web y se define como la capacidad que posee un sitio web de ser usado de forma fácil y eficaz por un grupo de usuarios en orden de cumplir con una serie de tareas específicas dentro de un escenario determinado.

Esto indica que la usabilidad permite tener un sistema fácil y seguro de usar, capaz de satisfacer los requisitos de los usuarios en un entorno particular. Aparte de la efectividad del sistema, y la necesidad de satisfacción del usuario, las tres áreas de enfoque de usabilidad son: el usuario, la tarea y el entorno [11].

Según uno de los mayores representantes de la usabilidad, Jakob Nielsen [12], es un atributo de calidad que evalúa la facilidad de uso de las interfaces de usuario y se define por cinco componentes de calidad:

- Capacidad de aprendizaje: Determina qué tan fácil es para los usuarios realizar tareas básicas la primera vez que se encuentran con el diseño
- Eficiencia: Habla de la rapidez con la que los usuarios pueden realizar tareas luego de haber aprendido el diseño.
- Remembranza: La facilidad con la que los usuarios logran reestablecer su capacidad de usar el diseño después de un período de no usarlo.
- Errores: Identificar el número de errores que cometen los usuarios, su gravedad y facilidad de recuperación ante ellos.
- Satisfacción: ¿Qué tan agradable es usar el diseño?

### 1.4.2. Aplicaciones web

Son aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor Web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador [3] están relacionadas con el almacenamiento en la nube pues todos los datos e información se almacena en grandes servidores de internet que redirigen a los dispositivos o equipos los datos que se requieren en el momento.

Entre las ventajas de las aplicaciones web se encuentran:

- Ahorro de tiempo

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 18 de 113

- Completa compatibilidad
- Actualización continua e inmediata
- Recuperación de datos
- Ahorro de recursos en equipos y dispositivos

#### **1.4.3. Componente web**

Son un conjunto de diferentes tecnologías que son implementadas con el fin de crear elementos personalizados reutilizables — con su funcionalidad encapsulada apartada del REST o del código — y utilizarlos en las aplicaciones web.

Los componentes web buscan resolver problemas dentro de las aplicaciones web por medio de tres tecnologías principales (elementos personalizados, sombra DOM y plantillas HTML), las cuales se pueden usar juntas para crear elementos personalizables versátiles que encapsulan la funcionalidad y pueda ser reutilizada donde sea sin miedo a colisiones de código [13].

#### **1.4.4. Estados emocionales**

Son constructos inferidos y según el autor [14] se definen como "constelaciones particulares de cambios en la actividad somática y/o neurofisiológica", pueden darse con o sin la percepción por parte del sujeto y se vinculan también con cambios comportamentales.

Cada persona experimenta una emoción de forma distinta, dependiendo de sus experiencias previas, su aprendizaje y de la situación en concreto. Algunas de las reacciones fisiológicas y comportamentales que desencadenan las emociones son innatas, mientras que otras pueden ser adquiridas. Unas se aprenden por experiencia directa (como el miedo, la vergüenza o la ira), pero la mayoría de las veces se aprende por observación de las personas en el entorno [15].

Todas las emociones tienen alguna característica que las vuelve útiles y permite que la persona reaccione adecuadamente a diferentes situaciones, e incluso las emociones más desagradables tienen funciones importantes en la adaptación social y el ajuste personal [16].

La emoción tiene tres funciones principales:

- a) Funciones adaptativas: Preparar al organismo para que ejecute eficazmente la conducta exigida en base a las condiciones ambientales, reuniendo la energía que se requiere para ello, así como direccionando la conducta (acercando o alejando) hacia un objetivo determinado.
- b) Funciones sociales: Facilitan la interacción social, control de la conducta de los demás, permiten la comunicación de los estados afectivos, o promover la conducta prosocial.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>19</b> de <b>113</b>

- c) Funciones motivacionales: La relación entre emoción y motivación es íntima, ya que se trata de una experiencia presente en cualquier tipo de actividad que posee las dos principales características de la conducta motivada, dirección e intensidad.

#### **1.4.5. Satisfacción**

Se define como una reacción que se produce por la optimización de la retroalimentación cerebral, este proceso ocurre cuando diferentes regiones del cerebro compensan su potencial energético y brindan la sensación de plenitud. La satisfacción no está dada sólo por como una sensación individual, sino como una sensación o estado único e irrepetible que se produce en cada individuo; no es una evaluación únicamente desde lo personal, sino también desde lo social, en base a lo que sienten como sujetos pertenecientes a grupos sociales determinados [17].

En el área de la educación superior, la satisfacción ha sido empleada como una actitud a corto plazo que deriva de una evaluación de la experiencia educativa del estudiante, lo cual coincide con la necesidad de considerar el proceso de satisfacción desde una perspectiva global. Con la inclusión de herramientas tecnológicas a los procesos de aprendizaje, la satisfacción es una reacción positiva ante el encuentro entre el usuario con una aplicación web [18].

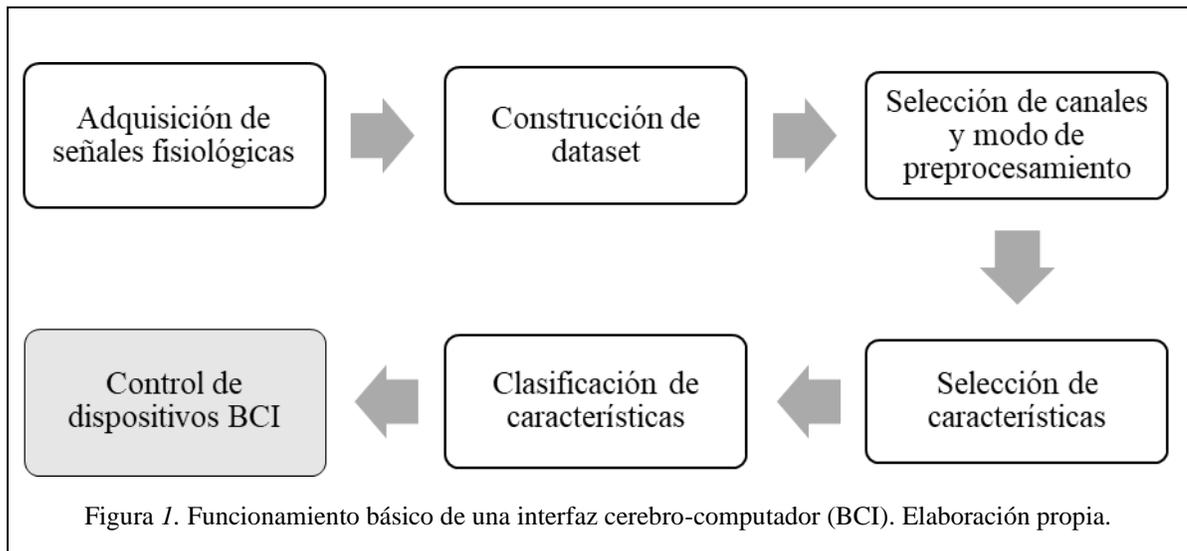
#### **1.4.6. Señales EEG**

La electroencefalografía es una técnica de monitoreo electrofisiológico donde se puede registrar la actividad eléctrica del cerebro, la cual es producida por la actividad neuronal en el interior del cerebro [19]. Se define como una técnica no invasiva que hace uso de electrodos situados en el cuero cabelludo, y que, dado a su bajo costo y fácil implementación, es la que más se utiliza para registrar actividad eléctrica cerebral.

Las señales EEG miden la variación de voltaje proveniente de la corriente iónica de las neuronas del cerebro en un periodo de tiempo determinado, a estas oscilaciones se le denominan ondas cerebrales.

#### **1.4.7. Interfaz cerebro-computador BCI**

Brain-Computer Interfaz (BCI) o interfaz cerebro-computador, es un sistema que recolecta y traduce la actividad cerebral mediante señales fisiológicas, con el fin de obtener determinadas características referentes a las intenciones del usuario en comandos de control de un dispositivo [20].



Los sistemas BCI se pueden clasificar acorde a la naturaleza de la señal de entrada en endógenos y exógenos.

- Los sistemas endógenos se basan en la capacidad del usuario para controlar su actividad electrofisiológica. Los sistemas BCI enfocados a potenciales corticales lentos o ritmos sensoriomotores requieren de un período de entrenamiento intensivo.
- Los sistemas exógenos dependen de la actividad electrofisiológica causa por estímulos externos y no necesitan de entrenamiento intensivo. Se dividen en basados en potenciales evocados P300 (Presenta al usuario una serie de estímulos de los cuales solo unos cuantos se correlacionan con la intención del usuario) o en potenciales evocados visuales de estado estable – SSVEP (Se detectan en el EEG registrado sobre la zona visual del córtex cerebral tras haberse aplicado un estímulo visual al usuario).

#### 1.4.8. OpenBCI

Es un dispositivo tecnológico de código abierto y bajo costo que ofrece el acceso a datos de ondas cerebrales. Su finalidad es permitir que el usuario pueda controlar dispositivos a través de sus pensamientos, apoyado en el uso de herramientas software y hardware para el procesamiento de estas señales [9].

Open BCI cuenta con 4 tipos de placas (Cyton, Ganglion, Wifi y Daisy), las cuales permiten el procesamiento ya sea de señales de electroencefalografía (EEG), como de actividad eléctrica producida los músculos (EMG) y el corazón (EKG). Estas placas pueden ser utilizadas con la interfaz de código abierto del mismo OpenBCI o con cualquier otra herramienta de procesamiento de señales.

#### 1.4.9. Ondas cerebrales

Las ondas cerebrales se refieren a toda aquella actividad eléctrica que se produce por células cerebrales. Estas, como cualquier onda, poseen frecuencia y amplitud. De esta forma, la frecuencia o velocidad de pulsos eléctricos se mide en ciclos por segundo o Hz, donde la amplitud representa cuán intensa es la onda cerebral.

En las ondas existe una relación directa entre el voltaje, la frecuencia y la amplitud con los distintos estados de conciencia. Es decir, las ondas cerebrales son la representación de la actividad cerebral en la cual aparecen los diferentes procesos de la conciencia; Alerta, Relajación, Sueño/Meditación profunda y Sueño Profundo [21].

#### 1.5. Metodología implementada

Este proyecto se realiza bajo la metodología de investigación aplicada dentro de un contexto determinado haciendo énfasis en la aplicación de conocimientos a partir de una o varias áreas especializadas, con el fin de implementarlos de una forma práctica que conlleve a la resolución necesidades concretas. La Investigación Aplicada tiene como propósito resolver un problema o planteamiento en específico, centrándose en la búsqueda y creación del conocimiento para su aplicación [22].

Por tal motivo, basados en la investigación aplicada este proyecto busca dar solución a la falta de un componente web adaptativo por medio de 3 objetivos concretos, llevando a cabo las actividades explicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Actividades para llevar a cabo los objetivos de investigación.

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto a obtener
Caracterizar los requisitos de la usabilidad web con base en la satisfacción y los estados emocionales	Plantear el objetivo de la búsqueda a realizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso de revisión sistemática [23].</li> <li>• Protocolo de recolección basado en una serie pasos propuestos por Bárbara Kitchenham [24]</li> </ul>	Protocolo de búsqueda.
	Definir las preguntas de esta y sus respectivas cadenas de búsqueda		
	Realizar el proceso de búsqueda		Mapeo sistemático.
	Recolectar los datos encontrados		
	Analizar y finalmente sintetizar los resultados de la búsqueda		
Diseñar un componente web adaptable a la satisfacción por	Entender lo que el usuario necesita		

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>22</b> de <b>113</b>

medio de la interpretación de señales EEG obtenidas por una interfaz BCI	Estimar el esfuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología XP [25]</li> <li>• Programación por pares [26]</li> </ul>	Prototipo de un componente web adaptable
	Crea la solución		
	Entregar el producto final		
Validar la adaptabilidad del componente web a las emociones presentadas en un entorno real.	Identificar las metas del experimento	Diseño Experimental basado en la metodología GQM [27].	Reporte de validación del prototipo.
	Definir las preguntas a realizar		
	Determinar las métricas con las que se va a trabajar		

### 1.6. Organización del documento

El documento está organizado de la siguiente manera. En el capítulo 2 se describe el proceso de revisión sistemática realizado para identificar la incidencia de la satisfacción y la usabilidad web en cuanto a la interacción con el usuario. En el capítulo 3, se presenta el diseño y desarrollo del diseño experimental construido para la investigación. Partiendo de los resultados del experimento, la construcción del dataset y modelo de machine learning, así como su entrenamiento, se muestran en el capítulo 4. Para el capítulo 5 se describe el proceso de desarrollo de un componente web adaptable por medio de la metodología XP. Las conclusiones de la investigación se presentan en el capítulo 6.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>23</b> de <b>113</b>

## Capítulo 2. Revisión sistemática

### Introducción

Lograr que una aplicación web enfocada a procesos de aprendizaje se considere altamente usable, requiere de una correcta evaluación de sus aspectos y uno de ellos es la satisfacción. El fin de la revisión es identificar si existe una relación directa entre los estados emocionales y la medición de la usabilidad, de ser así, determinar cuáles algoritmos permiten la clasificación y procesamientos de ondas cerebrales en función de identificar estados emocionales. Adicionalmente, identificar aquellos frameworks-herramientas-técnicas que puedan utilizarse para medir la satisfacción en el proceso de interacción con una herramienta web.

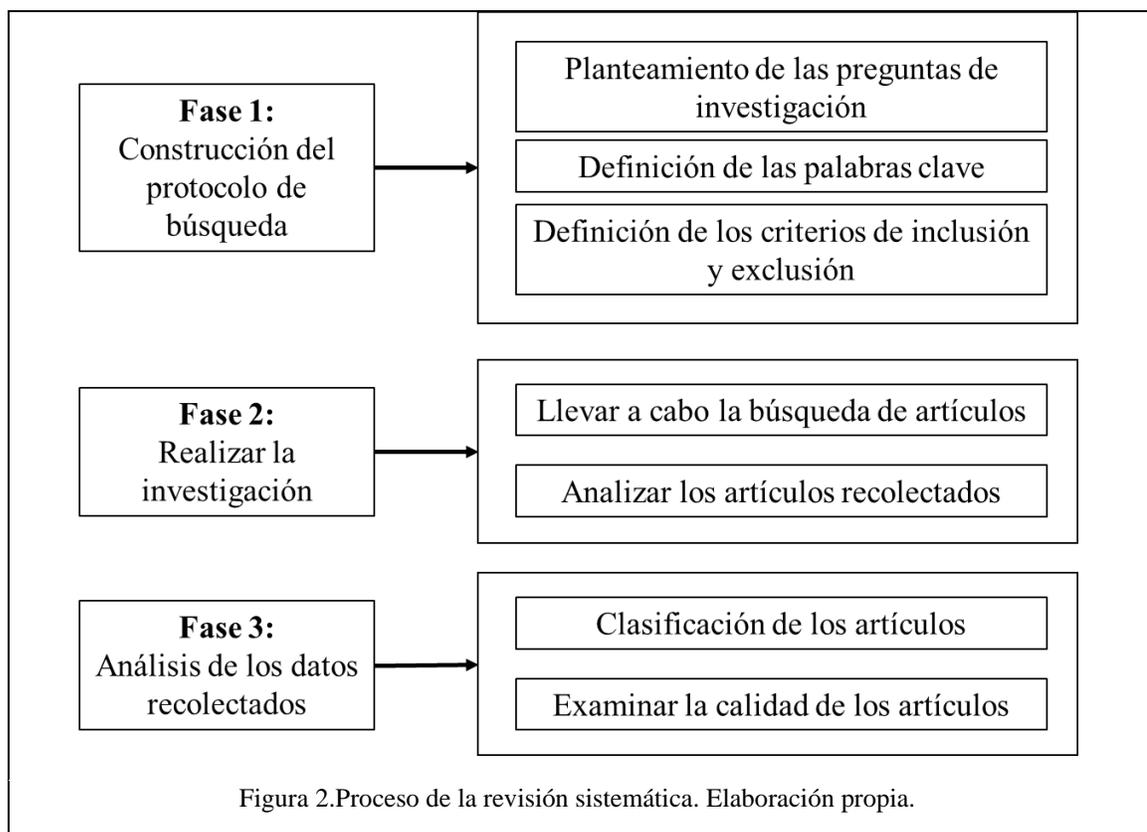
Para la sección 1, la revisión sistemática fue construida con base en los pasos propuestos por Bárbara Kitchenham [29]. Las revisiones sistemáticas se realizan con el fin de generar resúmenes claros y estructurados de la información disponible, orientada a responder una pregunta específica [30]. El objetivo de esta revisión fue identificar, analizar y comparar la correlación entre la satisfacción de contenidos web y los estados emocionales.

Con base en lo encontrado en la revisión sistemática, en la sección 2 se profundiza en la incidencia de la usabilidad web y especialmente en la satisfacción como un factor determinante cuando se habla de la interacción entre un usuario y una aplicación web.

## 2.1. Satisfacción

### 2.1.1. Proceso de la revisión sistemática

La revisión fue realizada en 3 fases como se evidencia en la Figura 2. En la primera fase se construyó el protocolo necesario para empezar el proceso, este incluye las preguntas y sus respectivas cadenas de búsqueda, así como sus criterios de inclusión y exclusión. Para la segunda fase se realizó la búsqueda de los artículos acorde a las preguntas de investigación, seleccionado los de mayor relevancia según los criterios previamente definidos. Por último, en la tercera fase se llevó a cabo la clasificación y análisis de los artículos recolectados.



#### 2.1.1.1. Construcción del protocolo de búsqueda

El protocolo es una guía flexible que permite describir de la manera más acertada la realización de la revisión sistemática. El protocolo cuenta con los siguientes elementos:

##### A. Preguntas de búsqueda

- Pregunta de búsqueda #1 (PB1). ¿Cuál es la relación existente entre la satisfacción como atributo de usabilidad y los estados emocionales?

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 25 de 113

- Pregunta de búsqueda #2 (PB2). ¿Cuáles son los principales algoritmos utilizados para la clasificación de los estados emocionales a partir de las ondas cerebrales?
- Pregunta búsqueda #3 (PB3). ¿Qué técnicas y herramientas han sido utilizadas para medir la satisfacción en el proceso de interacción con una aplicación web?

La **PB1** pretende definir cuáles son aquellos aspectos de la satisfacción como atributo de la usabilidad que tienen conexión con los estados emocionales; estos aspectos pueden ser físicos, cognitivos entre otros. El fin de la **PB2** es hallar algoritmos, metodologías, frameworks y demás que son utilizados para la clasificación de ondas cerebrales enfocado al análisis de los estados emocionales. Con la **PB3** se busca identificar aquellas herramientas que han sido desarrolladas para medir el nivel de satisfacción en el proceso de interacción entre el usuario y una herramienta web.

## B. Definición de palabras clave

Una vez concretadas las preguntas de búsqueda, el siguiente paso fue identificar aquellas palabras clave tanto en inglés como en español que permitieran empezar con la búsqueda de artículos en las bases de datos bibliográficas, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Palabras Clave

Pregunta	Palabras en Español	Palabras en Inglés
1	Satisfacción, usabilidad, estados mentales, ondas cerebrales, Delta, Theta, Alpha, Beta bajo, Beta medio, Beta Alto, Gamma, señales cerebrales, actividad cerebral	Satisfaction, usability, mental states, brain waves, delta, theta, alpha, low beta, high beta, gamma, brain signals, brain activity
2	estados mentales, ondas cerebrales, Delta, Theta, Alpha, Beta bajo, Beta medio, Beta Alto, Gamma, señales cerebrales, actividad cerebral, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales, árboles de decisión, bosques aleatorios, clasificador naive bayes, aprendizaje de máquina, aprendizaje profundo, k-vecinos más cercanos	mental states, brain signals, brain activity, brain waves, delta, theta, alpha, low beta, high beta, gamma, SVM, neural networks, decision trees, random forest, naive bayes classifier, machine learning, deep learning, K-nearest neighbours
3	evaluación, satisfacción, usabilidad	evaluation, assessment, analysis, estimation, satisfaction, usability

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 26 de 113

### C. Cadenas de búsqueda

En base a las palabras clave, se formularon las cadenas de búsqueda para cada una de las preguntas de búsqueda.

**PB1:** usability OR (Satisfaction AND usability) AND mental states OR brain waves OR delta OR theta OR alpha OR low beta OR high beta, gamma, brain signals, brain activity

**PB2:** (("mental states" or "brain signals" or "brain activity" or "brain waves") and ("svm" or "neural networks" or "decision trees" or "random forest" or "naive bayes classifier" or "machine learning" or "deep learning" or "k-nearest neighbors")) and (limit-to (pubyear,2016)) and (limit-to (subarea, "comp") or limit-to (subarea, "near") or limit-to (subarea, "engi")).

**PB3:** (evaluation OR assessment OR analysis OR estimation) AND "web usability" AND satisfaction)

### D. Definición de criterios de inclusión y exclusión

Con el fin de garantizar la correlación entre los artículos encontrados y los objetivos de la revisión sistemática y las PB, se definieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Aunque el artículo contiene una o más de las palabras clave en su título y resumen, no cuenta con información relevante que se relacione con las preguntas de búsqueda.
- Para el caso específico de la PB2, se incluyeron únicamente aquellos artículos que cuenten explícitamente con las palabras claves en el título, esto dada la ambigüedad de los términos allí especificados.
- Se obvian aquellos artículos que: estén duplicados, cuenten con resultados iguales o similares así hayan sido publicados en sitio distintos. Sólo se incluye el más reciente y/o aquel que cuenta con una explicación más detallada del trabajo realizado.
- Se excluyen artículos con poca información, restricciones de acceso al documento completo o que no provean información detallada y precisa de la investigación realizada.
- Se descartaron artículos de investigación con antigüedad de publicación mayor a 5 años, debido a que en temas de investigación es importante contar con información actualizada; no obstante, se tuvieron en cuenta algunos artículos importantes de años anteriores.
- Aquellos artículos escritos en un idioma diferente al inglés, español o portugués fueron excluidos.
- Artículos que no pertenezcan al sector de usabilidad web e interfaces cerebro-computador.

