

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Herramienta de Software con una Base de Datos Integrada
para el Estudio de la Epilepsia - Fase II**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Diego Manrique Sáenz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



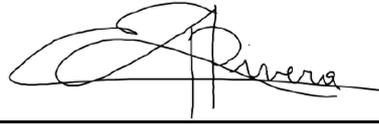
**Herramienta de Software con una Base de Datos Integrada
para el Estudio de la Epilepsia - Fase II**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Diego Manrique Sáenz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2022

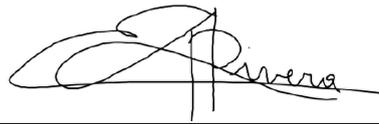
Vo.Bo.:



(f)

Dr. Luis Alberto Rivera Estrada

Tribunal Examinador:



(f)

Dr. Luis Alberto Rivera Estrada



(f)

MSc. Carlos Alberto Esquit



(f)

Ing. Kurt Emmanuel Kellner

Fecha de aprobación: Guatemala, 22 de junio de 2022.

Lista de figuras	VII
Lista de cuadros	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	7
4. Objetivos	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. Alcance	11
6. Marco teórico	13
6.1. Epilepsia	13
6.1.1. Tipos de epilepsia	13
6.1.2. Tipos de convulsiones	14
6.1.3. Tratamientos	14
6.2. Electroencefalograma	16
6.2.1. Características de la actividad cerebral	17
6.2.2. Metodología para realizar EEG	18
6.2.3. Tipos de EEG	19
6.2.4. EEG en la epilepsia	20
6.3. Bases de datos	20
6.3.1. Organización	20
6.3.2. Conceptos básicos	21
6.3.3. Lenguaje SQL	21

6.3.4.	Tipos de datos	22
6.3.5.	Motores de base de datos	22
6.3.6.	Normalización de base de datos	22
6.4.	Aprendizaje automático	23
6.4.1.	Aplicación en la medicina y epilepsia	23
7.	Primer prototipo	25
7.1.	Pasos iniciales	25
7.2.	Primera propuesta	26
7.3.	Propuesta final y prototipo	27
8.	Segundo prototipo	31
8.1.	Nuevas funcionalidades	31
8.1.1.	Módulo de administración de usuarios	31
8.1.2.	Crear usuario	31
8.1.3.	Nueva entidad	33
8.2.	Puntos de mejora	33
9.	Tercer prototipo	35
9.1.	Recuperar contraseña	35
9.2.	Nueva entidad	36
9.3.	Integración de tesis	36
9.4.	Cambio de contraseña	36
9.5.	Roles	38
9.6.	Modificaciones a pantallas existentes	39
9.7.	Editar usuarios	39
9.8.	Modelo relacional final y otras mejoras	40
10.	Modos de implementación	45
11.	Conclusiones	47
12.	Recomendaciones	49
13.	Bibliografía	51
14.	Anexos	53
14.1.	Manual de usuario	53
14.1.1.	Modificaciones a pantallas preexistentes	54
14.1.2.	Usuarios predefinidos	55
14.1.3.	Primer inicio de sesión	56
14.1.4.	Crear usuario	56
14.1.5.	Modificar usuario	58
14.1.6.	Bloquear/Desbloquear usuario	58
14.1.7.	Eliminar usuarios	60
14.1.8.	Modificar configuración de mi usuario	60
14.1.9.	Configurar servicio de “Recuperar contraseña”	62

Lista de figuras

1.	Estructura de la base de datos desarrollada en la fase I [1].	5
2.	Aplicación desarrollada en Matlab para carga de las señales EEG [1].	5
3.	Señal EEG normal vs señal EEG durante una convulsión [11].	17
4.	Diagrama BD en MySQL.	26
5.	Arquitectura preliminar. Servidor local vs servidor en la nube.	27
6.	Entidades y atributos agregados al modelo existente.	28
7.	Primer prototipo - Pantalla para crear un nuevo usuario.	28
8.	Nueva pantalla para el inicio de sesión.	29
9.	Pantalla principal de administración de usuarios.	32
10.	Pantalla “Crear usuario” segundo prototipo.	33
11.	Diagrama entidad-relación incluyendo nueva entidad “usuarios”.	34
12.	Pantalla de inicio de sesión con enlace de “Recuperar contraseña”.	36
13.	Pantalla principal con accesos a módulo desarrollado por David Vela.	37
14.	Pantalla de creación de usuarios.	37
15.	Pantalla de configuración.	38
16.	Creación de usuarios con roles predefinidos o personalizados.	38
17.	Pantalla modificada de agregar pacientes.	39
18.	Pantalla modificada de consultas.	40
19.	Nueva pantalla para editar usuarios.	40
20.	Modelo relacional tercer prototipo.	41
21.	Acceso a pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.	42
22.	Pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.	43
23.	Diagrama de modo de implementación 1.	45
24.	Diagrama de modo de implementación 2.	46
25.	Diagrama de modo de implementación 3.	46