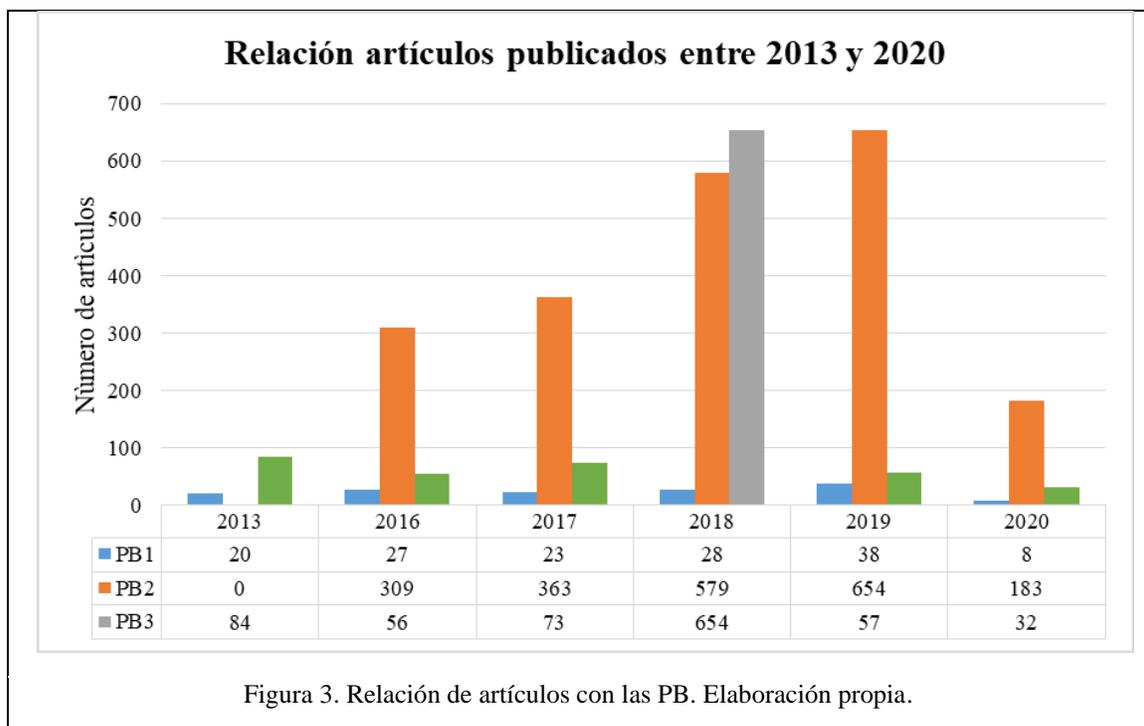
- Se realizó una la revisión principalmente en Scopus, y bibliotecas de búsqueda como IEEE Xplore y Google Scholar entre otras. Se descartó aquellos trabajos de investigación que no tuvieron citas.

### 2.1.1.2. Realizar la investigación

Teniendo un protocolo de búsqueda establecido, se procedió a iniciar la búsqueda bibliográfica de las investigaciones.

#### A. Llevar a cabo la búsqueda de artículos

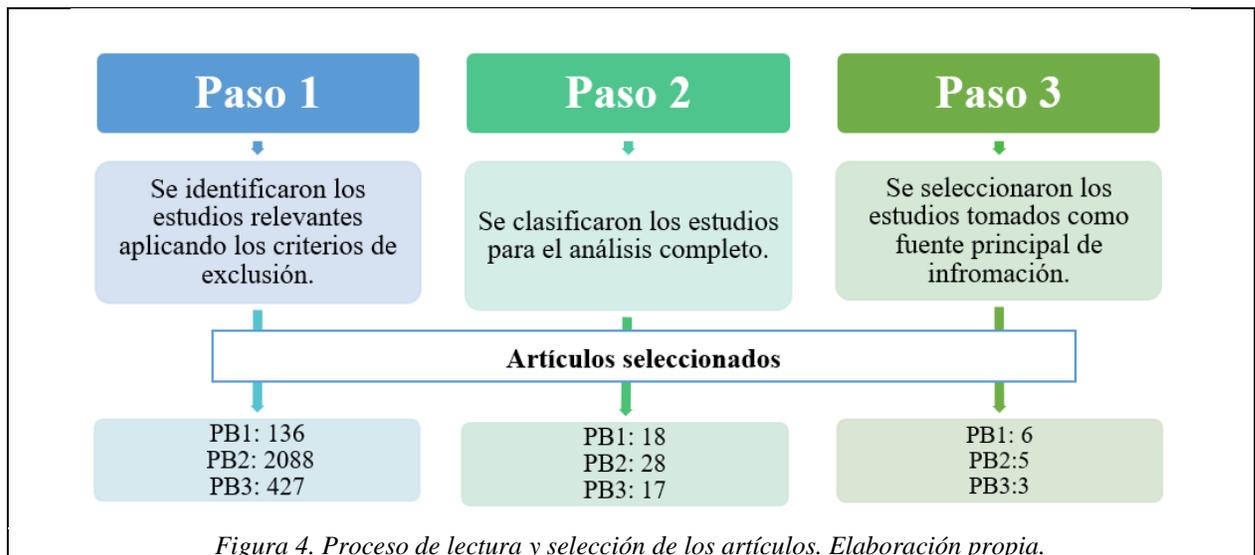
Con base en las palabras clave se realizó la búsqueda de los artículos en Scopus y ScienceDirect, encontrando investigaciones de las bibliotecas: IEEE Xplore, ACM Digital Library, iJOE e IEEE Computer Society. La cadena de búsqueda fue modificada de acuerdo con el formato requerido por cada una de las bases de datos consultadas. Los artículos fueron clasificados según el año de publicación y la pregunta de investigación con la cual se relacionaban como se muestra en la Figura 3.



#### B. Lectura de los artículos encontrados

Para lectura y selección de artículos adecuada, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión por medio de tres fases explicadas en la Figura 4. Para la primera fase se excluyeron 2598 artículos en los que no se encontró relación alguna con las preguntas de

búsqueda, aunque incluían alguna(s) de las palabras clave en el título y resume, el artículo no incluye información valiosa para dar respuesta a los objetivos de la búsqueda. En la segunda fase el número de artículos se disminuyó a 63, por lo cual se realizó la lectura y análisis de la introducción, resultados y conclusiones con el fin de comprobar si contenían información significativa para dar respuesta a las preguntas de búsqueda y los objetivos de la revisión sistemática, de esta fase se seleccionaron 14 artículos descartando 40. En último lugar, para la fase 3 se leyeron completamente esos 14 artículos seleccionándolos todos como fuente principal de información para la investigación. Cada uno de esos artículos fue asociado a la pregunta de búsqueda a la cual daba respuesta.



### 2.1.1.3. Análisis de los datos recolectados

#### A. Examinar la calidad de los artículos

La calidad de los artículos seleccionados fue definida dependiendo del tipo de artículo (investigación, estudio de campo, estudio empírico, etc.). Con base a la lectura de cada artículo, el análisis de los datos permite identificar brechas en el tema de investigación, así como proponer mejoras para futuras investigaciones. Toda la información recolectada fue sintetizada en un documento de Excel, el cual contenía los siguientes datos:

- Título del artículo,
- Autor principal,
- Biblioteca donde fue publicado,
- Resumen/ Aportes relevantes,
- Año de publicación,
- Idioma,
- Palabras clave,

- Enlace de acceso y
- Pregunta de búsqueda a la cual estaba relacionado

#### 2.1.1.4. Resultados

En conjunto, fueron identificados 14 trabajos de investigación como fuente de información principal obtenidos de las bases de datos bibliográficas, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la revisión sistemática.

Referencia	Autor y Año	Título	Aporte
<b>PB1</b>			
[31]	Vagner do Amaral. et al. 2013	EEG Signal classification in usability experiments	Presenta la correlación entre las señales EEG y lo que opina el usuario acerca de la usabilidad tomando como caso de estudio la prueba a ciertas funciones de privacidad de Facebook.
[32]	Frey, J. et al. 2016	Framework for electroencephalography-based evaluation of user experience	Estimación de carga de trabajo mental del usuario, la atención y el reconocimiento de errores de interacción durante las diferentes tareas de interacción en el entorno virtual controlado Virtual Maze 3D.
[33]	Krol, L.R et a. 2017	Meyendtris: A hands-free, multimodal tetris clone using eye tracking and passive BCI for intuitive neuroadaptive gaming	El desarrollo de una versión manos libre de Tetris (Meyendtris) que por medio del seguimiento ocular y una interfaz cerebro-computadora pasiva, permite reemplazar los elementos existentes del juego.
[34]	Sudhanshu Kumar. et al. 2019	Fusion of EEG response and sentiment analysis of products review to predict customer satisfaction	Define un marco multimodal que por medio de señales EEG y utilizando la técnica de procesamiento del lenguaje natural (NLP) permite la predicción de calificaciones de productos de consumo mediante la fusión de diferentes fuentes de datos.
[35]	Anjana, H.P.C. et al. 2019	A proposed web based real time brain computer interface (BCI) system for usability testing	Propone un sistema que integra la Interfaz Cerebro Computadora (BCI) con el análisis de las emociones del usuario mediante señales de electroencefalografía (EEG), sistema que pretende aumentar la precisión en pruebas de usabilidad.

[36]	Mangion, R.S. et al. 2020	Emotional Testing on Facebook's User Experience	Comprender las emociones de un usuario al realizar tareas en la red social Facebook por medio de la lectura de sus señales EEG, con el fin de evaluar la usabilidad.
<b>PB2</b>			
[37]	Matlovic, T. et al. 2016	Emotion's detection using facial expressions recognition and EEG	Por medio del análisis de las herramientas existentes que emplean el reconocimiento de expresiones faciales para la detección de emociones, proponen un método de detección de emociones mediante EEG que emplea enfoques de aprendizaje automático existentes.
[38]	Hemanth, D. et al. 2018	Brain signal based human emotion analysis by circular back propagation and Deep Kohonen Neural Networks	Presenta la integración entre una red neuronal de propagación trasera circular (CBPN) y red neuronal de Kohonen profunda (DKNN) para la clasificación de diferentes emociones de los humanos utilizando señales EEG.
[39]	Purnomo, M.H.2019	Improving the accuracy of EEG emotion recognition by combining valence lateralization and ensemble learning with tuning parameters	Propone la mejora del reconocimiento de emociones basado en EEG con base a estrategias que se concentran en incorporar la lateralización de las emociones y el enfoque de aprendizaje por conjuntos.
[40]	Nakagome, S. et al. 2020	An empirical comparison of neural networks and machine learning algorithms for EEG gait decoding	Investiga el análisis de decodificación fuera de línea con diferentes modelos y condiciones para evaluar cómo influyen en el rendimiento y la estabilidad del decodificador en el análisis de señales EEG.
[41]	Doma, V. et al. 2020	A comparative analysis of machine learning methods for emotion recognition using EEG and peripheral physiological signals	La investigación realiza un análisis comparativo de señales EEG por medio de las técnicas de aprendizaje automático máquina de vectores de soporte (SVM), vecino más cercano K, análisis discriminante lineal, regresión logística y árboles de decisión.
<b>PB3</b>			
[42]	Neji, M. et al. 2013	Emotion recognition by analysis of EEG signals	Propone un sistema para el reconocimiento de emociones basado en señales fisiológicas.

[43]	Walla, P. et al. 2015	Using the Startle Eye-Blink to Measure Affect in Players	Traslada los conceptos y metodologías de la analítica de juegos y la analítica de aprendizaje al campo emergente de los juegos serios analizando (entre otros aspectos) el nivel de excitación y valencia.
------	-----------------------	--	--

El objetivo de la PB1 fue identificar aquellos modos de medición de la satisfacción como aspecto de usabilidad y los estados emocionales. Con base a lo anterior y tras un profundo análisis, se identificaron 6 artículos de los trabajos seleccionados que permiten evaluar la usabilidad web y de los estados emocionales, como se ve en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados PB1

Referencia	Título	Aporte	Forma de verificación
Sudhanshu Kumar. Et al. 2019	Fusion of EEG response and sentiment analysis of products review to predict customer satisfaction	Predicción de calificación de los productos evaluados por los clientes acorde a sus sentimientos y en específico a la satisfacción.	Aplicación de procesamiento del lenguaje natural (NLP).
			Recolección y procesamiento de señales EEG por medio del dispositivo Emotiv EPOC+.
Vagner do Amaral. Et al. 2013	EEG Signal Classification in Usability Experiments	Establecer la relación entre las señales EEG y la opinión del usuario sobre la usabilidad de algunas funciones de privacidad de Facebook por medio de la identificación de sus estados emocionales.	Test de usabilidad utilizando el software Morae para documentar el proceso.
			Procesamiento de señales EEG utilizando un sistema dedicado para la adquisición de señales biológicas de AdInstruments.
Mangion, R.S. et al. 2020	Emotional Testing on Facebook's User Experience	Fluctuación en los estados emocionales expuestos a diferentes situaciones en plataformas digitales, caso de estudio Facebook.	La prueba de autoevaluación del maniquí (SAM) en la interfaz de Facebook.
			Reconocimiento de emociones por medio de la recolección de señales EEG por medio de MATLAB usando el toolbox EEGLAB.
Anjana, H.P.C. et al. 2019	A proposed web based real time brain computer interface (BCI) system for usability testing	Identificación de las emociones de los usuarios mientras realizan test de usabilidad.	Propuesta de un Sistema de interfaz de computadora cerebral en tiempo real (BCI) utilizando el dispositivo Emotiv EPOC para el procesamiento de las señales EEG adquiridas.

Frey, J. et al. 2016	Framework for electroencephalography-based evaluation of user experience	Estimación continúa a la carga de trabajo mental de los usuarios.	Entorno virtual 3D controlado (Maze 3D) utilizando la gamificación que recolecta grabaciones de señales EEG de los usuarios.
		Nivel de atención y reconocimiento de errores por parte de los usuarios durante la interacción en diferentes tareas.	
Krol, L.R et a. 2017	Meyendtris: A hands-free, multimodal tetris clone using eye tracking and passive BCI for intuitive neuroadaptive gaming	Niveles de atención, relajación y satisfacción de los usuarios mientras interactúan con el juego.	Versión manos libres de Tetris que utiliza el seguimiento ocular y una interfaz pasiva cerebro-computadora.

Con el fin de dar respuesta a la PB2, se seleccionaron todos aquellos algoritmos y métodos de utilizados para la clasificación de los estados emocionales por medio de la recolección y procesamiento de señales EEG; para ello, en la Tabla 5 se presentan los algoritmos encontrados que cumplen con las especificaciones previamente establecidas.

Tabla 5.Resultados PB2

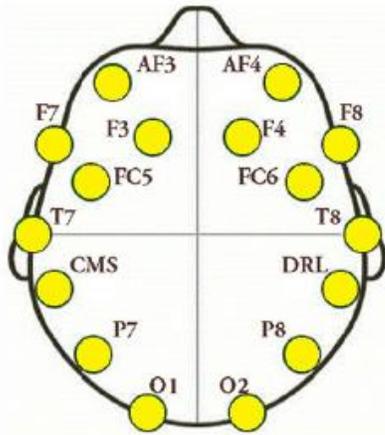
Referencia	Algoritmo de clasificación	Aspectos evaluados	Precisión (%)
Matlovic, T. et al. 2016	Regresión lineal (LR): se utiliza el método matemático para predecir la valencia y la excitación a partir de los datos de EEG.	En los experimentos realizados se evaluaron: alegría, sorpresa, tristeza, miedo, disgusto, ira y un estado neutral.	53
	Máquinas de vectores de soporte (SVM): Por medio de este conjunto de algoritmos se logra la clasificación de las emociones.		37.72
Hemanth, D. et al. 2018	Red neuronal de propagación trasera circular (CBPN)	Se evaluaron la: felicidad, tristeza, relajación y enojo por medio de una serie de experimentos realizado usando los valores de excitación (arousal) y valencia (valence).	95-98
	Red neuronal profunda de Kohonen (DKNN)		
Purnomo, M.H.2019	Se usaron 3 métodos para la clasificación de emociones en base a señales EEG:	Las emociones de felicidad, tristeza, relajación y enojo fueron evaluadas.	75.6
	Bosques aleatorios (RF): mejor clasificador en aprendizaje conjunto.		
	Máquinas de vectores de soporte (SVM).		
Asignación de Dirichlet latente (LDA)	60.4		
Nakagome, S. et al. 2020	Regresión lineal (LR).	Por medio de 3 experimentos este estudio determina los mejores	90
	Regresión de crestas (RR).		
	Filtro de Kalman sin aroma (UKF).		

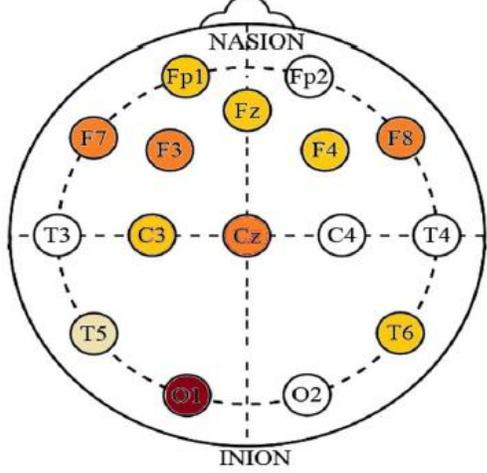
	CatBoost (CB). Red convolucional temporal (TCN). Memoria a largo plazo (LSTM). Unidad recurrente cerrada (GRU). Red neuronal cuasi recurrente (QRNN).	algoritmos para la decodificación de señales EGG.	
Doma, V. et al. 2020	Análisis de componentes principales (PCA). Bayesiano Ingenuo. Regresión Logística. K-vecino más cercano (KNN) Máquinas de vectores de soporte (SVM). Árboles de decisión. Ajuste de parámetros	El artículo presenta un análisis comparativo de múltiples técnicas y algoritmos de aprendizaje automático con el fin de determinar su precisión en la lectura y procesamiento de señales EEG.	55-75

Tras analizar los estudios seleccionados, se evidencia que ninguno hace referencia directa a la satisfacción, lo que proporciona una brecha importante en la aplicación de los algoritmos y técnicas en la evaluación de este aspecto de usabilidad web.

Como hallazgo complementario para la PB2 en la Tabla 6 se encuentran distintos posicionamientos de electrodos basados en el sistema internacional 10-20, creados para diseños experimentales de distintas investigaciones y que permiten la construcción de un posicionamiento para experimentos enfocados a identificar la satisfacción.

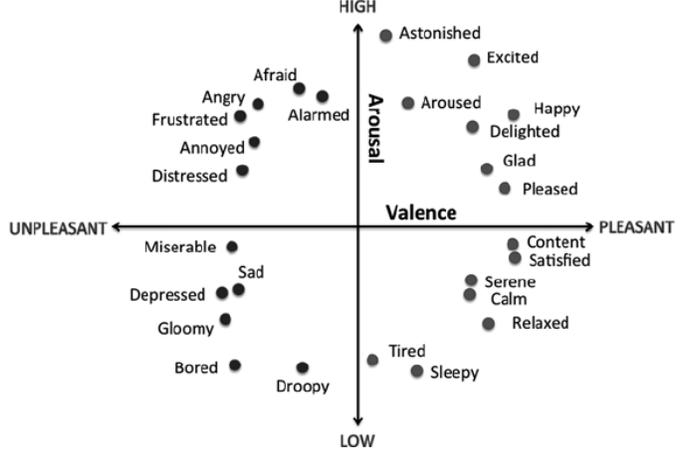
Tabla 6. Hallazgos complementarios PB2.

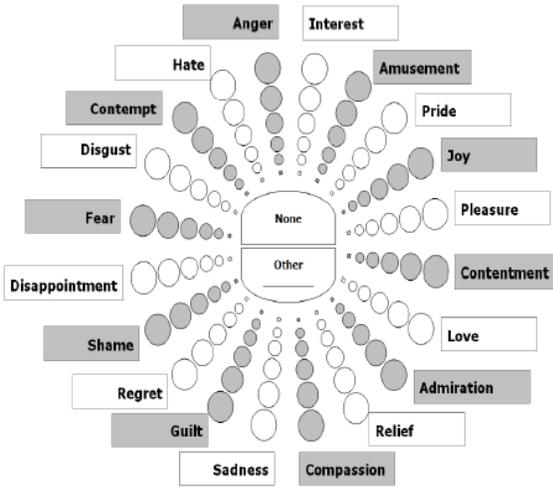
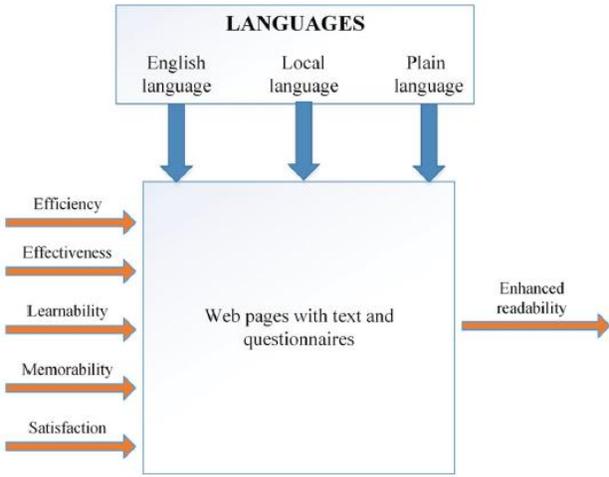
Referencia	Posicionamiento	Número de electrodos	Objetivo del experimento
S. Kumar. et al.2018		16	Predecir la satisfacción del cliente respecto a diversos productos, así como predecir las calificaciones a estos.

<p>R. S. Mangion et al. 2020</p>		<p>11</p>	<p>Comprender la fluctuación de las emociones de un usuario al realizar diversas tareas en productos software, tomando como caso de estudio la red social Facebook.</p>
----------------------------------	---	-----------	---

Para la PB3 se buscaron todas aquellas técnicas y herramientas que permite la medición de la satisfacción, analizando la relevancia de cada una, encontrando que las herramientas más utilizadas son las que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados PB3.

Referencia	Herramienta	Características
<p>Walla, P. et al. 2015</p>	 <p><i>Modelo bidimensional de valencia y excitación.</i></p>	<p>Este modelo presentado por el psicólogo James A. Russel describe el espacio afectivo en dos dimensiones: valencia emocional (positivo frente a negativo), y excitación, que indica la intensidad emocional (de menor a mayor).</p>

<p><b>Neji, M. et al. 2013</b></p>	 <p><i>Rueda de la emoción de Ginebra (GEW).</i></p>	<p>Consiste en términos de emoción discretos correspondientes a familias de emociones que están alineadas sistemáticamente en un círculo. Detrás de la alineación de los términos emocionales están las dos dimensiones de valencia (negativa a positiva) y control (de baja a alta), separando las emociones en cuatro cuadrantes: control negativo / bajo, control negativo / alto, control positivo / bajo y positivo / alto control. [42]</p>
<p><b>Hussain Walayat. et al. 2016</b></p>	 <p><i>Modelo para la mejora de la legibilidad web</i></p>	<p>El modelo planteado por [44] permite a usuarios de sitios web el comprender textos y mejoras su legibilidad en los dos idiomas oficiales de Pakistán (Inglés y urdu). En el esquema propuesto, usan el alfabeto de dichos idiomas y organizan las letras para formar una palabra en tal manera que cuando se lee, el acento es muy parecido al Idioma local hablado por el usuario.</p>

### 2.1.1.5. Discusión

Al realizar la RS se puede evidenciar que existe una relación entre la satisfacción como atributo de usabilidad y los estados emocionales de acuerdo con la PB1, sin embargo, en [10] y [17] se evidencia la importancia del estado mental y emocional de los usuarios a la hora de la toma de señales EEG pues su conocimiento y participación en las tareas mejoran la precisión del sistema. De acuerdo con esto se estima una brecha importante respecto a la identificación de aquellos aspectos puntuales que permiten hablar de la influencia que tienen los estados emocionales sobre la forma que tienen los usuarios de percibir la usabilidad en una aplicación web. Por otro lado, con base en la PB2 se identificaron un número considerable de algoritmos utilizados para la clasificación de los estados emocionales a partir de las ondas cerebrales, y aunque según [40] y [66] los algoritmos basados en redes neuronales son los más precisos en la lectura y procesamiento de señales EEG, ninguno de ellos hace una alusión directa al procesamiento de ondas cerebrales

enfocadas a la satisfacción tomada particularmente como un aspecto de usabilidad. Finalmente, en [74] y [75] las técnicas, herramientas y métodos que se identificaron para la PB3 coinciden en la importancia de la escala de valencia para determinar las emociones que se presentan en los usuarios a la hora de interactuar con un sistema.

Con base en el análisis de las tendencias, capacidades y estudios acerca de las tecnologías web en la actualidad, se evidencia una brecha significativa entre la necesidad de automatizar características de un sistema y específicamente de una aplicación web en base a la satisfacción como aspecto de la usabilidad web. A raíz de esto, se indagaron acerca de los principios heurísticos expuestos en las principales corrientes en materia de usabilidad y evaluación de esta (Nielsen, Torres Burriel y Sirius) [89] seleccionando así los que se consideraron más relevantes a la hora de evaluar la satisfacción en aplicaciones web.

## 2.2. Heurísticas de usabilidad y la incidencia de la satisfacción en las aplicaciones web

Cuando hablamos de usabilidad se destacan tres corrientes primordiales identificadas en la Tabla 8, las cuales abarcan todos los aspectos necesarios para garantizar que una aplicación y/o sitio web sea altamente usable.

Tabla 8. Corrientes de usabilidad primordiales.

Nielsen	Torres Burriel	Sirius
Visibilidad del diseño del sistema	Aspectos generales	Aspectos generales
Conciencia entre el sistema y el mundo real	Identidad e información	Identidad e información
Control y libertad del usuario	Lenguaje y redacción	Rotulado
Consistencia y estándares	Rotulado	Estructura y navegación
Prevención de errores	Estructura y navegación	Entendibilidad y Facilidad
Reconocimiento en lugar de recordar	Layout de página	Layout de página
Flexibilidad y eficiencia de uso	Elementos multimedia	Elementos multimedia
Diseño estético y minimalista	Ayuda	Ayuda
Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	Búsqueda	Búsqueda
Ayuda y documentación	Accesibilidad	Control y retroalimentación
	Control y retroalimentación	

Dado que el enfoque es el diseño de un componente web, se analizó cuáles de las heurísticas previamente abordadas por las corrientes de Nielsen, Torres Burriel y Sirius, son más relevantes

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 37 de 113

para la construcción de un componente altamente usable que se adapte al nivel de satisfacción del usuario con el que interactúa. De los criterios que se presentan a continuación en la Tabla 9, se especifican aquellos que se consideraron susceptibles a automatización, así como aquellos que se manejaron de forma estática en el componente web adaptable.

Tabla 9. Heurísticas susceptibles a adaptación.

Heurística	Criterios	Componente adaptable
Aspectos generales	Objetivos de los sitios web concretos y bien definidos.	X
	Contenidos y servicios ofrecidos precisos y completos.	
	Diseño general del sitio web coherente.	X
	Se utiliza el idioma del usuario.	
	Se ofrece información sobre el autor, fuentes y fechas de creación y revisión en artículos, noticias, informes.	
Estructura y navegación	Estructura de organización y navegación adecuada.	
	Organización de elementos consistente con las convenciones.	X
	Equilibrio entre profundidad y anchura en el caso de estructura jerárquica.	
Layout de página	Se aprovechan las zonas de alta jerarquía informativa de la página para contenidos de mayor relevancia.	
	Se ha evitado la sobrecarga informativa.	
	Es una interfaz limpia, sin ruido visual.	X
	Existen zonas en blanco entre los objetos informativos de la página para poder descansar la vista.	X
	Uso correcto del espacio visual de la página.	X
	Se utiliza correctamente la jerarquía visual para expresar las relaciones del tipo "parte de" entre los elementos de la página.	
	Se ha controlado la longitud de página.	
	El texto de la página se lee sin dificultad.	
	Se ha evitado el texto parpadeante / deslizante.	X
	Uso consistente de los controles de la interfaz.	X
Metáforas visuales reconocibles y comprensibles por cualquier usuario (ej.: iconos).	X	
Elementos multimedia	Fotografías comprensibles.	X
	Fotografías con correcta resolución.	X
	El uso de imágenes o animaciones proporciona algún tipo de valor añadido.	X
	Se ha evitado el uso de animaciones cíclicas.	X

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>38</b> de <b>113</b>

## Conclusiones

El presente capítulo se realizó como fin obtener una visión general acerca de las investigaciones y demás trabajos de interés existentes en la construcción de componentes web adaptables a la satisfacción como aspecto de la usabilidad en base a los estados emocionales de los usuarios al interactuar con aplicaciones web. Los resultados de trabajos realizados, aportes y desafíos fueron descritos con el fin de identificar brechas en las cuales enfocar los esfuerzos de investigación. De acuerdo con la interpretación de PB1, no existe una identificación de aspectos de usabilidad que permitan hablar de una relación directa con la satisfacción que presentan los usuarios a la hora de interactuar con una aplicación web; en PB2 aún con una cifra considerable de algoritmos existentes que permiten el procesamiento de señales EEG, ninguno se enfoca específicamente en identificar la satisfacción en ellas; y según PB3 existen técnicas y herramientas dedicadas a la medición de las diferentes emociones presentes en los usuarios, pero no abarcan la medida de estas aplicadas a un campo específico. En conclusión, no existe ningún componente adaptable a aspectos de usabilidad web con base a la satisfacción y los estados emocionales. Sin embargo, las investigaciones y trabajos encontrados son la base para desarrollar un componente apropiado.

Las principales contribuciones de este documento están relacionadas con: la identificación de los estados emocionales como un factor altamente influyente en la toma de señales EEG así el análisis de estudios de investigación enfocados a la usabilidad web y sus formas de evaluación.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>39</b> de <b>113</b>

## Capítulo 3. Diseño experimental

### Introducción

La experimentación juega un papel determinante para dar validez a la investigación, es aquí donde radica el correcto diseño del experimento.

En el presente capítulo, se presenta el diseño experimental basado en GQM desarrollado para esta investigación. El método GQM (Objetivo, Pregunta, Métrica en español), se enfoca en proporcionar una forma que permita definir métricas para medir el avance como los resultados de algún proyecto, a partir de la aplicación de unas preguntas relacionadas con el mismo y que permitan alcanzar unas metas previamente planteadas [77]. El diseño es de carácter explicativo, planteado de esta forma para encontrar los efectos que provoca el incorporar el lector de señales EEG OpenBCI en la evaluación de la satisfacción como atributo de la usabilidad en una aplicación web. Información que permita comprender mejor un sistema (un procedimiento analítico, por ejemplo) y tomar decisiones sobre cómo optimizarlo y mejorar su calidad, comprobar hipótesis científicas.

### 3.1. Diseño del experimento

Con el fin de establecer las condiciones bajo las cuales tomar las señales, se elaboró el protocolo de adquisición de bioseñales que se muestra a continuación, el cual describe el objetivo del experimento, criterios de inclusión y exclusión, así como las herramientas hardware y softwares utilizadas para la recolección de señales, condiciones ambientadas ideales para la lectura y el consentimiento informado; finalmente la descripción detallada de cómo se medirán las señales de interés.

#### 3.1.1. Protocolo para la recolección de datos EEG utilizando OPENBCI

Redactado por: Antonella Ceballos Romero – Duvan Smith Montenegro Roque

Revisado por: Helder Yesid Castrillón Cobo

Instituciones participantes: Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías

Ciudad: Popayán Colombia

##### 3.1.1.1. Objetivo

Adquirir de manera ordenada y replicable las señales encefalográficas de participantes voluntarios que permita desarrollar una base de datos para el posterior análisis en procesamiento digital de señales EEG con el fin de medir la satisfacción como aspecto de usabilidad por medio de los estados emocionales.

##### 3.1.1.2. Herramientas para la adquisición de señales EEG:

- OpenBCI: para el experimento se utilizaron las placas de OpenBCI Cyton y la placa Daisy. El criterio de selección de los canales se basó en [78] donde se especifica la relación entre

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>40</b> de <b>113</b>

los canales y el correcto posicionamiento que se debe lograr para la toma óptima de señales EEG.

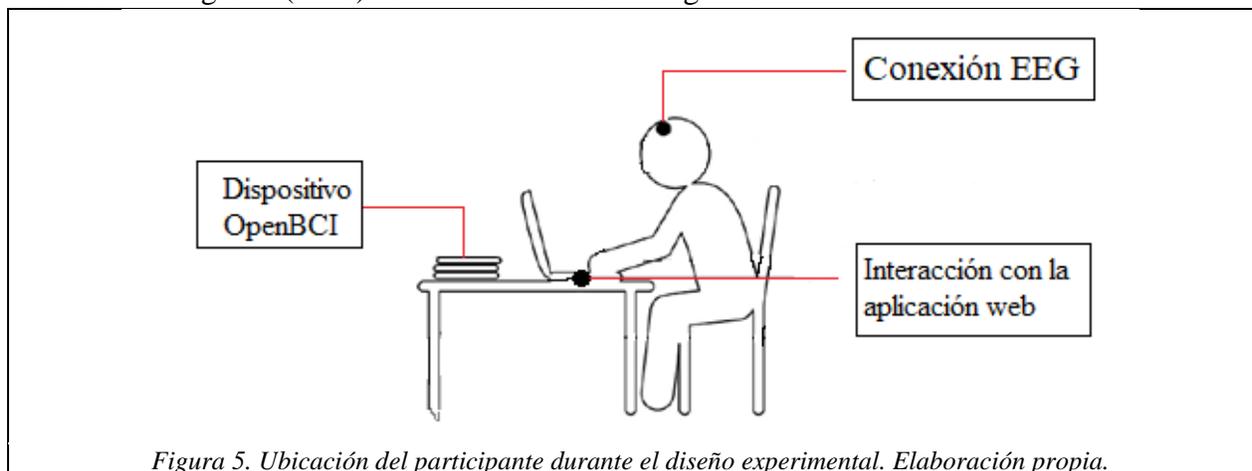
- Electrodo: Para la adquisición de señales se usaron electrodos superficiales.
- Cables de conexión de electrodo

### 3.1.1.3. Ubicación:

Las pruebas a los voluntarios se realizaron en el laboratorio de redes de la Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca sede Popayán.

El voluntario estuvo solo en su área de trabajo, buena iluminación y una temperatura ambiental estándar, la cual le permitió mantener su temperatura corporal estable (37.2°C aproximadamente)

La ubicación se realizó según las especificaciones recomendadas para la toma de señales de electroencefalografía (EEG) como se observa en la figura 5.



### 3.1.1.4. Condiciones ambientales

Con el fin de adquirir señales limpias de ruido electromagnético proveniente de señales de radio teléfonos, transmisores de radiofrecuencia, celulares, entre otros; el registro de las señales se realizó en un recinto cerrado que aísla estos sonidos.

### 3.1.1.5. Instrumento de recolección de la información y consentimiento informado

El instrumento de recolección de la información (anexo 1), se construyó con el fin de capturar los datos esenciales de cada participante como nombre, edad, sexo y demás particularidades incluidas en los criterios de inclusión y exclusión del experimento; por su parte el documento de consentimiento informado se encuentra en el anexo 2, fue dirigido a personas que voluntariamente decidieron participar en el proyecto. El fin de este estudio fue recolectar datos experimentales asociados a la obtención de señales encefalográficas para el desarrollo de aplicaciones de procesamiento digital.

### 3.1.1.6. Descripción del protocolo

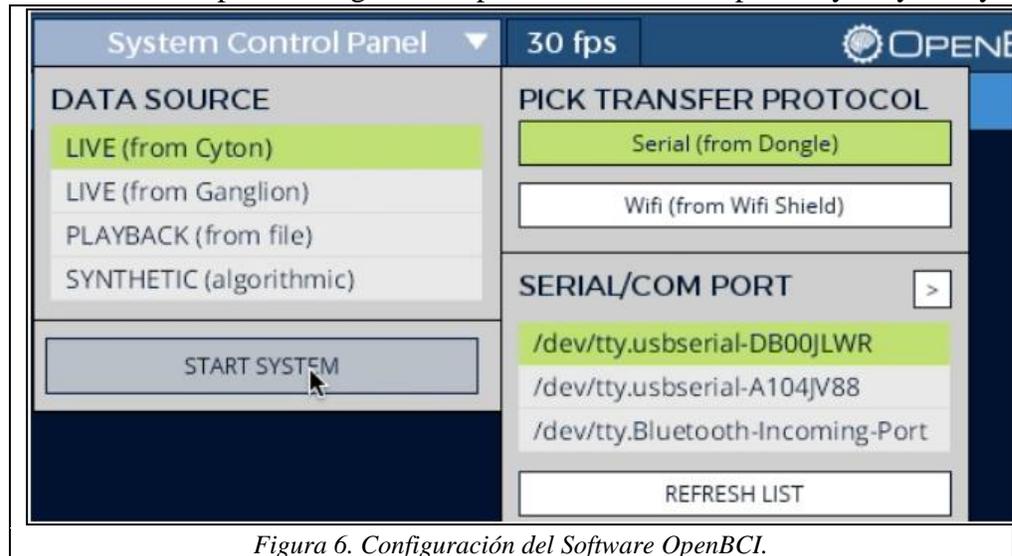
- Informar al participante en qué consiste el proyecto que se va a realizar, los procedimientos que esta investigación implica y cuáles son los riesgos que pueden tenerse en esta investigación.
- Entregar el consentimiento informado para que el participante lo lea y atender cualquier duda que tenga el participante sobre el procedimiento.
- Preguntar al participante, si está de acuerdo en participar en la investigación, en caso afirmativo otorgar con su firma la autorización para proceder con la investigación.
- Realizar las preguntas que se encuentran en el plan de recolección de datos, con el fin de verificar el estado de salud y físico de la persona al ingresar a la prueba.
- Conectar los electrodos aleatoriamente como se muestra en la tabla 10. La conexión aleatoria de los electrodos a los pines de las placas del dispositivo OpenBCI, no tienen relación entre la calidad o precisión a la hora de la toma de señales, únicamente el Pin de referencia y cancelación de ruido como se explica en [79].

Tabla 10. Conexión de hardware OPENBCI

Color del electrodo	Pin	Placa	Función	Posicionamiento según el sistema 10-20
Blanco	SRB2 (pin SRB inferior)	Cyton	Pin de referencia	A1
Negro	pin BIAS inferior	Daisy	Pin de cancelación de ruido	A2
Gris	NP8	Cyton	Entrada analógica	O1
Morado	NP7	Cyton	Entrada analógica	F7
Azul	NP6	Cyton	Entrada analógica	F3
Verde	NP5	Cyton	Entrada analógica	F8
Amarillo	NP4	Cyton	Entrada analógica	Cz
Naranja	NP3	Daisy	Entrada analógica	Fp1
Rojo	NP2	Daisy	Entrada analógica	Fz
Café	NP8	Daisy	Entrada analógica	F4
Blanco 2	NP7	Daisy	Entrada analógica	C4
Negro 2	NP6	Daisy	Entrada analógica	T6

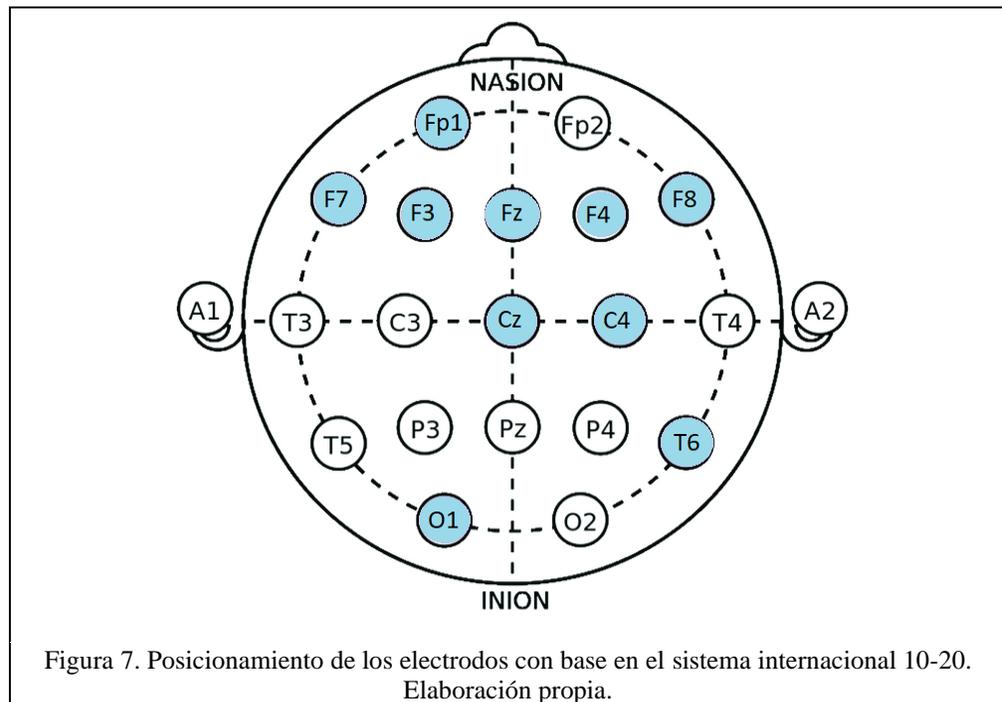
- Preparar los electrodos y el gorro para el registro de las diferentes señales, siguiendo los protocolos establecidos por la Federación Internacional de sociedades de Electroencefalografía.

- Realizar las conexiones del hardware OpenBCI a la fuente de alimentación y el Dongle USB el computador donde se pretende ejecutar el software.
- Configurar en el software OpenBCI según las especificaciones de la placa Cyton y Daisy.



*Figura 6. Configuración del Software OpenBCI.*

- Realizar la medición del punto medio del cráneo entre el nasión y el inión, en este punto se deberá ubicar el punto medio del gorro para registrar las señales de EEG.
- Aplicar gel conductor a los electrodos según las recomendaciones dadas por la American Clinical Neurophysiology Society en la Guía 6 llamada “A proposal for standard Montages to be used in EEG” [80].
- Limpiar con una gasa y alcohol los puntos escogidos previamente donde se captará las señales, además del punto donde se ubicarán los electrodos.
- Con el fin de garantizar la calidad de las señales tanto a la hora de su recolección como de interpretación en materia de satisfacción, se creó un modelo de posicionamiento basado en el sistema 10-20 y los modelos planteados en [40] y [44] tomando como referencia aquellas posiciones que proveen una mejor lectura de señales EEG.



- Ubicar los electrodos superficiales en los puntos especificados anteriormente como se muestra en la figura 8.



	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 44 de 113

- Iniciar el registro de las señales oprimiendo “Start Data Stream” en el software OpenBCI, anotando los eventos relevantes durante la grabación con el fin de documentar cualquier anomalía en el proceso.
- Detener el registro de las señales, “Stop Data Stream” en el software OpenBCI.
- Retirar los electrodos del participante y proceder a la limpieza de la piel y el cuero cabelludo.

### **3.2. Desarrollo del experimento**

#### 3.2.1. Tipo de estudio

Estudio prospectivo de tipo observacional.

#### 3.2.2. Población y muestra

- Población: Muestra de 10 sujetos en total que se destinan como grupo de control, este grupo utiliza el OpenBCI para realizar la prueba a la aplicación web utilizando el dispositivo OpenBCI.
- Selección entre la población real, muestreo: Probabilístico. Se realizó por el método de muestreo aleatorio simple, al asignar números a los individuos (muestra) y luego elegir de manera aleatoria números entre los números a través de un proceso automatizado en este caso, un sistema software de selección aleatoria de números.
- Muestra representativa
  - Criterios de inclusión:
    - Estudiantes de la Corporación Universitaria Comfacauca, Unicomfacauca sede Popayán entre los 18 y 25 años, sean personas sanas, sin patologías aparentes. Los sujetos aceptan voluntariamente su participación en la investigación y se firma el consentimiento de trata de información.
  - Criterios excluyentes:
    - Sujetos que presenten una o más de las siguientes patologías: mental, respiratorias, oftalmológicas, cardiovasculares, crónicas, hepáticas, genéticas, auditivas, virales, nerviosa, neuromusculares.
    - Sujetos que están siendo medicados, usen drogas psicotrópicas, su consumo regular de alcohol sea mayor a 6 unidades a la semana y su consumo de cigarrillos sea mayor a medio paquete diario.
- Participación en la muestra (personas): Voluntaria.
- División en grupos: Homogéneos. Grupo de voluntarios dentro del mismo rango de edad, profesión y carrera universitaria.
- Formación de grupos: Aleatorio individual. De la población se seleccionaron aleatoriamente los participantes del experimento.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>45</b> de <b>113</b>

### 3.2.3. Tratamiento

Fenómeno para estudiar: Nivel de satisfacción de un usuario al interactuar con una aplicación web.

### 3.2.4. Variables dependientes

- Estimulación de umbrales: Con el fin de obtener los picos de satisfacción máxima y mínima en los participantes durante el experimento, se seleccionaron páginas web con aspectos de usabilidad altamente definidos como: color, apariencia y disposición del texto e imágenes.
- Instrumento de medida: Cuestionario de opinión

### 3.2.5. Desarrollo de la prueba

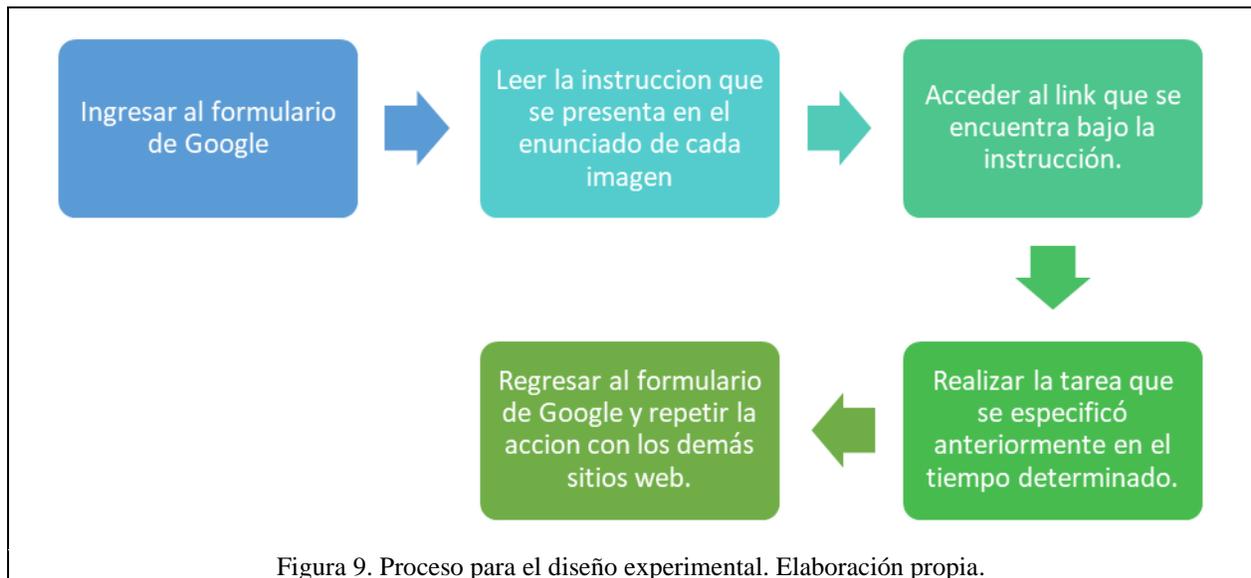
Para la captura de datos en este experimento se cuenta con un grupo de trabajo seleccionado al azar. Con el fin de que el grupo experimental desarrolle correctamente las tareas propuestas, se les presenta una breve introducción sobre lo que debe realizar en cada una de ellas. La información necesaria se recolecta por medio del dispositivo OpenBCI.

La estructura del experimento es el siguiente:

Se les presentan un total de 20 páginas web en las que varían elementos como: contenido, presentación, fuente de letra, distribución de contenido y tamaño, con el fin de identificar el nivel de satisfacción presente en los participantes al interactuar con cada uno de estos, por medio de la realización de una tarea determinada en cada una de las páginas en un intervalo de tiempo de 15 segundos.

Para esto, se recopilaron: Instrucción de la tarea a realizar, enlace de acceso y captura de pantalla con la vista principal del sitio web en un formulario de Google, como se observa en la figura 9, permitiendo sintetizar todo lo necesario para que los participantes desarrollen las tareas.

Los voluntarios son aislados en una zona adecuada libre de ruido, sólo con los elementos necesarios para el desarrollo de experimento.



Con los datos obtenidos de este grupo, se realiza un promedio que permite saber los puntos y atributos en común ente los participantes, con el fin de evaluar la diferencia existente entre los resultados obtenidos de las muestras, identificando el resultado de mayor exactitud en la satisfacción y de mayor impacto para el diseño del componente web adaptable.

### 3.2.6. Señales de interés

Son las ondas o ritmo alfa tomada de las señales de la región occipital del cerebro, el ritmo alfa se atenúa cuando el voluntario inicia alguna clase de actividad mental que requiera concentración la cual se asocia a la satisfacción [19]. La frecuencia de este se encuentra entre los 8 y 14 Hz, la frecuencia media del ritmo alfa en un adulto normal se ha establecido en  $10,2 \pm 0,9$  Hz. La conexión de los electrodos se dará bajo el estándar de posicionamiento 10-20 a 60 Hz para una mayor validez en la captura de las señales.

### 3.2.7. Captura de señales

Se capturan las señales EEG por medio de las placas OpenBCI Cyton y Daisy, con ayuda del Software OpenBCI GUI v5.0.1 el cual cuenta con un filtro de muesca FIR digital en el módulo de procesamiento, este funciona automáticamente para cualquier ruido de modo común, independientemente de la frecuencia, 60 Hz, 50 Hz, en las pruebas se maneja el filtro por defecto de 60 Hz red americana y el filtro BP Filt 5-50 Hz de paso de banda.

### 3.2.8. Seguimiento

Todo el experimento fue supervisado, con el fin de aportar validez y veracidad a la información capturada y la correcta conexión de los sistemas hardware y software. Esta supervisión a cada uno de los procesos realizados por el encargado de hardware y software, siendo el encargado del hardware la persona a cargo de configurar la placa Cyton e instalar el casco a el voluntario, y el

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>47</b> de <b>113</b>

encargado del software debe generar una correcta conexión, recolección de señales y guardado de las muestras.

### 3.3. Discusión y conclusiones

#### 3.3.1. Selección de género de la población

La totalidad de participantes que fueron seleccionados para realizar el experimento fueron del género masculino por una serie de razones:

- El posicionamiento de los electrodos en las mujeres se dificultaba, debido a que la basta cantidad de cabello no permite que estos se adhieran correctamente y en caso de lograrlo, genera alto ruido en las señales EEG lo que imposibilita la toma de señales que sean útiles para el análisis.
- Con base en los estudios relacionados la onda P300, encargada de medir el potencial evocado cognitivo de un sujeto y que se produce ante el reconocimiento de un estímulo visual [81], y según estudios previos [82], aunque varios subcomponentes de la P300 varían dependiendo el género del sujeto, evidenciando mayor amplitud en mujeres y mayor latencia en hombres, no es posible diferenciar si aquellas diferencias se deben a factores ambientales, experimentales o referentes a los equipos de medición y técnicas de recolección de señales EEG, por lo que la realización del experimento a un grupo de participantes de ambos géneros o de uno en particular no tiene una gran incidencia en los resultados del mismo.

#### Conclusiones

Con los resultados del experimento se logró concluir que:

- El propósito de obtener los picos de satisfacción por medio de la inclusión de sitios web explícitamente usables y no usables se cumplió, pues en la recolección de señales se evidenció que los participantes reaccionaron positivamente a este estímulo.
- Aún con la reducción de cantidad de participantes debido a restricciones relacionadas con la pandemia por el COVID-19, el intervalo de tiempo y número de pruebas realizadas por participante, permitieron obtener una cantidad significativa de muestras para la posterior construcción del dataset.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>48</b> de <b>113</b>

## **Capítulo 4: Construcción del Dataset y modelo de machine learning**

### **Introducción**

Ante la falta de un dataset existente capaz de cumplir con los requisitos necesarios para el proyecto (número de canales utilizados para la recolección de las señales, duración de la toma de las muestras y el enfoque de la interacción del usuario con una aplicación web), se optó por construir una dataset que permitiera dar respuesta a los objetivos planteados. En el presente capítulo se describe el proceso de construcción de un dataset enfocado a la investigación, así como un modelo de machine learning que permita el entrenamiento adecuado del algoritmo necesario para el procesamiento e interpretación de las señales EEG recolectadas en los experimentos.

### **4.1. Selección de condiciones previas**

#### 4.1.1. Tipo de archivo para la recolección de señales

Con respecto a la construcción del dataset, se debe conocer el tipo de archivo con el cual se almacenan los datos recolectados o señales EEG, porque, dependiendo del tipo de archivo, se debe llevar a cabo un preprocesamiento específico. Al trabajar con el dispositivo OpenBCI se tienen dos opciones de trabajo: La primera opción es un archivo de texto plano “TXT” y la segunda es una versión de 24 bits del popular formato EDF de 16 bits “BDF” [83].

Para esta investigación se seleccionaron los archivos BDF, tipo de archivo proveniente de un formato de datos europeos de los más utilizados en equipos de registro de potenciales eléctricos biológicos. Este tipo de archivo cuenta con una gran documentación librerías y software específicos para su procesamiento, entre las librerías se encuentra MNE, la cual fue utilizada para llevar a cabo el análisis y el filtrado de las señales.

### **4.2. Proceso de construcción del dataset**

Para la correcta construcción del dataset se inició con el filtrado de las señales, siguiendo la guía proveída por [84], haciendo uso de un filtro pasa banda y un notch (filtro ruido eléctrico) de la librería MNE. Posteriormente, se construyó una guía básica de configuración del entorno necesario para el procesamiento de señales y la creación del dataset (Ver Anexo 3).

Después de conocer cómo recolectar las muestras de una manera correcta tanto en la parte física como la lógica, se realizaron los experimentos para la toma y recolección de muestras (EEG) usando el diseño experimental descrito previamente. Con las muestras ya recolectadas y almacenadas, se analizaron por medio de una gráfica de las señales tomadas en el tiempo, generada por medio de la librería MNE.

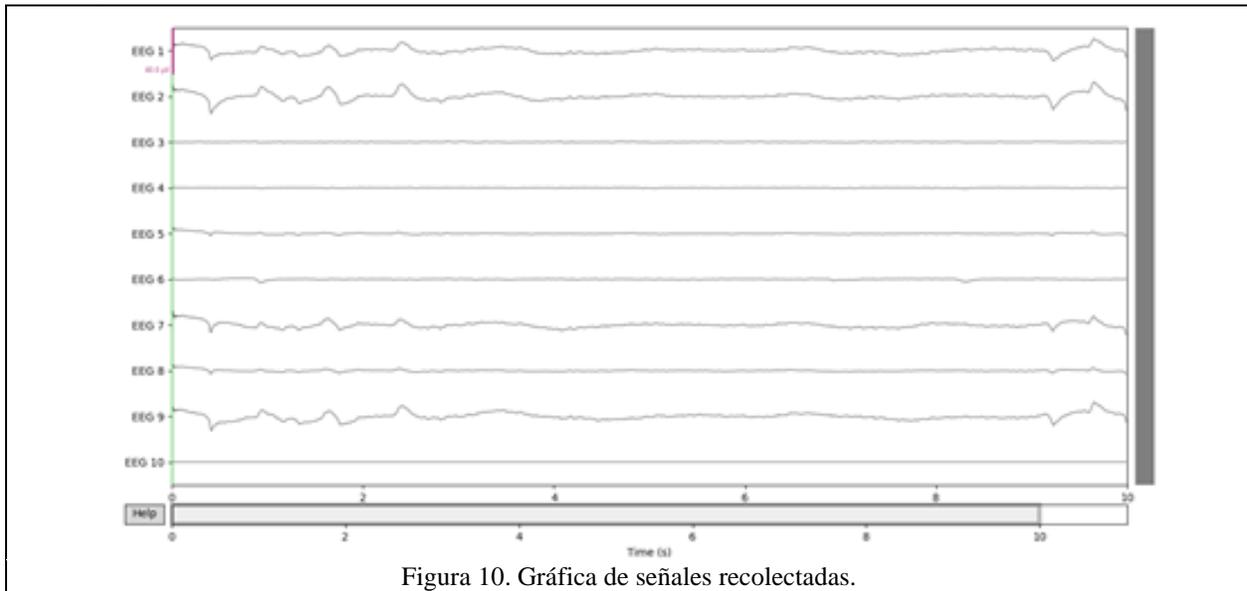


Figura 10. Gráfica de señales recolectadas.

Con este tipo de gráficos se realizó el primer filtro para la creación del dataset, eliminando u obviando los archivos que contaban con demasiados canales caídos o con demasiado ruido, como se observa en el anexo 4.

El dataset que se logró obtener (Ver anexo 5) luego del filtrado, fue el siguiente:

- 220 archivos BDF de los cuales: 110 archivos BDF son de satisfacción y 110 archivos BDF son de insatisfacción.
- OpenBCI recolecta las señales cada 0.008 milisegundos, por lo cual existe un total de 1251 instancias por archivo BDF y 137610 instancias por cada elemento de clasificación (satisfecho e insatisfecho) para un total de 275220 instancias y cada una de estas muestras o señales tienen 10 características cada una, que en este caso son cada uno de los canales EGG.

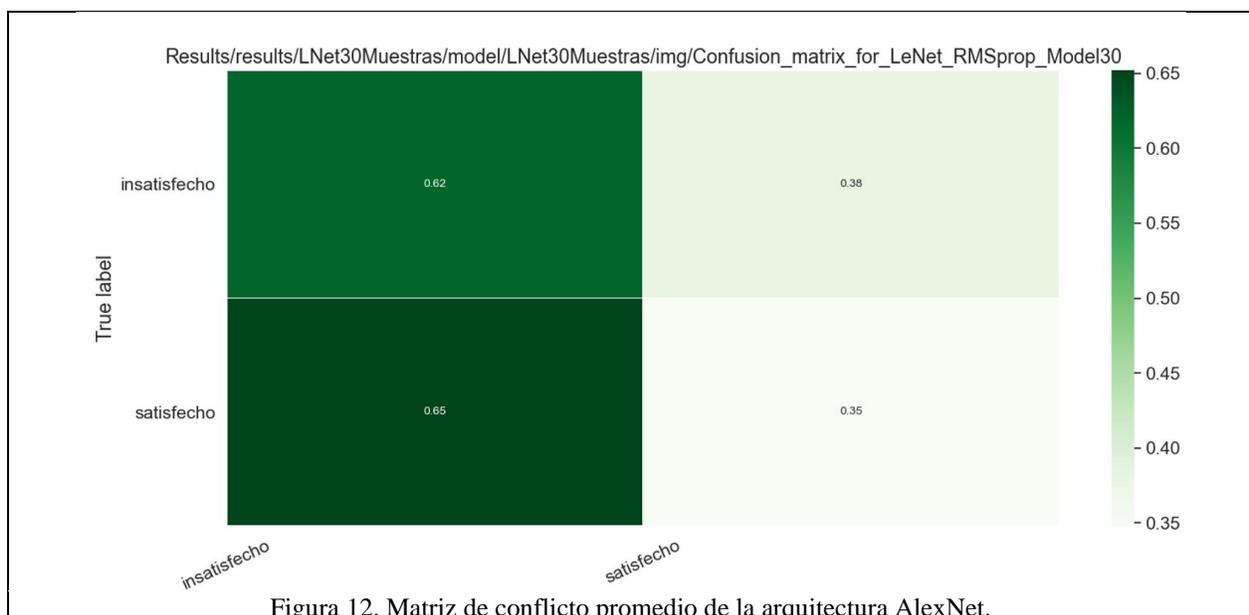
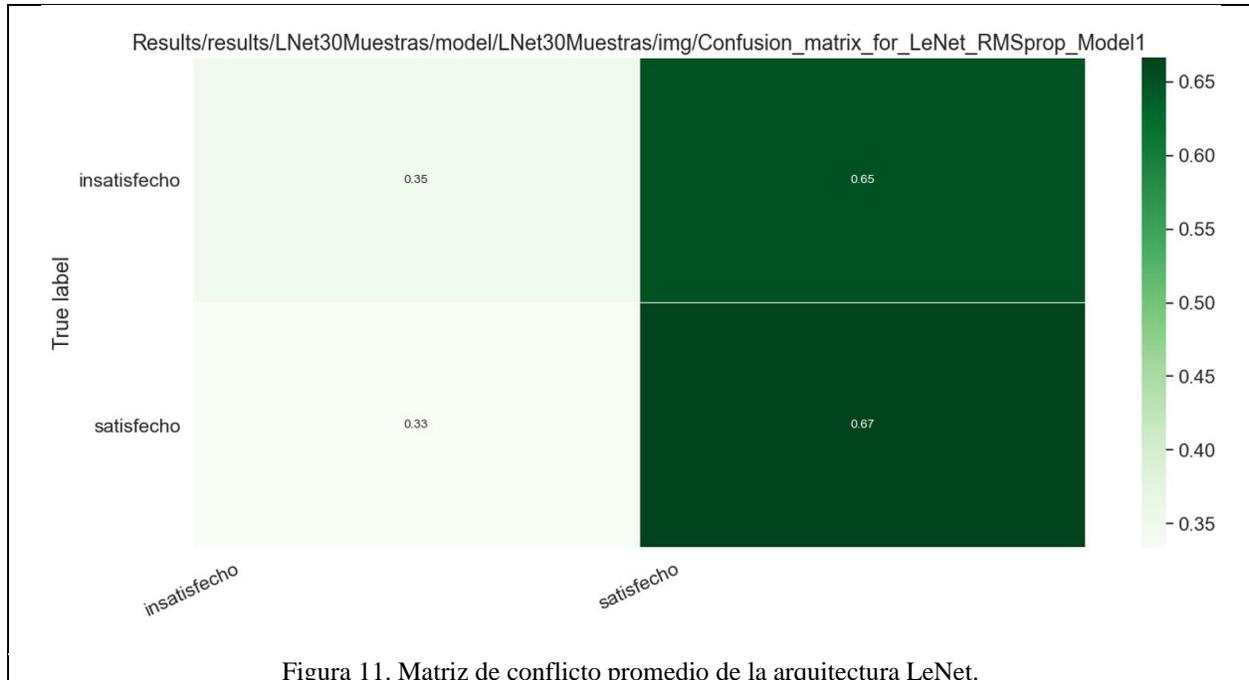
#### 4.3. Construcción del algoritmo de entrenamiento

Para la realización del algoritmo de entrenamiento, se tuvieron como referencia los algoritmos encontrados en el marco teórico, donde se resaltaba la incidencia de las redes neuronales convolucionales (CNN) y tomando como base las arquitecturas LeNet [85] y AlexNet [86]. Para lograr la compatibilidad entre las arquitecturas antes mencionadas y el dataset creado, se realizaron modificaciones en la capa del filtro dimensional, encargada de reducir el sobreajuste en los modelos entrenados.

Adicionalmente, se utilizó un segundo algoritmo seleccionado por medio de las herramientas Orange [87] y Weka [88] con el fin de determinar cuál algoritmo era el más óptimo para el dataset creado previamente determinando que este era Random Forest.

#### 4.3.1. Análisis de algoritmos

Inicialmente, se trabajó con arquitecturas como LeNet y AlexNet como se muestra en las Figuras 11 y 12, pero debido a que el tamaño del dataset se consideraba demasiado pequeño para lograr los resultados deseados, se realizó un análisis para averiguar cuál de los algoritmos sería más factible utilizar con el dataset creado, para lograr esto se utilizaron las herramientas Orange y Weka.



	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>51</b> de <b>113</b>

Con ayuda de estas herramientas y los resultados obtenidos con los diferentes algoritmos, se evidenció que la opción más óptima a usar con el dataset era el Random Forest, para este punto del proyecto se contaba con un algoritmo que realizaba entrenamientos con un score de 0.9 con la arquitectura LeNet, pero tras validar se evidenció que los resultados no eran estables, no se podía replicar esta misma precisión pero estos eran muy difíciles de replicar, por lo cual el algoritmo se modificó para que también funcionara con Random Forest.

#### 4.3.2. Optimización del algoritmo

Con el fin de obtener los mejores resultados a la hora de entrenar el algoritmo:

- Se eliminaron las muestras de participantes no aptos. Aquellos participantes que en las muestras tomadas contaban con canales desactivados de los cuales no era posible obtener ningún tipo de información.
- Se separaron las muestras en dos carpetas (insatisfecho y satisfecho), clasificación obtenida según la clasificación de sitios web previamente descritos para el experimento.
- Se analizaron las características a utilizar y ajustaron los parámetros del modelo.

Para el análisis de las características inicialmente se eliminaron permanentemente los canales que no aportaban cambios reales en los datos, como los canales X, Y, Z encargados de monitorear el movimiento de los participantes, pero al ser una prueba que no requería de movimiento, estos no aportaban información relevante y aumentaban los tiempos de entrenamiento. El siguiente criterio para la eliminación de características fue en cuánto ruido contenía cada uno de los canales, según lo analizado durante la eliminación de participantes no aptos.

La eliminación de canales y archivos BDF se realizó en el algoritmo de entrenamiento y no de una manera directa en los archivos y carpetas, esto permitió experimentar con diferentes dataset sin tener que modificar los archivos físicamente (eliminarlos/modificarlos) en cada prueba.

Los canales se encendían o se apagaban por medio de la librería MNE, para esto se creó una lista con los canales con los cuales se trabajó, como se observa en el ejemplo de la Figura 13:

```
ncanales=['EEG 1', 'EEG 2', 'EEG 3', 'EEG 4', 'EEG 5', 'EEG 6', 'EEG 7', 'EEG 8', 'EEG 9' ]
# ncanales=['EEG 1', 'EEG 2', 'EEG 3', 'EEG 4', 'EEG 5', 'EEG 6', 'EEG 7', 'EEG 8', 'EEG 9', 'EEG 10']
```

Figura 13. Lista de canales.

Para el ajuste de los parámetros, lo cual busca los pesos que obtendrían los mejores resultados, se realizó una combinación aleatoria de parámetros tales como el separo de los conjuntos de datos (test\_size), el número de épocas, las variables del filtro (lowfreq, highpass), la activación o desactivación del aumento de datos, el optimizador utilizado Adam o RMSprop, Algoritmo utilizado Random Forest o CNN con la arquitectura utilizada LeNet o AlexNet y el orden del dataset.

Para definir el orden del dataset, los archivos BDF se filtraron y organizaron de la siguiente manera: si la lista de archivos contenía datos, estos serían procesados en el orden de esta lista, en caso contrario, el algoritmo tomaría todos los datos desde la carpeta original con un orden aleatorio.

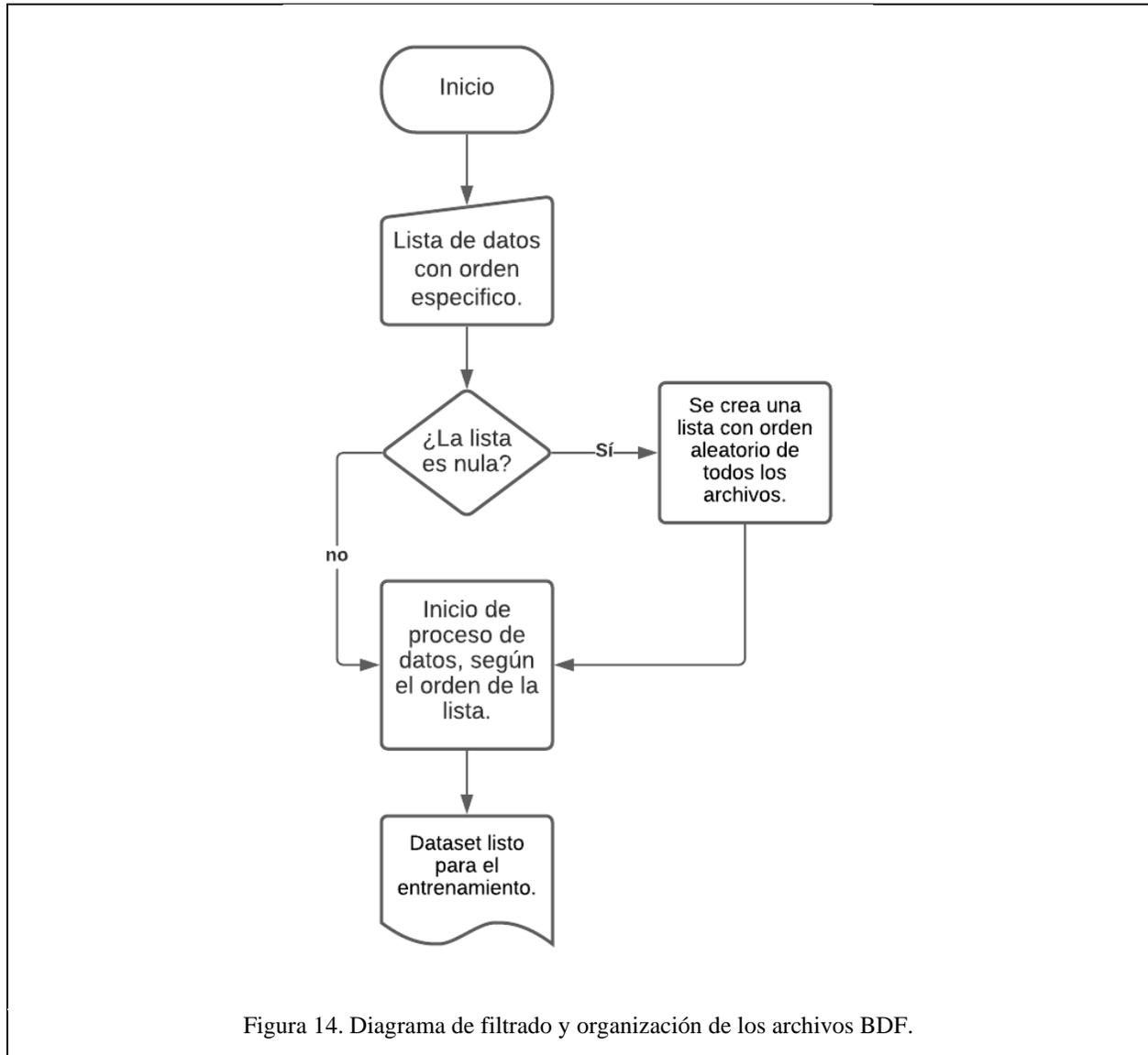


Figura 14. Diagrama de filtrado y organización de los archivos BDF.

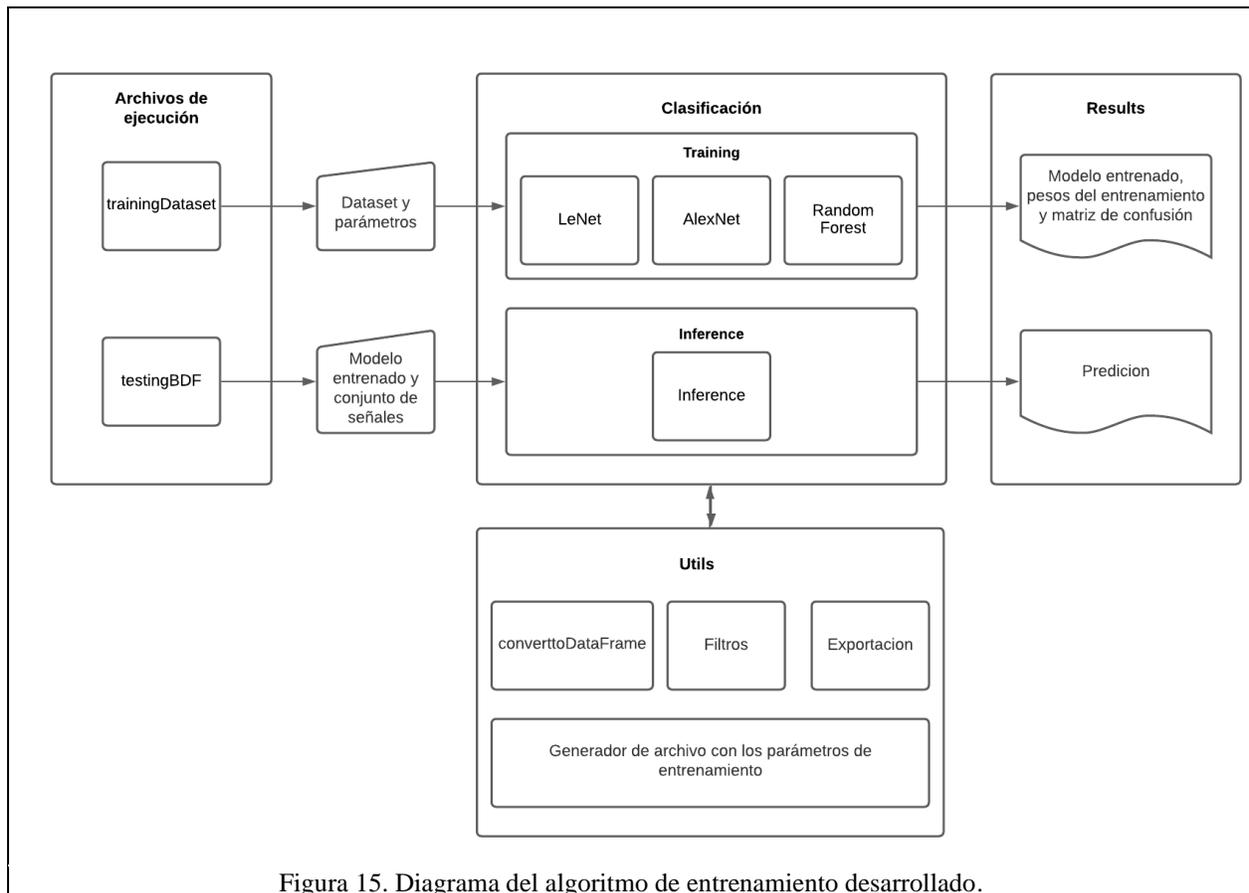


Figura 15. Diagrama del algoritmo de entrenamiento desarrollado.

#### 4.4. Discusión

Entre los algoritmos utilizados para la creación del modelo de entrenamiento, el algoritmo con el mejor resultado fue CNN con la arquitectura LeNet y el segundo mejor resultado se obtuvo con el algoritmo Random Forest.

Para obtener estos resultados se llevaron a cabo una gran cantidad de entrenamientos con la arquitectura LeNet, y de los mejores modelos obtenidos con esta arquitectura, se repitió el entrenamiento para dar validez a los modelos entrenados, permitiendo evidenciar que no era posible obtener modelos similares a partir de los mismos datos.

Por este motivo, se optó por seleccionar el segundo mejor modelo entrenado, el cual se obtuvo con el algoritmo Random Forest. Al entrenar con este algoritmo los mismos datos repetidas veces, se obtenían modelos similares en todos los entrenamientos de prueba realizados.

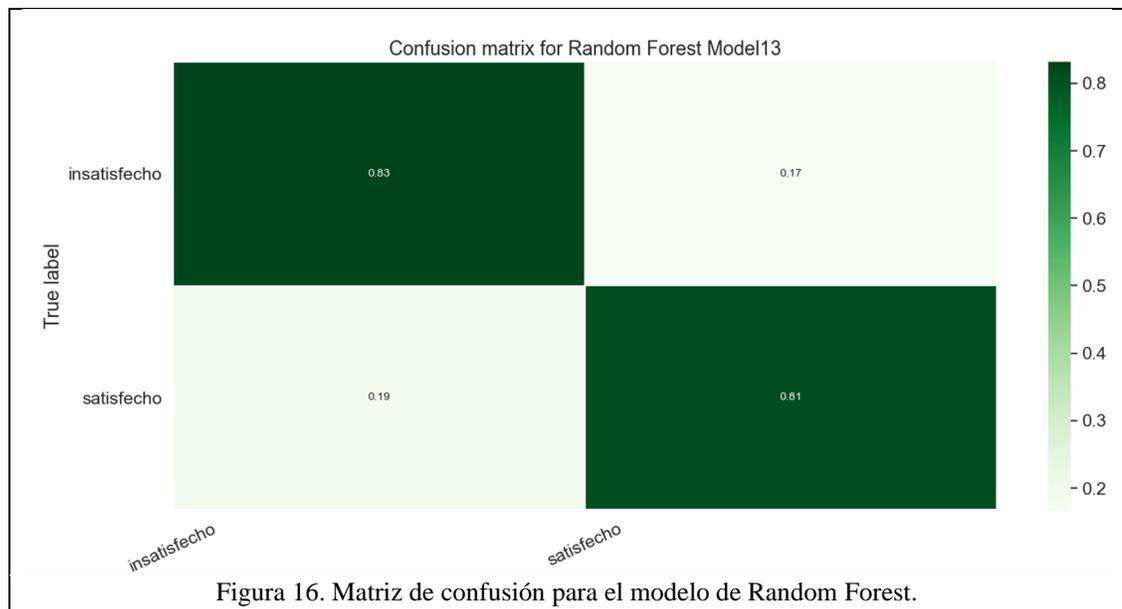
Los resultados de entrenamiento obtenidos con LeNet y Random Forest, se muestran a continuación:

#### 4.4.1. Random Forest

En la siguiente tabla se evidencia el resultado del mejor modelo entrenado con Random Forest, tomando como valor más representativo el F1-score para el cual se realizó un promedio en base a los resultados de esta métrica. Con este algoritmo, el F1-score promedio de los 31 modelos obtenidos en las pruebas realizadas fue de un 81%.

Tabla 11. Resultados de entrenamiento con Random Forest

Medida	Valor	Precisión	Recall	F1-score	Support
Insatisfacción	0.0	0.8172	0.8303	0.8237	20682
Satisfacción	1.0	0.8268	0.8135	0.8201	20601
Score: 0.8219					



Con la información obtenida se observa que la clasificación: Arroja una precisión o calidad de acierto promedio del 81% y un recall o cantidad de aciertos promedio del 82% entre las dos clases trabajadas. Aunque los porcentajes obtenidos son muy cercanos, este modelo detecta de mejor manera la clase dos (Insatisfacción) pero también incluye muestras de la otra clase (Satisfacción), mientras que la detección de la clase uno es inferior, pero cuando lo hace es altamente confiable. (Ver anexo 7).

#### 4.4.2. LeNet

El promedio de F1-score de los 30 entrenamientos realizados estuvo por debajo del 70% pero logró obtener 3 modelos con un F1-score por encima del 90%, los mejores resultados de los modelos entrenados se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 12. Resultados de entrenamiento con LeNet.

Medida	Valor	Precisión	Recall	F1-score	Support
Insatisfacción	0.0	0.9545	1.0000	0.9767	21
Satisfacción	1.0	1.0000	0.9565	0.9778	23
Score: 0.9773					

Con la información se puede concluir que en la clasificación:

En la clase uno (Satisfacción) se tiene una alta precisión y recall inferior a la precisión, lo cual significa que el modelo no detecta la clase el 100% de las veces, pero cuando lo hace es altamente confiable mientras que la clase dos (Insatisfacción) cuenta con una precisión más baja y un recall más alto, por lo tanto, el algoritmo detecta bien la clase, pero también incluye muestras de la otra clase.

Teniendo en cuenta el promedio del valor significativo (F1-score) obtenido de todos los modelos entrenados, para cada algoritmo y arquitectura, siendo el promedio de Random Forest de un 81% y el de LeNet menor al 70%, se optó por trabajar con el modelo entrenado por el algoritmo Random Forest, el cual tiene una mayor estabilidad en cuanto a la posibilidad de repetir este modelo y se deja de lado el modelo entrenado por LeNet el cual puede ser considerado obtenido por azar ante la imposibilidad de repetir los resultados.

## Capítulo 5: Desarrollo de un componente web adaptable

### Introducción

La programación extrema XP [25], aparece como una metodología ágil para el desarrollo que, por medio de una serie de valores y prácticas, propicia el aumento en la productividad a la hora de la creación de software.

En el presente capítulo, se describe el proceso de desarrollo de un componente web adaptable. Se eligió la metodología XP debido al tipo de proyecto, que en este caso es un software pequeño que no requiere el uso de las tradicionales metodologías que, a pesar de ser muy conocidas y difundidas, no ameritan su uso.

### 4.5. Fases de la metodología XP

#### 4.5.1. Planificación

Para la primera fase de desarrollo, y garantizar el uso de las mejores prácticas de desarrollo se usaron las siguientes herramientas:

Tabla 13. Herramientas usadas para el proceso de desarrollo

Tecnología	Utilidad	Versión
OpenBCI GUI	Interfaz gráfica utilizada para el reconocimiento y recolección de muestras de señales EEG.	v5.0.0
Node.js	Entorno utilizado para el desarrollo del componente Web.	v14.15.4
Anaconda	Control de los diversos entornos de desarrollo utilizados (Entrenamiento, lectura de señales y procesamiento, creación servicio web).	
Python	Lenguaje de programación utilizado para llevar a cabo el entrenamiento y creación del servicio web.	3.8.6
Docker	Apoyo en el despliegue de RabbitMQ	20.10.5
RabbitMQ	Tecnología empleada para solucionar el problema de comunicación entre el componente web y el recolector de señales EEG ya que ambos están recolectando información y combinándola en tiempo real.	3.8.14
MNE	Librería utilizada para el procesamiento de las señales EEG recolectadas para la creación del Dataset	0.23

Flask	Crear servicios web rápidamente, sencillo de implementar y cumple con la robustez necesaria para este desarrollo.	
-------	---	--

#### 4.5.2. Diseño

##### 4.5.2.1. Diagramas

Para el diseño se realizó el diagrama de componentes que se muestra en la figura 17 y el diagrama de secuencia en la figura 18, donde se especifica cada uno de los elementos que conforman el componente web adaptable y su funcionamiento.

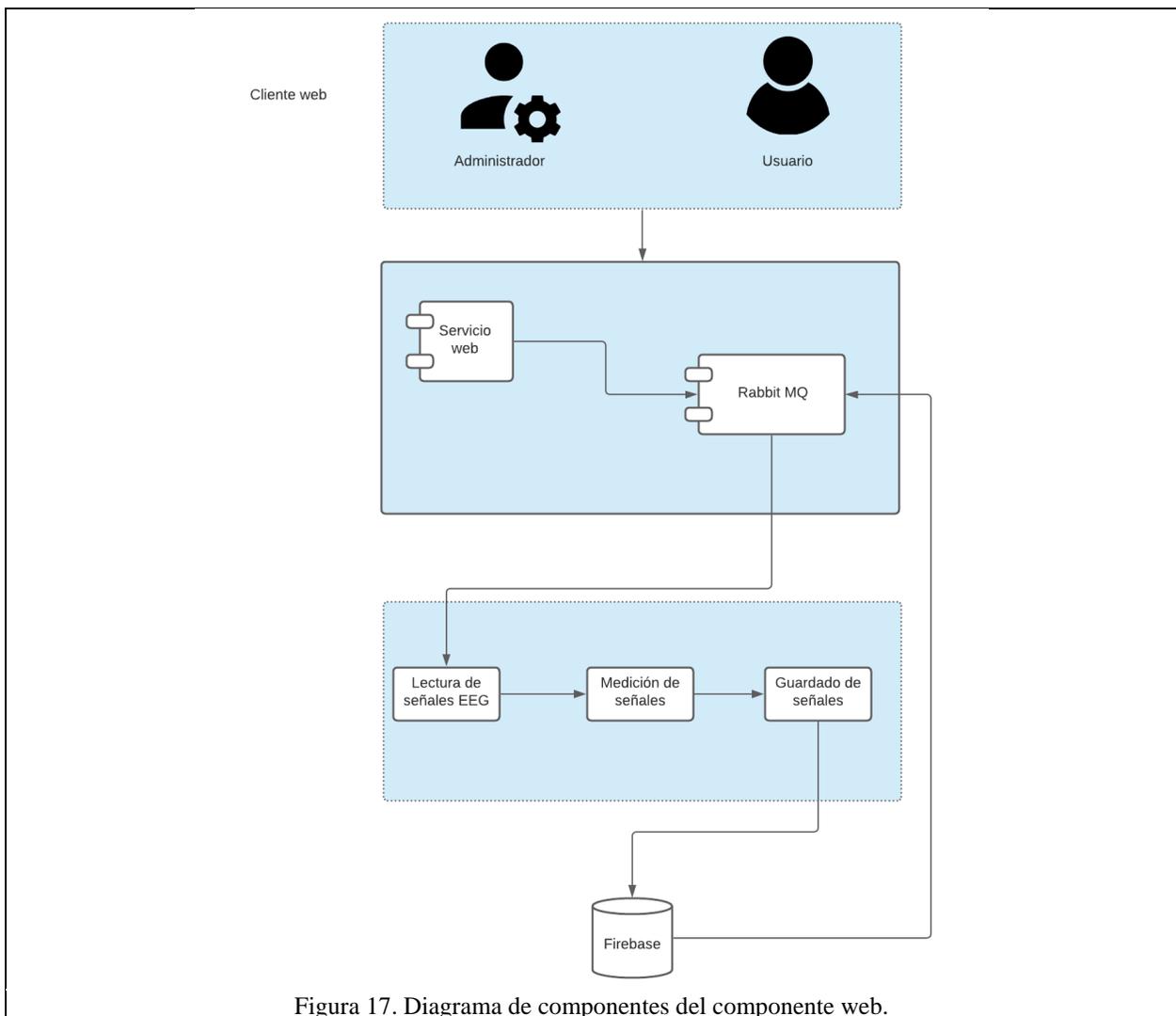


Figura 17. Diagrama de componentes del componente web.

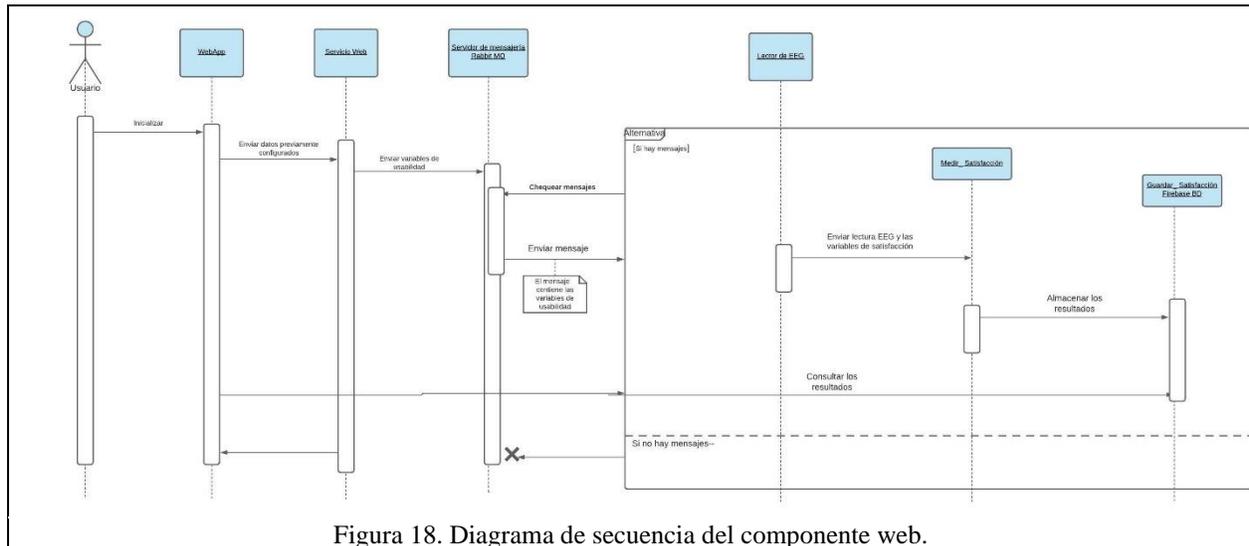


Figura 18. Diagrama de secuencia del componente web.

#### 4.5.2.2. Roles y funcionamiento

El uso de las herramientas anteriormente mencionadas, se dio con el fin de que permitir la adaptación del componente a cualquier dispositivo y tamaño de pantalla, con una interfaz de usuario que contiene componentes funcionales capaces de adaptarse al perfil del usuario. Sus características principales son:

Roles: Administrador y el usuario estándar.

#### Usuario administrador

Creado con el propósito de realizar pruebas de desarrollo y de testeo del correcto funcionamiento del envío de información entre los componentes personalizables.

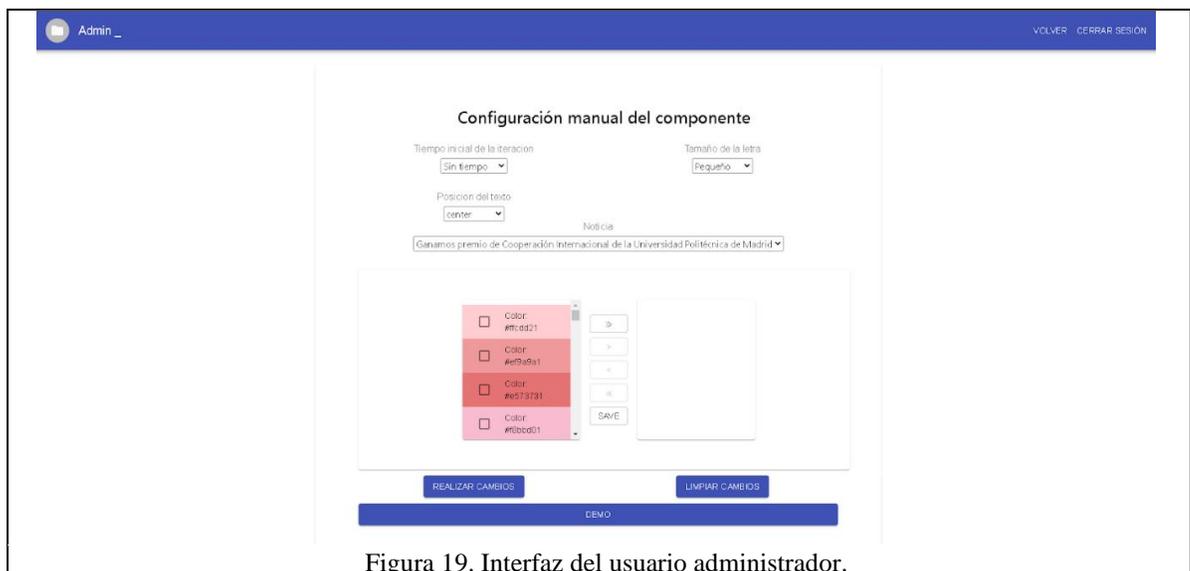


Figura 19. Interfaz del usuario administrador.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>59</b> de <b>113</b>

El administrador tiene acceso a dos componentes por medio de su interfaz, estos componentes son: El configurador y el Demo.

El configurador permite cambiar parámetros permitiendo ver lo que el usuario final experimenta y el Demo permite simular el envío de información por el sistema de mensajería RabbitMQ.

### Usuario estándar

El rol de usuario estándar contiene una mayor complejidad de componentes:

El primer componente le permite al usuario elegir entre varias opciones, configurar las variables iniciales del módulo personalizado y en la parte inferior encuentra un botón el cual le permite ver tres casos posibles:

- Ver el componente de calibración por defecto
- Ver el componente de calibración modificado por el primer componente mencionado
- Después de que se termine la calibración del componente personalizable, el usuario puede ver lo que se considera la interfaz adecuada según su nivel de satisfacción.

Para lograr una mayor eficiencia en la construcción de esta herramienta web, se trabajó por medio de componentes lo cual permitió reutilizar pequeños fragmentos de código en diferentes partes de la página web según eran necesarias como se puede evidenciar en la figura 20.

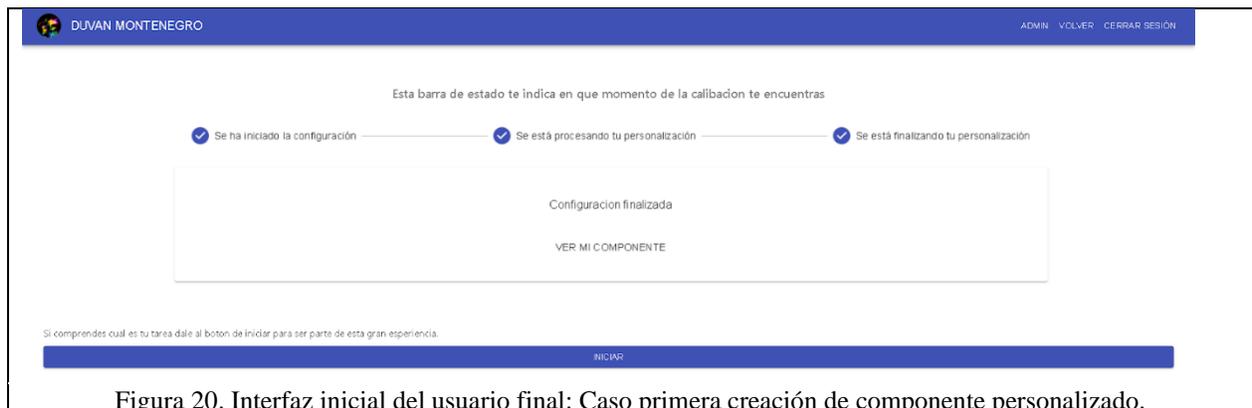


Figura 20. Interfaz inicial del usuario final: Caso primera creación de componente personalizado.



Figura 21. Interfaz inicial del usuario final: Caso componente personalizado existente.



Figura 22. Interfaz finalización calibración del del componente personalizado del usuario final.

En la Figura 23 se puede evidenciar un ejemplo de lo que el usuario final observa durante la calibración de su componente personalizado.



Figura 23. Interfaz de calibración.

La lógica detrás de este componente consiste en crear una lista alimentada por arreglos o colecciones que contienen todas las combinaciones posibles de las propiedades referentes a los aspectos de satisfacción seleccionados por el usuario, posteriormente, esta lista va presentando en orden la combinación de aspectos de cada arreglo o colección durante el tiempo definido por el Administrador.

Como se observa en el fragmento de código de la figura 24, el código desarrollado solo muestra variables, las cuales cambian dependiendo los valores ingresados al inicio de la calibración del componente.

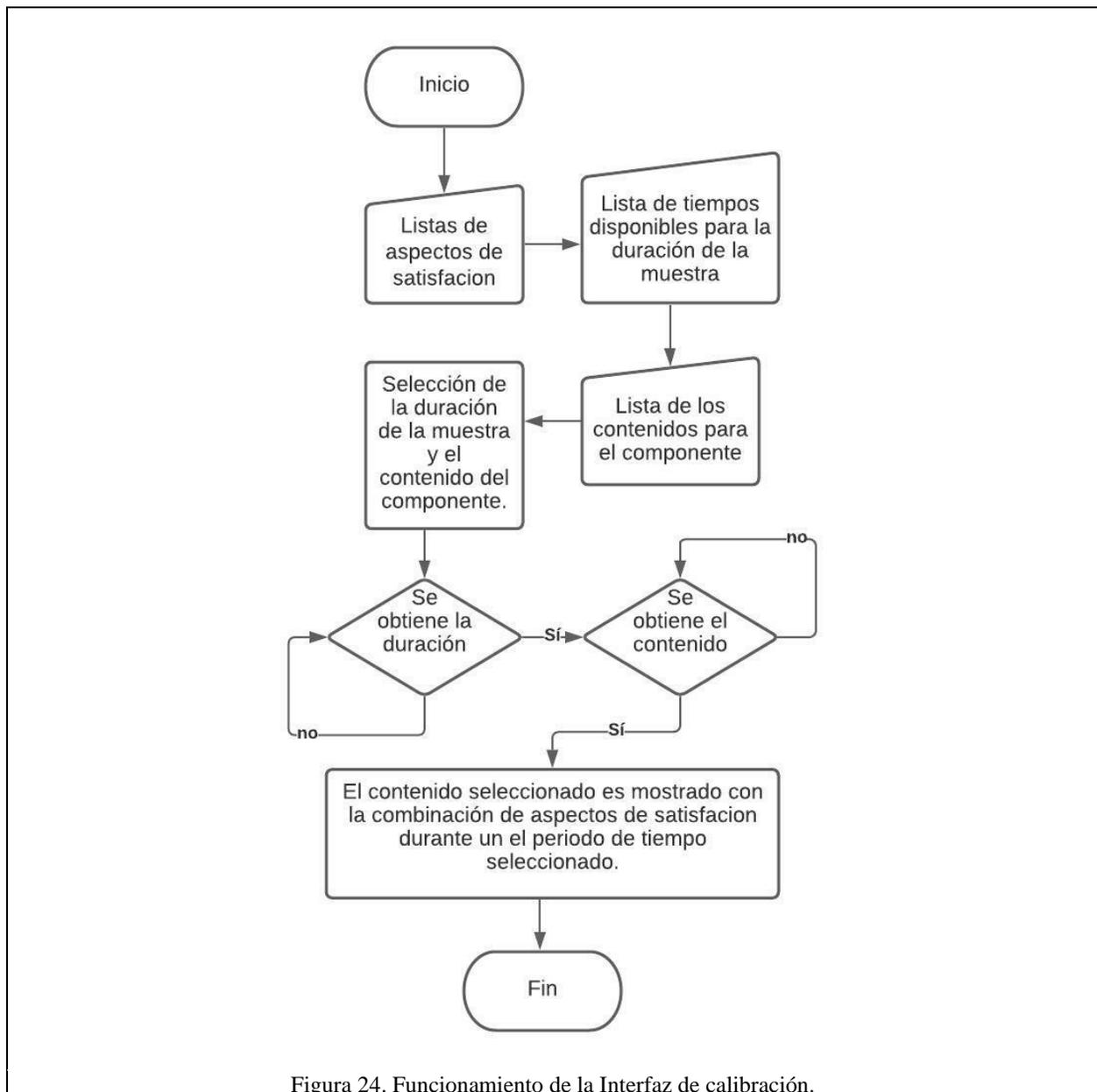


Figura 24. Funcionamiento de la Interfaz de calibración.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>62</b> de <b>113</b>

### 4.5.3. Desarrollo

#### 4.5.3.1. Font-end

Los aspectos de usabilidad fueron seleccionados según su nivel de susceptibilidad, para fines de este trabajo a modo de investigación solo se tuvieron en cuenta tres aspectos de satisfacción que contaban con una alta susceptibilidad y adaptación relacionados con las corrientes de Torres, Nielsen y Buriel, estos son:

- El tamaño de los títulos, subtítulos, párrafos e imágenes los cuales se dividieron en dos tipos “pequeño” y “grande”.
- El color de fondo del componente desarrollado, dividido en dos opciones, 1. Alternando entre 3 colores seleccionados al azar, 2. Apartado de ajuste del aplicativo que permitía seleccionar los colores a utilizar (Los colores utilizados provienen de la paleta de colores recomendados en la página *material-ui.com*).
- La posición en la cual se encontraría la información dentro del componente, las posiciones utilizadas son “left”, “center” y “right”.

Finalmente, para lograr la construcción del componente y la correcta evaluación de los aspectos de usabilidad, se cuenta con una cuarta propiedad, la cual no hace parte de la usabilidad, pero sí de la forma en la cual los participantes pueden percibir los cambios en el componente, este elemento es el tiempo de medición.

Los tiempos en los cuales se presentaron las diferentes combinaciones de los aspectos mencionados anteriormente son: 0, 1, 2, 5 y 10 segundos. Desde la interfaz gráfica del componente web se puede seleccionar cualquiera de esos tiempos, pero si no se selecciona uno, el componente web asigna por defecto un intervalo de tiempo de 5 segundos.

#### 4.5.3.2. Desarrollo servicio comunicación entre componentes (Back-End)

En cuanto al Back-End, se creó ante la imposibilidad de establecer una conexión directa entre OpenBCI y la tecnología en la cual está desarrollada el componente web en el front-end, esto se debe a que las librerías existentes solo trabajan con tecnologías específicas para back-end.

De tal forma, para lograr una correcta comunicación entre componentes Front-end y back-end, resultó conveniente utilizar un servicio REST, y teniendo en cuenta que la librería utilizada para la lectura de las señales EGG estaba desarrollada para Python, se desarrolló con el servicio web Flask.

Para la construcción del componente Back-end se desarrollaron dos componentes principales:

- El servicio REST que comunica el front-end con el servicio encargado del procesamiento de toda la información recolectada durante el experimento, desarrollado con el framework Flask como se ve en la Figura 25.

```

from flask import Flask,request,jsonify,render_template
import pika
app = Flask(__name__)

@app.route('/api',methods=['POST'])
def Satisfaccion():
    Raw_data=request.json
    connection = pika.BlockingConnection(pika.ConnectionParameters('localhost'))
    channel = connection.channel()
    channel.queue_declare(queue='muestra')
    channel.basic_publish(exchange='', routing_key='muestra',body=Raw_data['mensaje'])
    connection.close()
    return jsonify(Raw_data)

@app.route('/',methods=['GET'])
def main():
    return render_template('index.html')

```

Figura 25. Código servicio REST.

- Para el servicio encargado del procesamiento de datos se generó un algoritmo que convierte toda la información en un componente web personalizado, sus métodos fundamentales se describen en la Tabla 15.

Tabla 14. Funciones del algoritmo.

Nombre	Función
Leer_mensaje ()	Se encarga de leer y marcarlo como leído y retornar el cuerpo del mensaje.
Funciones de filtro (notch_filter, bandpass)	Aplican los filtros bandpass y notch filter a las señales EEG recolectadas en vivo.
Medir Satisfacción ():	Se encarga de realizar la predicción de las señales EEG ya filtradas por medio del modelo de entrenamiento precargado.
Guardar_datos ()	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtiene un promedio de los resultados de la función “Medir_Satisfaccion ()” indicando si las variables de usabilidad que están siendo analizadas se clasifican como: satisfactorias o insatisfactorias.</li> <li>• Transforma las variables de usabilidad a un formato legible para la DB destinataria y finalmente se encarga de subir los datos a la DB (Firebase).</li> </ul>
print_raw	Trabaja en conjunto con la librería de lectura de señales EEG de Python “pyOpenBCI”, encargándose de la lectura de las señales y aplicar a estas señales las funciones anteriormente mencionadas.

#### 4.5.3.3.Desarrollo servicio mensajería y base de datos (Back-End)

En el desarrollo del back-end se presentaron una variedad de dificultades, pero la de mayor impacto fue el choque en el proceso de comunicación entre el código que recolecta las señales en vivo por medio del OpenBCI y el envío de información de la información del componente que se estaba mostrando en pantalla, pues, al ser servicios que se ejecutaban en tiempo real, se generó un solapamiento de procesos, insolando los datos y evitando compartir en tiempo real para el respectivo procesamiento.

Como solución, se optó por utilizar la herramienta RabbitMQ (software de negociación de mensajes de código abierto que funciona como un middleware de mensajería), la cual permite comunicar los componentes de la arquitectura creada de manera asincrónica y en tiempo real.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>64</b> de <b>113</b>

Después de lograr una correcta comunicación entre los componentes desarrollados, se continuó con la persistencia de la información utilizando Firebase, una herramienta amigable capaz de mostrar la información enviada desde el back-end (Python) en tiempo real en el front-end (node.js).

De Firebase se utilizó:

- Realtime Database: para el almacenamiento de los datos recolectados del proceso de predicción y creación del componente personalizado.
- Authentication: Utilizamos este apartado para facilitar la autenticación de los usuarios en el sistema, ya que este permite registrar por medio del correo institucional de una manera mucho más sencilla.

Para el desarrollo de todo este proyecto se maneja un entorno virtual soportado en Anaconda, entorno que se encuentra explicado en el anexo 3.

#### 5.1.3.4. Intervalos para la toma de las muestras

En la recolección de los aspectos de adaptación de usabilidad, se debe tener en cuenta el tiempo requerido para la toma de las señales EEG en tiempo real, puesto que este tipo de señales se constituyen como la materia prima del modelo de machine-learning entrenado.

Para este experimento se utilizó un intervalo de tiempo de 5 segundos, a diferencia del primer experimento, donde el intervalo era de 10 segundos esto debido a las limitaciones de tiempo de los participantes, ya que con 5 segundos, pasando por cada opción de las variables de usabilidad revisadas en se tarda entre 30 minutos, más el tiempo para organizar la puesta de electrodos y la adecuación del espacio para la evaluación, muchos de los participantes no contaban con el tiempo para realizar pruebas más largas y otros por proteger su bioseguridad por la afectación del COVID-19 preferían no colaborar. La recolección de los datos con esta secuencia de tiempo se realizó usando el algoritmo Random Forest, en el cual el modelo diseñado permitía trabajar con un intervalo indefinido de tiempo ya que la predicción se realiza por cada muestra tomada y no por un conjunto de muestras como es el caso de AlexNet.

Es decir, cada señal EEG recolectada es procesada y comparada por el modelo realizando una predicción por cada señal individualmente, pero, el resultado final se logra promediando todas las predicciones generadas durante el intervalo de tiempo seleccionado, en este caso, 5 segundos. En resumen, la clasificación entre satisfacción e insatisfacción del componente web adaptable se logra por medio del promedio de todas las predicciones de las señales recolectadas durante 5 segundos o el tiempo definido.

Ante la necesidad de reducir el tiempo en la toma de las muestras, se limitaron a 3 colores por participante, y el tiempo en pantalla de cada aspecto de adaptación de usabilidad a solo 5 segundos, logrando un total de 30 minutos incluyendo la organización del participante y así respetar los tiempos que cada participante se comprometió a participar.

#### 5.1.4. Pruebas

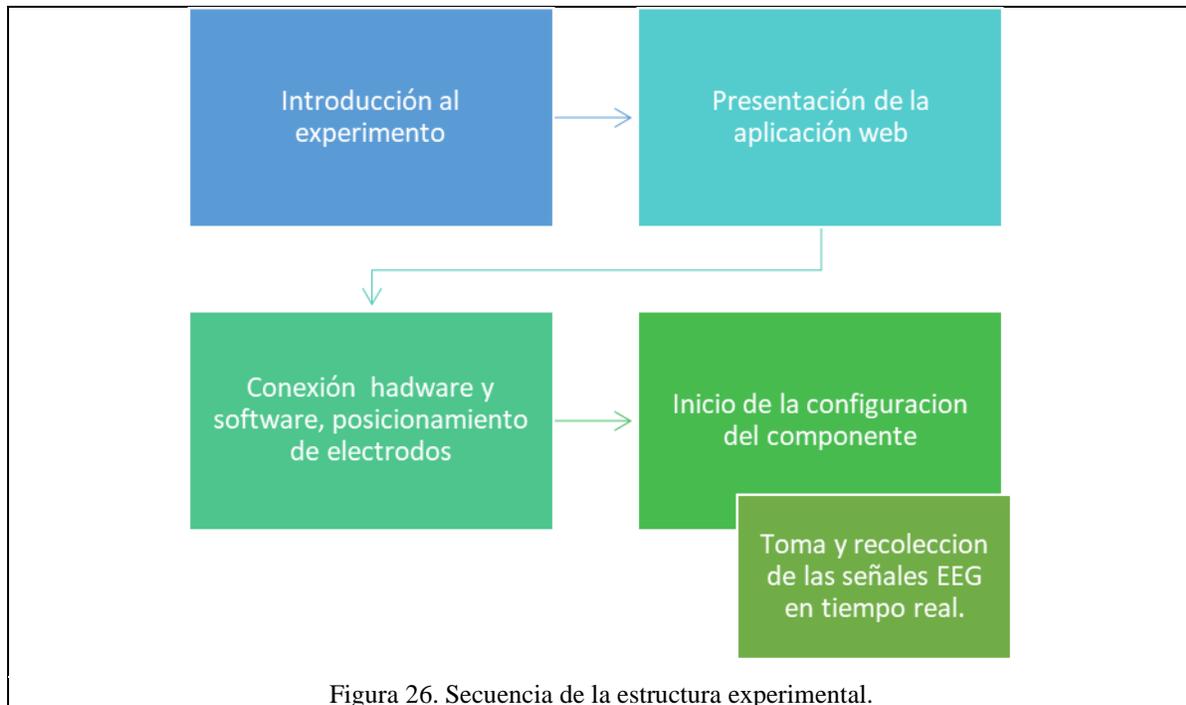
##### 5.1.4.1. Descripción

En relación con los aspectos tomados de las heurísticas de usabilidad aplicados al componente web adaptable, se realizó un experimento para validar el cumplimiento de los niveles de satisfacción.

##### 5.1.4.2. Desarrollo del experimento

Para validar el funcionamiento del componente web, se realizó un experimento usando las mismas bases especificadas en la sección 3.1, 3.2 y 3.3 del capítulo 3. La variación para este experimento se dio en términos de:

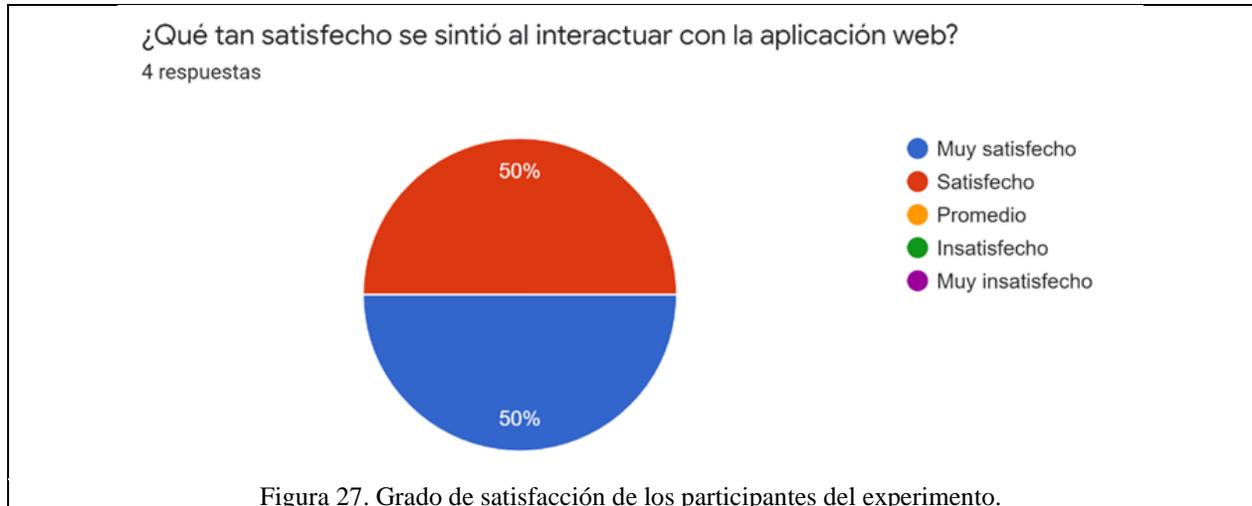
- Tamaño de la muestra: Para esta validación de usabilidad la muestra se redujo a 5 estudiantes, la estructura experimental se explica en la figura 26.



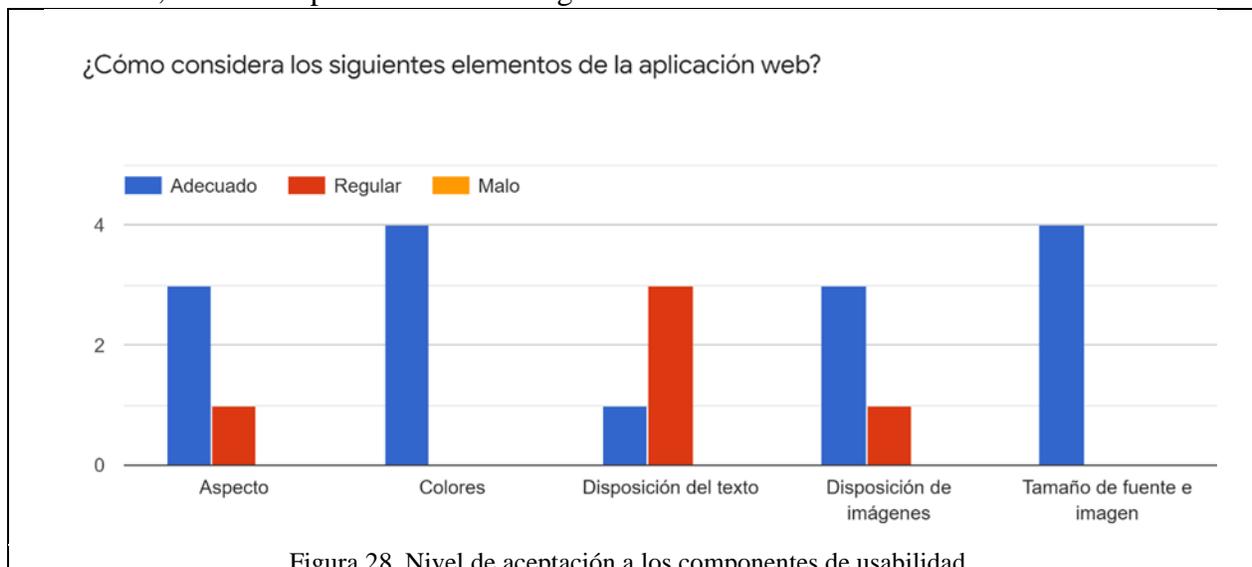
- Desarrollo de la prueba:
  - Se le presenta a los participantes la aplicación web, su interfaz y funcionamiento.
  - La conexión de los componentes software: Para lograr la correcta recolección y procesamiento de la información se inician todos los proyectos creados: El aplicativo web, el servicio rest, el servicio encargado del procesamiento y Docker con RabbitMQ.
  - Configuración del componente: Configuración de los parámetros con los cuales el usuario interactuaría en el componente personalizable. Las heurísticas de usabilidad, el contenido como imágenes, texto y títulos. Las heurísticas y el contenido fue el mismo para todo el grupo participante del experimento.

### 5.1.5. Resultados

Una vez realizado el experimento con la total integración del componente web desarrollado más la participación de los participantes, se logró identificar aquellos aspectos con mayor grado de satisfacción general entre toda la muestra. Los resultados arrojados por componente adaptable indicaron un 100% de satisfacción en todos los casos, al igual que los resultados de las encuestas presentadas por los participantes que se evidencian en la figura 27.



En cuanto a los aspectos adaptables de usabilidad el componente indicó un 100% de satisfacción en todos, pero la encuesta arrojó que, el color del texto, tamaño de la imagen, títulos subtítulos y párrafos y la posición de este contenido, satisface al 75% de los participantes y la posición del texto solo al 25%, resultados presentados en la figura 28.



	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>67</b> de <b>113</b>

Con los resultados obtenidos, se logró observar que el funcionamiento integral del componente desarrollado es correcto puesto que:

- Los resultados fueron los deseados, el componente web mostró las combinaciones con las configuraciones adecuadas.
- Presentó el componente web personalizado de los participantes en tiempo real al finalizar.
- El servicio rest procesó todos los mensajes e interfaces de manera correcta.
- El servicio encargado de todo el procesamiento, realizó la lectura y filtrado de las señales EGG de manera correcta, también combinó los aspectos de adaptabilidad de usabilidad con los resultados de las predicciones de las señales de manera correcta y los envió a la base de datos para su lectura por medio del componente web.

### **5.1.5. Discusión**

Aunque el funcionamiento en conjunto es correcto, y el modelo de machine-learning cuente con una precisión del 82%, no se puede determinar si definitivamente el componente adapta la totalidad del contenido presentado de acuerdo con sus emociones, esto fue considerado al obtener un 100% de satisfacción en todos los participantes el cual se calcula a partir de la sumatoria del número de señales clasificadas como satisfacción y se tomó como umbral de clasificación que el 80% de las señales sean de satisfacción, lo cual puede haber sesgando los resultados del experimento, pero por la falta de participantes y lo explicado con anterioridad no fue posible hacer más experimentos con un porcentaje mayor y con distintos rangos de tiempo de lectura.

Lo último se debe a la duración de los tiempos de sincronización entre la lectura EEG y los intervalos de toma de muestra del modelo, la reducción de participantes y datos en la creación del modelo, lo cual pudo afectar el modelo entrenado y los resultados que pudieron obtenerse a través de este.

Sin embargo:

- Se logró una correcta recolección de las señales EEG y las heurísticas de usabilidad en los aspectos adaptables de usabilidad mencionadas anteriormente.
- El procesamiento de estos datos se llevó a cabo adecuadamente en todas las funciones excepto la de predicción, la cual falla por las causales mencionadas en el párrafo anterior.

De ahí que, se puede afirmar que para lograr una total adaptabilidad del componente web a las emociones de los participantes, se debe trabajar aumentar el tamaño del dataset y por consiguiente, el volumen de muestras, experimentar con otros rangos de tiempo y el umbral de clasificación.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>68</b> de <b>113</b>

## Capítulo 6: Conclusiones y trabajos futuros

### 6.1. Conclusiones

El trabajo de investigación surgió con el fin de elaborar un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad necesidad de una herramienta capaz de identificar la satisfacción en base a los estados emocionales. En consecuencia, se realizó una revisión sistemática con el fin de identificar cuáles son los aspectos de usabilidad determinantes a la hora de hablar de la satisfacción de un usuario al interactuar con una aplicación web, así como la incidencia de los estados emocionales en esa interacción. Con los resultados obtenidos de esta investigación, se logró determinar no solo la importancia de satisfacción como un aspecto de la usabilidad web sino también la falta de estudios a cerca de la incidencia de los estados emocionales en la experiencia de usuario, siendo este el punto focal de la investigación.

Una vez comprendida la importancia de las emociones en la interacción entre el usuario y un sistema, se llevó a cabo un experimento que nos permitiera determinar el grado de satisfacción de los usuarios en esta interacción teniendo como métrica los estrados emocionales por medio de la lectura de señales EEG.

Con el desarrollo de este experimento se pudo evidenciar que, de los algoritmos utilizados para el procesamiento de las señales obtenidas, Random Forest arrojó mejores resultados al identificar que la insatisfacción tiene un 81,72 % de precisión al clasificar y su recuerdo es del 83,03 % y la satisfacción tiene 82,68% de precisión al clasificar y su recuerdo es del 81,35 %.

Los resultados obtenidos permitieron el desarrollo de un componente web adaptable al nivel de satisfacción del usuario al interactuar con una aplicación web, por medio de la lectura y procesamiento de señales EEG, esto aplicando las heurísticas identificadas en materia de usabilidad web y el algoritmo previamente entrenado para la clasificación de señales entre satisfecho e insatisfecho.

Luego del desarrollo, se realizó nuevamente un experimento, pero esta vez enfocado en evaluar la efectividad del componente a la hora de adaptarse automáticamente basado en el nivel de satisfacción presentado por el usuario al interactuar con este en tiempo real. Ante este experimento, todos los participantes se mostraron satisfechos interactuando con el componente web dando espacio a mejora de un elemento específico de este el cual fue la disposición del texto.

El modelo de machine-learning diseñado para la identificación y validación de los estados emocionales y particularmente la satisfacción como un factor determinante en la interacción entre el usuario y una aplicación web es funcional, lo que lo convierte en un instrumento útil para ser aplicado en otras áreas y enfoques que deseen evaluar la usabilidad web de un sistema.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>69</b> de <b>113</b>

## 6.2. Trabajos futuros

Enfocar la investigación y el diseño experimental planteado a aplicaciones web de otra naturaleza (educativa, empresarial, etc.), con el fin de determinar cómo es el comportamiento e de los usuarios con un sistema y su nivel de satisfacción al interactuar con el mismo.

Mejorar el dataset a partir de la herramienta ya creada y con una mayor capacidad de participantes por prueba, del mismo modo repetir el experimento con distintos intervalos de tiempo (más largos), con el fin de validar si esta modificación mejora la predicción de adaptabilidad propia del componente web.

Desarrollar los experimentos creados para la validación del componente web adaptable que se presenta con un número mayor de participantes con el fin de que el dataset que se construya tenga más datos, lo que permite que a la hora de entrenar el algoritmo que se encarga de la identificación de la satisfacción, se obtengan resultados más precisos sobre los patrones de medición.

Ahondar en la medición e interpretación de las señales de electroencefalografía como un recurso valioso para la identificación en tiempo real de los estados emocionales de un usuario a la hora de interactuar con un sistema, por medio de otros mecanismos como la construcción de una interfaz cerebro-computador (BCI) capaz de realizar este procesamiento.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>70</b> de <b>113</b>

### Bibliografía

- [1] Gowthami and S. Venkatakrisnakumar, “Impact of Smartphone: A pilot study on positive and negative effects,” *Int. J. Sci. Eng. Appl. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 2395–3470, 2016, [En línea]. Disponible en: [www.ijseas.com](http://www.ijseas.com).
- [2] RAMIREZ-ACOSTA, Keren. Interfaz y experiencia de usuario: parámetros importantes para un diseño efectivo. *Tecnología en Marcha* [online]. 2017, vol.30, suppl.1, pp.49-54. Disponible en: <[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822017000500049&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000500049&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0379-3982. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i5.3223>
- [3] EcuRed, “Aplicación web.” [https://www.ecured.cu/Aplicación\\_web](https://www.ecured.cu/Aplicación_web).
- [4] O. Ibarra, “Evaluación de usabilidad de plataforma educativa con acceso multi-dispositivos,” EAFIT, 2018.
- [5] F. Esteve, J. Adell, and M. Gisbert, “Diseño de un entorno 3D para el desarrollo de la competencia digital docente en estudiantes universitarios: usabilidad, adecuación y percepción de utilidad.,” *RELATEC*, vol. 13, no. 2, pp. 35–47, 2014, [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269874631\\_Disenio\\_de\\_un\\_entorno\\_3D\\_para\\_el\\_desarrollo\\_de\\_la\\_competencia\\_digital\\_docente\\_en\\_estudiantes\\_universitarios\\_usabilidad\\_adecuacion\\_y\\_percepcion\\_de\\_utilidad](https://www.researchgate.net/publication/269874631_Disenio_de_un_entorno_3D_para_el_desarrollo_de_la_competencia_digital_docente_en_estudiantes_universitarios_usabilidad_adecuacion_y_percepcion_de_utilidad).
- [6] F. Davis, “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology,” *MIS Q.*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340, 1989, [En línea]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/249008>.
- [7] J. C. Sánchez, S. Olmos, and J.F. García, “Motivación e innovación: Aceptación de tecnologías móviles en los maestros en formación,” *RIED. Rev. Iberoam. Educ. A Distancia*, vol. 20, no. 2, pp. 273–292, 2019, [En línea]. Disponible en: <http://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/17700>.
- [8] R. García, “Diseño de un electroencefalógrafo inalámbrico, portátil y modular,” Universidad Politécnica de Valencia, 2018.
- [9] OpenBCI, “OpenBCI.” <https://openbci.com/>.
- [10] L. Rodríguez, D. González and Y. Pérez, "De la arquitectura de información a la experiencia de usuario: Su interrelación en el desarrollo de software de la Universidad de las Ciencias Informáticas", *e-ciencias de la Información*, vol. 7, no. 1, 2017. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/eci/v7n1/1659-4142-eci-7-01-00155.pdf>.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 71 de 113

- [11] J. Guzmán, “Modelo de evaluación de usabilidad web para entidades de educación superior en Colombia,” Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2016.
- [12] Perurena, L. and Moráguez, M., 2013. Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación. Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud, [online] 2, pp.176-194. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3776/377648460007>.
- [13] MDN, “Web Components,” 2020. [https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/Web\\_Components](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/Web_Components).
- [14] M. Ventura, “Procesos emocionales y afectivos,” Pensam. Psicológico, vol. 1, 2002, [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4800693>
- [15] AECC, “Las emociones: comprenderlas para vivir mejor.” Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), Madrid, [En línea]. Disponible en: <http://sauce.pntic.mec.es/falcon/emociones.pdf>.
- [16] M. Chóliz, “Psicología de la emoción: El proceso emocional.” Valencia, 2005, [En línea]. Disponible en: <https://www.uv.es/choliz/Proceso emocional.pdf>.
- [17] F. Velandia Salazar, N. Ardón Centeno, and M. I. Jara Navarro, “Satisfacción y calidad: análisis de la equivalencia o no de los términos,” Rev. Gerenc. y Políticas Salud, vol. 6, no. 13, pp. 139–168, 2007, Accessed: jul. 28, 2020. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-70272007000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-70272007000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es).
- [18] M. Alonso Dos Santos, “Calidad y satisfacción: el caso de la Universidad de Jaén,” Rev. la Educ. Super., vol. 45, no. 178, pp. 79–95, 2016, <http://resu.anuies.mx/ojs/index.php/resu/article/view/129>
- [19] L. J. Gómez Figueroa, “Análisis de señales EEG para detección de eventos oculares, musculares y cognitivos” 2016.
- [20] R. Hornero, R. Corralejo, and D. Álvarez, “- Brain-Computer Interface (BCI) aplicado al entrenamiento cognitivo y control domótico para prevenir los efectos del envejecimiento,” Fundación General CSIC, Mar. 2012.
- [21] [N. LLANCAFIL VICENCIO, "EFECTOS DE LOS INFRASONIDOS EN LA CONDUCTA HUMANA", Licenciado, Universidad Austral de Chile, 2013.
- [22] Biblioteca DUOC UC, “Definición y propósito de la Investigación Aplicada,” 2018. <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>72</b> de <b>113</b>

- [23] Moreno et al., “Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas,” *Rev. Clínica periodoncia, Implantol. y Rehabil. Oral*, vol. 11, no. 3, pp. 184–186, Dec. 2018, doi: 10.4067/S0719-01072018000300184.
- [24] Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review,” *Information and Software Technology*, vol. 51, no. 1. pp. 7–15, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [25] M. C. Penadés and P. Letelier, “Metodologías ágiles para el desarrollo de software Xtreme Programming (XP),” *Cienc. y Técnica Administrativa*, vol. 05, no. 26, 2005, [En línea]. Disponible en: <http://www.cyta.com.ar/ta0502/v5n2a1.htm>.
- [26] 1&1 IONOS España S.L.U., “Pair Programming,” 2019. <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/pair-programming/>.
- [27] Pérez, “Goal Question Metric,” 2010. <https://asprotech.blogspot.com/2010/09/goal-question-metric.html>.
- [28] F. Davis, “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology,” *MIS Q.*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340, 1989, [En línea]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/249008>.
- [29] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review,” *Information and Software Technology*, vol. 51, no. 1. pp. 7–15, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [30] Moreno et al., “Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas,” *Rev. Clínica periodoncia, Implantol. y Rehabil. Oral*, vol. 11, no. 3, pp. 184–186, Dec. 2018, doi: 10.4067/S0719-01072018000300184.
- [31] V. Amaral, L. A. Ferreira, P. T. A. Júnior, and M. C. F. De Castro, “EEG Signal Classification in Usability Experiments.” 2013.
- [32] P. Rodríguez, “Método automatizado para la evaluación de la usabilidad en sistemas e-learning usando monitoreo de actividad cerebral.” 2015.
- [33] T. Zheng, H. Ernest, K. G. Smitha, and A. P. Vinod, “Detection of Familiar and Unfamiliar Images using EEG-based Brain-Computer Interface,” 2015, doi: 10.1109/SMC.2015.547.
- [34] Frey. Jérémy, M. Daniel, M. Hachet, and F. Lotte, “Framework for Electroencephalography-based Evaluation of User Experience,” 2016.
- [35] M. A. Mohamed, J. Chakraborty, and J. Dehlinger, “Trading off usability and security in user interface design through mental models,” *Behav. Inf. Technol.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–24, 2016, doi: 10.1080/0144929X.2016.1262897.
- [36] L. R. Krol and T. O. Zander, “Meyendtris: A Hands-Free, Multimodal Tetris Clone using Eye Tracking and Passive BCI for Intuitive Neuroadaptive Gaming,” pp. 433–437.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 73 de 113

- [37] Dong J., Byun M. (2019) Enhanced Usability Assessment on User Satisfaction with Multiple Devices. In: Park J., Loia V., Choo KK., Yi G. (eds) *Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering. MUE 2018, FutureTech 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 518. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1328-8\\_111](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1328-8_111).
- [38] Y. Ozaki, T. Ishihara, N. Matsumura, T. Nunobiki, and T. Yamada, “Decision-Making Prediction for Human-Robot Engagement between Pedestrian and Robot Receptionist \*,” 2018 27th IEEE Int. Symp. Robot Hum. Interact. Commun., pp. 208–215, 2018.
- [39] P. Aricò, G. Borghini, G. Flumeri, N. Sciaraffa, and F. Babiloni, “Passive BCI beyond the lab: current trends and future directions,” *Inst. Phys. Eng. Med.*, vol. 39, no. 8, 2018, doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aad57e>.
- [40] S. Kumar, M. Yadava, and P. P. Roy, “Fusion of EEG Response and Sentiment Analysis of Products Review to Predict Customer Satisfaction,” *Inf. Fusion*, 2018, doi: 10.1016/j.inffus.2018.11.001.
- [41] H. Puwaktipityage, V. R. P. Rao, M. S. A. M. Azizi, W. J. Tee, R. K. Murugesan, and M. D. Hamzah, “A Proposed Web Based Real Time Brain Computer Interface (BCI) System for Usability Testing,” *iJoe*, pp. 108–119, 2019.
- [42] R. N. Haizan, “Usability evaluation of academic learning management system (ALMS): A pilot study,” *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 28, no. 2, pp. 230–235, 2019.
- [43] Ortega-Gijón, Yoselyn & Mezura-Godoy, Carmen. (2019). Usability evaluation process of brain computer interfaces: an experimental study. 1-8. 10.1145/3358961.3358967.
- [44] R. S. Mangion, L. Garg, G. Garg, and O. Falzon, “Emotional Testing on Facebook’s User Experience” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 58250–58259, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981418.
- [45] J. Zhang, Z. Yin, P. Chen, and S. Nichele, “Emotion recognition using multi-modal data and machine learning techniques: A tutorial and review,” *Inf. Fusion*, vol. 59, no. March 2019, pp. 103–126, 2020, doi: 10.1016/j.inffus.2020.01.011.
- [46] T. Matlovic, P. Gaspar, R. Moro, J. Simko, and M. Bielikova, “Emotions Detection Using Facial Expressions Recognition and EEG,” *IEEE*, pp. 0–5, 2016.
- [47] R. Mehmood, H. Lee, “Emotion recognition from EEG brain signals based on particle swarm optimization and genetic search.”
- [48] N. R. Tambe and A. Khachane, “Mood Based E-learning using EEG,” pp. 2–5, 2016.
- [49] H. Becker, J. Fleureau, P. Guillotel, and F. Wendling, “Emotion Recognition Based on High-Resolution EEG Recordings and Reconstructed Brain Sources,” no. June 2018, 2017, doi: 10.1109/TAFFC.2017.2768030.
- [50] Y. Yang, Q. M. J. Wu, S. Member, W. Zheng, B. Lu, and S. Member, “EEG-based emotion recognition using hierarchical network with subnetwork nodes,” vol. 8920, no. c, pp. 1–13, 2017, doi: 10.1109/TCDS.2017.2685338.
- [51] J. Hemanth, J. Anitha, and L. Hoang, “Brain signal based human emotion analysis by circular back propagation and Deep Kohonen Neural Networks” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 68, no. February.
- [52] J. Li, Z. Zhang, and H. He, “Hierarchical Convolutional Neural Networks for EEG-Based Emotion Recognition,” 2017.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 74 de 113

- [53] S. Moon, S. Jang, and J. Lee, “Convolutional neural network approach for eeg-based emotion recognition using brain connectivity and its spatial information” Seong-Eun Moon Soobeom Jang Jong-Seok Lee Republic of Korea,” pp. 2556–2560, 2018.
- [54] J. Teo, L. H. Chew, J. T. Chia, and J. Mountstephens, “Classification of Affective States via EEG and Deep Learning,” vol. 9, no. 5, pp. 132–142, 2018.
- [55] B. Khanal, S. Pant, K. Pokharel, and S. Gaire, “Mental State Prediction by Deployment of Trained SVM Model on EEG Brain Signal,” 2018 IEEE 3rd Int. Conf. Comput. Commun. Secur. pp. 82–85, 2018.
- [56] L. Tandle, M. S. Joshi, A. S. Dharmadhikari, and S. V Jaiswal, “Mental state and emotion detection from musically stimulated EEG,” *Brain Informatics*, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1186/s40708-018-0092-z.
- [57] R. Edla, K. Mangalorekar, G. Dhavalikar, and S. Dodia, “Classification of EEG data for human mental state analysis using Random Forest Classifier,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, no. Iccids, pp. 1523–1532, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.05.116.
- [58] R. Marco, E. Iáñez, M. Ortiz, and J. Azorín, “Reconocimiento del estado emocional mediante señales EEG.” XXXIX Jornadas de Automática, pp. 5–7, 2018.
- [59] S. Pane, A. D. Wibawa, and M. H. Purnomo, “Improving the accuracy of EEG emotion recognition by combining valence lateralization and ensemble learning with tuning parameters,” *Cogn. Process*, no. 0123456789, 2019, doi: 10.1007/s10339-019-00924-z.
- [60] W. Kristianto and H. Candra, “EEG–Based Emotion Classification Using Convolutional Neural Networks,” 2019 2nd International Conference on Applied Engineering (ICAE), Batam, Indonesia, 2019, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICAE47758.2019.9221673.
- [61] H. Xu and X. Xu, “Lightweight EEG classification model based on EEG-sensor with few channels,” 2019 Int. Conf. Cyber-Enabled Distrib. Comput. Knowl. Discov. pp. 464–473, 2019, doi: 10.1109/CyberC.2019.00086.
- [62] B. Li, K. Wang, and J. Yang, “Application of CNN Deep Learning in Product Design Evaluation,” in *Advanced Manufacturing and Automation VIII*, Springer, 2018, pp. 517–526.
- [63] M. Kaya and Y. Mishchenko, “Distinguishing mental attention states of humans via an EEG-based passive BCI using machine learning methods,” vol. 134, pp. 153–166, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.05.057.
- [64] Z. Liang, S. Oba, and S. Ishii, “An unsupervised EEG decoding system for human emotion recognition,” *Neural Networks*, vol. 116, pp. 257–268, 2019.
- [65] S. Issa, Q. Peng, and W. Shah, “Emotion Assessment Based on EEG Brain Signals,” in *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Springer, 2019, pp. 284–291.
- [66] S. Nakagome, T. P. Luu, Y. He, and A. S. Ravindran, “An empirical comparison of neural networks and machine learning algorithms for EEG gait decoding,” *Sci. Rep.*, pp. 1–17, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-60932-4.
- [67] V. Doma and M. Pirouz, “A comparative analysis of machine learning methods for emotion recognition using EEG and peripheral physiological signals,” *Doma Pirouz J Big Data*, 2020.
- [68] P. Croce, A. Quercia, S. Costa, and F. Zappasodi, “EEG microstates associated with intra- and inter-subject alpha variability,” pp. 1–11, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-58787-w.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 75 de 113

- [69] H. Hinrichs, M. Scholz, A. K. Baum, and W. Y. K. Julia, "Comparison between a wireless dry electrode EEG system with a conventional wired wet electrode EEG system for clinical applications," pp. 1–14, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-62154-0.
- [70] Y. Cimtay and E. Ekmekcioglu, "Investigating the Use of Pretrained Convolutional Neural Network on Cross-Subject and Cross-Dataset," pp. 1–20, 2020.
- [71] J. Peng et al., "An EEG - Based Attentiveness Recognition System Using Hilbert – Huang Transform and Support Vector Machine," *J. Med. Biol. Eng.*, vol. 40, no. 2, pp. 230–238, 2020, doi: 10.1007/s40846-019-00500-y.
- [72] H. Wang et al., "Recognizing Brain States Using Deep Sparse Recurrent Neural Network," vol. 0062, no. 706, 2018, doi: 10.1109/TMI.2018.2877576.
- [73] J. Zhang, Y. Zhou, and Y. Liu, "EEG - based emotion recognition using an improved radial basis function neural network," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.* no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s12652-020-02049-0.
- [74] H. Blaiech, M. Neji, A. Wali, and A. M. Alimi, "Emotion recognition by analysis of EEG signals," no. December 2015, 2013, doi: 10.1109/HIS.2013.6920451.
- [75] P. Walla, K. Nesbitt, K. Blackmore, and H. Geoffrey, "Using the Startle Eye-Blink to Measure Affect in Players," in *Serious Games Analytics*, Springer, 2015, pp. 401–434.
- [76] J. Ierache, G. Ponce, R. Nicolosi, I. Sattolo, and G. Chapperón, "Valoración del grado de atención en contextos áulicos con el empleo de interfaz cerebro-computadora en el marco de la computación afectiva.," XXV Congr. Argentino Ciencias la Comput., 2019.
- [77] Dalton J. (2019) Goal, Question, Metric (GQM). In: *Great Big Agile*. Apress, Berkeley, CA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3\\_33](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3_33)
- [78] "Electrode Cap Getting Started Guide · OpenBCI Documentation", Docs.openbci.com, 2021. [Online]. Available: <https://docs.openbci.com/docs/04AddOns/01-Headwear/ElectrodeCap#connecting-the-electrode-cap-to-the-cytondaisy>.
- [79] Docs.openbci.com. 2021. Setting up for EEG | OpenBCI Documentation. [online] Available at: <<https://docs.openbci.com/GettingStarted/Biosensing-Setups/EEGSetup/>>
- [80] *Journal of Clinical Neurophysiology*, 2006. Guideline 6: A Proposal for Standard Montages to Be Used in Clinical EEG. 23(2), pp.111-117.
- [81] Conill JJ. Potencial P300 provocado por estímulos visuales. *Revista neurología Neurol* 1998;26 (151):448-451.
- [82] J. De la Torre, "PROCESADO DE SEÑALES EEG PARA UN INTERFAZ CEREBRO-MÁQUINA (BCI)", Carlos III de Madrid, 2012.
- [83] Biosemi EEG ECG EMG BSPM NEURO amplifiers systems. (s. f.). Biosemi EEG ECG EMG BSPM NEURO amplifier electrodes. [https://www.biosemi.com/faq/file\\_format.html](https://www.biosemi.com/faq/file_format.html)
- [84] "MNE — MNE 0.23.0 documentation", Mne.tools, 2021. [Online]. Disponible en: <https://mne.tools/stable/index.html>.
- [85] El modelo clásico de CNN: LeNet - programador clic. (s. f.). programador clic. <https://programmerclick.com/article/35441799811/>
- [86] ¿Qué es AlexNet? - programador clic. (s. f.). programador clic. <https://programmerclick.com/article/40952178400/>
- [87] Data mining. (s. f.). Orange Data Mining - Data Mining. <https://orangedatamining.com/>

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>76</b> de <b>113</b>

- [88] Weka 3 - data mining with open source machine learning software in java. (s. f).  
Department of Computer Science: University of Waikato.  
<https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [89] Chanchí, G., Acosta, P. and Campo, W., 2019. Automatización de inspecciones de usabilidad en sitios web. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, [https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Acosta-Vargas/publication/340022081\\_Automatizacion\\_de\\_inspecciones\\_de\\_usabilidad\\_en\\_sitios\\_web/links/5f822d87458515b7cf770000/Automatizacion-de-inspecciones-de-usabilidad-en-sitios-web.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Acosta-Vargas/publication/340022081_Automatizacion_de_inspecciones_de_usabilidad_en_sitios_web/links/5f822d87458515b7cf770000/Automatizacion-de-inspecciones-de-usabilidad-en-sitios-web.pdf)

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 77 de 113

## Anexos

### Anexo 1: Instrumento de recolección de información

Plantilla:

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PARTICIPANTE</b>	N°:	Fecha:
Sexo: F__ M__	Edad:	
Participante fumó los últimos 30 minutos: Si__ No__ Participante ingirió licor los últimos 30 minutos: Si__ No__ Participante firmo consentimiento: Si__ No__		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si__ No__		
Electrodos ubicados correctamente: Si__ No__		
Participante presenta movimientos durante el registro de las señales: Si__ No__		
Se interrumpe toma de señales: Si__ No__		
Participante en la posición del experimento: Si__ No__		
Si la respuesta es afirmativa por qué: <hr/>		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Participante: <hr/>		
Encargado de las conexiones hardware: <hr/>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <hr/>		
Revisor del protocolo: <hr/>		
Encargado de las conexiones al participante: <hr/>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <hr/>		
Hora de fin: <hr/>		
Observaciones generales: <hr/>		
Anotaciones del participante (Opcional): <hr/>		

**REGISTRO DE DATOS**

Recolección adecuada de datos: Si \_\_\_ No \_\_\_

Interferencia evidente en la señal: Si \_\_\_ No \_\_\_

Archivo guardado correctamente: Si \_\_\_ No \_\_\_

**Firma del investigador:**

**Formatos experimento 1:**

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>1</u>	Fecha: <u>19 de noviembre -2020</u>
Sexo: F ___ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>38</u>	
<p>Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___</p> <p>Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___</p>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Francisco Obando</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro R.</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>10:00 am</u>		
Hora de fin: <u>10:40 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Interferencia evidente en la señal: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
<b>Firma del investigador:</b> <u>[Firma]</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>2</u>	Fecha: <u>19 de noviembre 2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>22</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Cristian Bambaqué Melendez</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>10:55 am</u>		
Hora de fin: <u>11:20 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>GMX</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>3</u>	Fecha: <u>19 de noviembre 2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>25</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Brayan Navia</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillon</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>11:55 am</u>		
Hora de fin: <u>12:25 pm</u>		
Observaciones generales:		
Anotaciones del paciente (Opcional): <u>Diestro</u>		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>Atx</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: 4	Fecha: 19 noviembre 2020
Sexo: F ___ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: 25	
<p>Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___</p>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
_____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Cristian Felipe Díaz</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castañón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>12:35 pm</u>		
Hora de fin: <u>1:05 pm</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Interferencia evidente en la señal: Si ___ No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No ___		
Firma del investigador: <u>awx</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>5</u>	Fecha: <u>20 noviembre 2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>19</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Wilson Carrillo</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>9:00 am</u>		
Hora de fin: <u>9:30 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>[Firma]</u> <input checked="" type="checkbox"/>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>6</u>	Fecha: <u>20 - no viembre - 2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>19</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Juan camilo Gómez Hoyos</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>10:00 am</u>		
Hora de fin: <u>10:36 am</u>		
Observaciones generales: <u>Destro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>[Firma]</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: 7	Fecha: 20-noviembre-2020
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: 21	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
DISPOSITIVOS		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
PARTICIPANTES		
Paciente: <u>Anderson Lopez</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillon</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
PROTOCOLO		
Hora de inicio: <u>10:46 am</u>		
Hora de fin: <u>11:15 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
REGISTRO DE DATOS		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>EW</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>8</u>	Fecha: <u>20-noviembre-2020</u>
Sexo: <u>F</u> <u>MY</u>	Edad: <u>19</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <u>  </u> No <u>X</u> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <u>  </u> No <u>X</u> Paciente firmo consentimiento: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <u>  </u> No <u>X</u>		
Se interrumpe toma de señales: Si <u>  </u> No <u>X</u>		
Paciente en la posición del experimento: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Sebastián Camilo Medina G.</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>11:20 am</u>		
Hora de fin: <u>11:45 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
Interferencia evidente en la señal: Si <u>  </u> No <u>X</u>		
Archivo guardado correctamente: Si <u>X</u> No <u>  </u>		
Firma del investigador: <u>[Firma]</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: 9	Fecha:
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: 22	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Jose Adrián Alvarado Imbachi</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: 11:50 am		
Hora de fin: 12:19 am		
Observaciones generales: Diestro		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>[Firma]</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>10</u>	Fecha: <u>23</u> - noviembre - 2020
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>23</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Santiago López Dorado</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castellón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>9:52 am</u>		
Hora de fin: <u>10:25 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>CW</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>11</u>	Fecha: <u>27 - noviembre - 2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>21</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
DISPOSITIVOS		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
PARTICIPANTES		
Paciente: <u>Luis Miguel Martínez Vargas</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Montenegro - Antonella Ceballos</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castellón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
PROTOCOLO		
Hora de inicio: <u>10:30 am</u>		
Hora de fin: <u>10:58 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
REGISTRO DE DATOS		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>[Firma]</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>11</u>	Fecha: <u>27-noviembre-2020</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>29 años</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Leni Trejos</u>		
Encargado de las conexiones hardware : <u>Duvan Montenegro- Antonella Ceballos</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: <u>11:00 am</u>		
Hora de fin: <u>11:30 am</u>		
Observaciones generales: <u>Diestro</u>		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u></u>		



Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: <u>2</u>	Fecha: <u>19 - mayo - 2021</u>
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>19</u>	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
DISPOSITIVOS		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
PARTICIPANTES		
Paciente: <u>Mauricio Muteva Meneses</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Montenegro - Antonella Ceballos</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
PROTOCOLO		
Hora de inicio: <u>11:05 am</u>		
Hora de fin: <u>11:25 am</u>		
Observaciones generales:		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
REGISTRO DE DATOS		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>GAF</u>		

Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales		
Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca – Facultad de Ingenierías		
<b>DATOS DEL PACIENTE</b>	Nº: 3	Fecha: 27 mayo - 2021
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: 45	
Paciente fumó los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente ingirió licor los últimos 30 minutos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente firmo consentimiento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>DISPOSITIVOS</b>		
Dispositivo funcionando correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Electrodos ubicados correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Paciente presenta movimientos durante el registro de las señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Se interrumpe toma de señales: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Paciente en la posición del experimento: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si la respuesta es afirmativa por qué: _____		
<b>PARTICIPANTES</b>		
Paciente: <u>Jorge Alberto Prado</u>		
Encargado de las conexiones hardware: <u>Duvan Montenegro - Antonella Ceballos</u>		
Encargado de la conexión software y recolector de señales: <u>Duvan Smith Montenegro Roque</u>		
Revisor del protocolo: <u>Helder Castrillón</u>		
Encargado de las conexiones al paciente: <u>Antonella Ceballos Romero</u>		
<b>PROTOCOLO</b>		
Hora de inicio: 11:40 am		
Hora de fin: 12:30 m		
Observaciones generales:		
Anotaciones del paciente (Opcional):		
<b>REGISTRO DE DATOS</b>		
Recolección adecuada de datos: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Interferencia evidente en la señal: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Archivo guardado correctamente: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Firma del investigador: <u>ew</u>		

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>93</b> de <b>113</b>

## Anexo 2: Consentimiento informado

Plantilla:

<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO</b>
<p><i>He sido invitado a participar en la investigación “Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales”. Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de las señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.</i></p> <p><b>He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.</b></p> <p><u>Nombre del Participante</u>  <u>Firma del Participante</u>  <u>Fecha</u></p> <p><i>He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.</i></p> <p><u>Nombre del Investigador</u>  <u>Firma del Investigador</u>  <u>Fecha</u></p>

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>94</b> de <b>113</b>

Formatos experimento 1:

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán IQ sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante *Francisco Javier Obando Vidal*

Firma del Participante *Francisco Obando*

Fecha *19- Nov - 2020.*

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador *Antonella Ceballos Romero*

Firma del Investigador *AC*

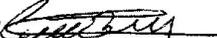
Fecha *19-11-20*

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

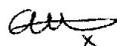
Nombre del Participante Cristian Bambaguc Melendez

Firma del Participante 

Fecha 19/11/20

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 19/11/20

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante Wilson Carrillo

Firma del Participante Wilson Yefrey Carrillo

Fecha 20-noviembre-2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 20-noviembre-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante *Brayan Henan Navia Ordoñez.*

Firma del Participante *Bug NAB*

Fecha *19/11/2020*

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador *Antonella Ceballos Romero*

Firma del Investigador *AW*

Fecha *19-11-2020*

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante Cristian Felipe Diaz

Firma del Participante Cristian Diaz

Fecha 19/NOV/20

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador [Firma]

Fecha 19-11-20

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

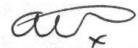
Nombre del Participante Camilo Gomez

Firma del Participante 

Fecha 20/11/2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romevo

Firma del Investigador 

Fecha 20-11-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

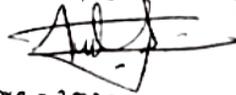
He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante

Anderson Lopez

Firma del Participante



Fecha 20-noviembre-2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 20-noviembre-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "*Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales*". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán <sup>no</sup> sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

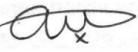
Nombre del Participante Sebastian Comilo Medina Gonzalez

Firma del Participante 

Fecha 20-noviembre-2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 20-noviembre-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante *Jose Adrien Alvarado Imbachi*

Firma del Participante *Jose Adrien Alvarado Imbachi*

Fecha *20/11/2020*

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador *Antonella Ceballos Romero*

Firma del Investigador *AC*

Fecha *20 - noviembre - 2020*

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante Santiago López D.

Firma del Participante 

Fecha 27 Nov. 2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

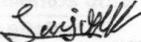
Fecha 27-11-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

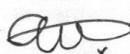
Nombre del Participante Luis Miguel Martinez Vargas

Firma del Participante 

Fecha 27/11/2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 27-11-2020

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usarán <sup>(0)</sup> sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del Participante Leni Tijera

Firma del Participante 

Fecha 27/11/2020

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 27-11-2020

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 106 de 113

Formatos experimento 2:

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

*He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usaran 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.*

**He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.**

Nombre del Participante *Yosid Anacón M*

Firma del Participante *[Firma]*

Fecha *27-5-21*

*He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.*

Nombre del Investigador *Antonella Ceballos Romero*

Firma del Investigador *[Firma]*

Fecha *27-5-21*

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

*He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usaran 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.*

**He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.**

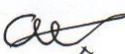
Nombre del Participante Mauricio Mulque Meneses

Firma del Participante 

Fecha 27-5-21

*He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.*

Nombre del Investigador Antonella Reballos Romero

Firma del Investigador 

Fecha 27-5-21

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

*He sido invitado a participar en la investigación "Propuesta de un componente web adaptable a los aspectos de usabilidad, relacionado con la satisfacción y los estados emocionales". Entiendo que realizaré una serie de actividades para el registro de la señales y que se usaran 10 sensores no invasivos durante la toma de todos los datos. He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo alergias o reacciones adversas relacionadas con el lugar de la toma de las señales. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará económicamente. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.*

**He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.**

Nombre del Participante *Jorge Alberto Prado Rivera*

Firma del Participante *Jorge Prado*

Fecha 27-5-21

*He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.*

Nombre del Investigador Antonella Ceballos Romero

Firma del Investigador *Antonella*

Fecha 27-5-21

### Anexo 3: Guía de configuración del entorno de desarrollo

#### Guía para la configuración del entorno de desarrollo

Esta guía contiene sólo contendrá la instalación del entorno de trabajo en Anaconda, y el cómo se debe ejecutar para cada uno de los proyectos.

**Requisitos:** Anaconda, Docker, Node.js, Git.

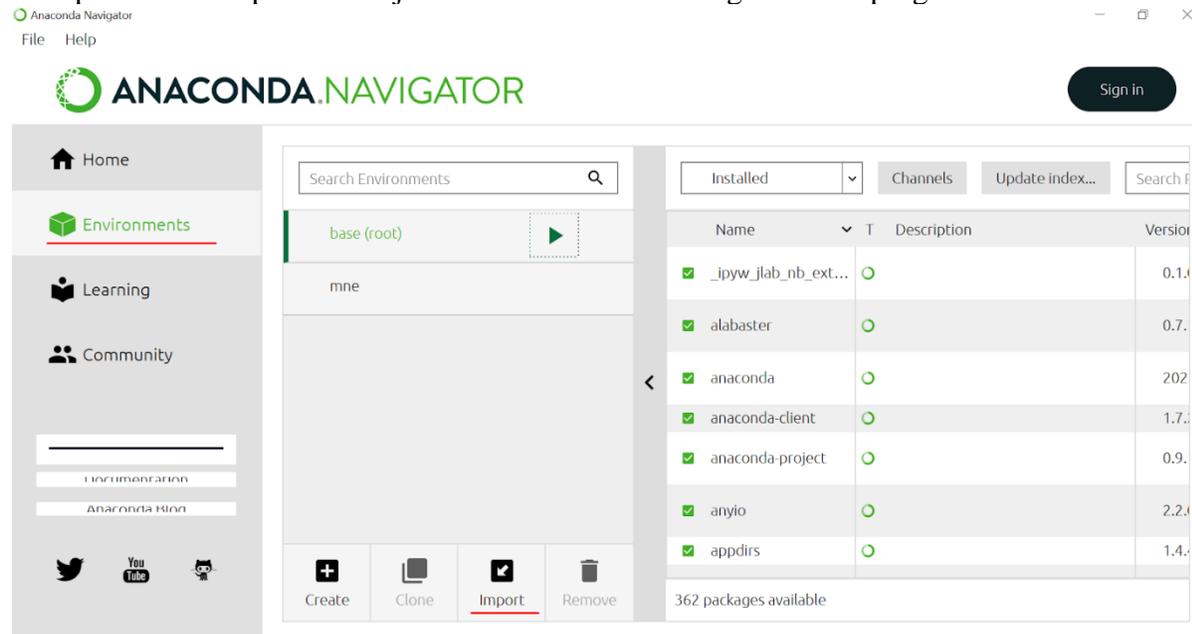
#### Instalación:

Primero se debe descargar el archivo “yml” necesario para crear el entorno de desarrollo en Anaconda. <https://github.com/duvanmontenegro/satisfaccion-basada-en-estados-mentales/tree/master/EntornoDesarrollo>

Después de descargarlo se debe abrir la consola e insertar la siguiente línea:

- `conda env create -f environment.yml`

Este paso también puede ser ejecutado desde la interfaz gráfica del programa Anaconda.

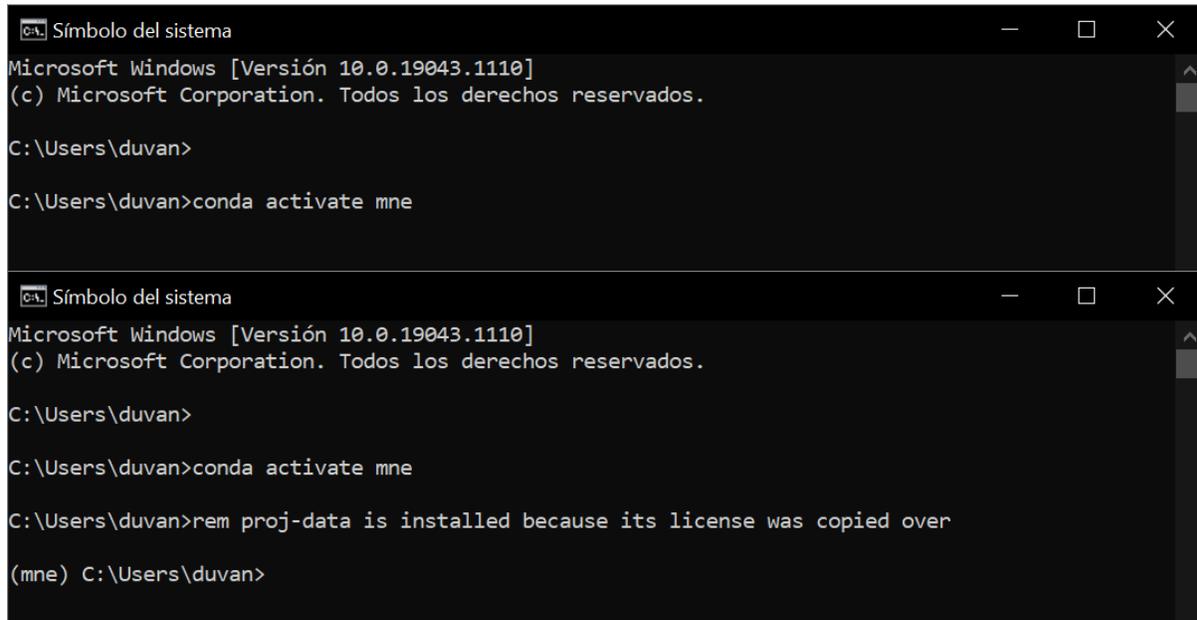


#### Ejecución de los proyectos:

Para iniciar la ejecución de cualquier de los algoritmos y proyectos desarrollados se debe inicializar el entorno Anaconda, para hacer eso se debe iniciar una consola e insertar la siguiente línea:

- `conda activate mne`

Si al crear el entorno en Anaconda se cambió el nombre, se debe cambiar MNE en la línea anterior por el nuevo nombre asignado al entorno.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19043.1110]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\duvan>
C:\Users\duvan>conda activate mne

Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19043.1110]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\duvan>
C:\Users\duvan>conda activate mne

C:\Users\duvan>rem proj-data is installed because its license was copied over

(mne) C:\Users\duvan>
```

Para ejecutar el algoritmo de entrenamiento solo se debe entrar a la carpeta traingEEG, editar el archivo “*trainingDataset.py*” según las necesidades y ejecutar este mismo archivo. La ejecución de este archivo se puede llevar a cabo, con el mismo comando usado para ejecutar cualquier archivo Python

- `python trainingDataset.py`

Las configuraciones necesarias para el archivo “*trainingDataset.py*” son las siguientes:

- Se debe quitar el comentario en el código del algoritmo de entrenamiento que se quiera utilizar

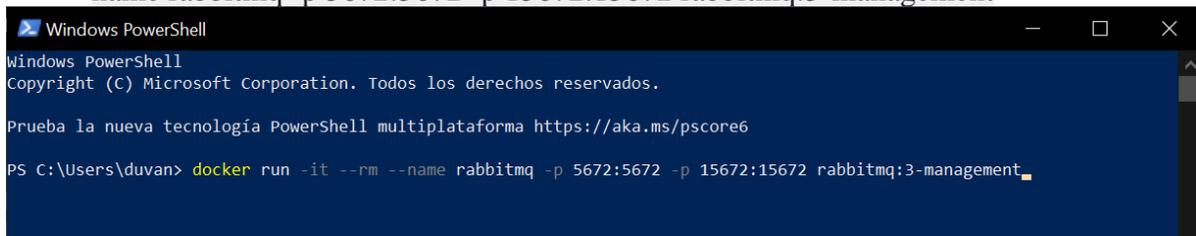
```
4 import playsound
5 import glob
6
7 dataset = "dataset"
8 model_dir = "model.h5"
9 lbldic = {
10     "insatisfecho":0,
11     "satisfecho":1
12 }
13 model_dir = "model.h5"
14
15 ordendataset=[]
16 #region Traing Random Forest
17 # noptimi="sgd"
18 # narquitec="RandomF"
19 # cdestino="RandoForesSinC7copia"
20 # fromModel=cdestino
21 # modeloh5="Ex1.pkl"
22 # trainer = trainingRF(path_to_dataset=dataset,
23 #     save_to_dir_model=model_dir,
24 #     lbl=lbldic,
25 #     bs=16,
26 #     epochs=1000,
27 #     lr=0.001,
28 #     seed=1,
29 #     numclasses=len(lbldic),
30 #     splitDataset=0.15,
31 #     numberOfExperiment=1,
32 #     lowfreq=1,
33 #     highpass=40,
34 #     conaug=False,
35 #     ...
```

Si se quisiera utilizar Random Forest solo se tendría que des comentar este código.

- Se deben configurar las opciones de entrenamiento, orden del dataset, los canales a usar, tipo de optimización, la arquitectura, nombre de la carpeta de destino.

Para la ejecución de los demás proyectos es necesario utilizar el programa Docker.  
para esto solo tenemos que:

- Abrir el programa Docker y el powershell.
- En el powershell se debe poner la siguiente línea y ejecutarla: `Docker run -it --rm --name rabbitmq -p 5672:5672 -p 15672:15672 rabbitmq:3-management`



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6

PS C:\Users\duvan> docker run -it --rm --name rabbitmq -p 5672:5672 -p 15672:15672 rabbitmq:3-management
```

Esto ejecutará la imagen en Docker, si es la primera vez que se utilizas Docker y esta imagen, esta se descargará automáticamente cuando se ejecute la línea mencionada anteriormente.

Finalizando con la ejecución de los proyectos, debemos entrar a la carpeta “Servicio” donde se encuentran los dos ejecutables necesarios para la ejecución del proyecto por completo.

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 112 de 113

Para esto se deben debemos correr los archivos: “servicio.py” y “lecturaEEGOpenBCI.py”, el archivo “lecturaEEG.py” es un archivo de prueba el cual simula la lectura de señales EEG del dispositivo OpenBCI.

Para ejecutar estos dos archivos solo se necesitan las siguientes líneas:

- Para servicio.py:
  - set FLASK\_APP=servicio
  - flask run
- Para lecturaEEGOpenBCI.py (se debe tener conectado el OpenBCI):}
  - python lecturaEEGOpenBCI.py

Se debe recalcar que todos los archivos necesarios para la ejecución de cualquier proyecto se encuentran en el siguiente repositorio:

<https://github.com/duvanmontenegro/satisfaccion-basada-en-estados-mentales>

#### **Anexo 4: Filtrado de las señales por participante**

Debido al volumen de datos que se encuentra representado en la tabla, se adjunta el anexo como un archivo.



Anexo4.xlsx

#### **Anexo 5: Dataset creado**

<https://github.com/antonellacrxdataset.git>

#### **Anexo 6: Algoritmo encargado del entrenamiento del modelo de machine-learning**

<https://github.com/duvanmontenegro/satisfaccion-basada-en-estados-mentales.git>

	<b>DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO</b>	<b>EDO - 02</b>
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página <b>113</b> de <b>113</b>

**Control de cambios**

<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>MOTIVO CAMBIO</b>
1	02 agosto de 2021	Creación
2	10 de septiembre de 2021	Correcciones de los jurados