Lista de cuadros

1. Programa EEG - Base de datos utilizada. 26
2. Tipos de usuarios definidos y sus permisos en primer prototipo. 29

La meta principal de la tesis fue mejorar la herramienta para el estudio de la epilepsia desarrollada en la fase I por María Fernanda Pineda, tesis “Diseño e Implementación de una Base de Datos de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia”[1] y expandir las funcionalidades en conjunto con el desarrollo para la tesis “Automatización del Proceso de Anotación de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia por Medio de Técnicas de Aprendizaje Automático”[1] realizado por David Vela. Se realizaron modificaciones a la herramienta para que el Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional HUMANA cuente con un programa que les resuelva ciertas dificultades que se les presentan y además a reducir tiempos en los procesos internos como lo es la evaluación de las señales electroencefalográficas de los pacientes.

Algunas de las modificaciones realizadas a la herramienta fueron: Módulo de administración de usuarios que incluye pantallas para crear, editar, eliminar, bloquear y desbloquear usuarios, servicio para recuperar contraseña, nuevas entidades para distintas configuraciones de la aplicación como el control de accesos y el servicio de recuperar contraseña.

Para esto se evaluaron los programas y procesos que utilizan actualmente en HUMANA para la captura de los encefalogramas ya que para poder presentar una herramienta funcional y útil también es necesario eliminar tareas repetidas que al final cuestan tiempo importante y pueden causar errores involuntarios.

Con las modificaciones a la herramienta de la fase I se buscó incluir funcionalidades que permitan aportar valor a futuros proyectos que sigan esta línea de investigación. Se buscó principalmente expandir el modelo relacional de la base de datos para poder almacenar características y clasificadores para el análisis automático de señales electroencefalográficas (EEG) así como también poder almacenar información confidencial de forma segura. Para poder almacenar la información de forma segura se implementó un módulo de gestión de usuarios y sus permisos correspondientes.

Por último, después de haber realizado las modificaciones y mejoras correspondientes se propusieron modos para el uso de la herramienta de forma remota. Esto debido a que la presente situación mundial obliga a buscar alternativas para poder trabajar de forma remota por razones de seguridad.

The main goal of this thesis was to improve the tool for the study of epilepsy developed in phase I by María Fernanda Pineda, thesis “Design and Implementation of a Database of Biomedical Signals of Patients with Epilepsy”[1] and expand the functionalities in conjunction with the development for the thesis “Automation of the EEG Annotation Process of Patients with Epilepsy using Machine Learning Techniques”[1] carried out by David Vela. Modifications were made to the tool so that HUMANA Center for Epilepsy and Functional Neurosurgery has a program that solves certain difficulties that arise and also reduces times in internal processes such as the evaluation of electroencephalographic signals of the patients.

Some of the improvements to the tool were: user manager module that includes the screens to create, modify, edit, delete, lock and unlock users, a service to reset users passwords and new database entities used to configure application services such as access control and the configuration for the reset password service.

For this, the programs and processes currently used in HUMANA for capturing encephalograms were evaluated, since in order to present a functional and useful tool it is also necessary to eliminate repeated tasks that cost significant time and can cause involuntary errors.

With the modifications to the phase I tool, it was sought to include functionalities that allow adding value to future projects that follow this line of research. The main aim was to expand the relational model of the database to be able to store characteristics and classifiers for the automatic analysis of EEG signals as well as to be able to store confidential information in a secure way. In order to store the information safely, a user management module and its corresponding permissions were implemented.

Finally, after having made the corresponding modifications and improvements, alternatives were proposed for using the tool remotely. This is due to the fact that the current world situation forces us to look for alternatives to be able to work remotely for security reasons.

CAPÍTULO 1

Introducción

La información siempre ha sido de gran importancia para la sociedad y por lo tanto siempre ha sido importante buscar formas de trasladarla y preservarla de forma eficiente. Las bases de datos han tomado un papel muy importante ya que permiten almacenar la información de forma estructurada. Almacenar la información de forma estructurada permite realizar búsquedas de forma eficiente entre otras cosas.

Almacenar señales EEG y datos de pacientes en una base de datos permite llevar un mejor control del estado de salud del paciente ya que es posible consultar el historial rápidamente. Además, al tener estas señales almacenadas, es posible explotarlas y obtener información relevante que puede ayudar a curar enfermedades.

Las bases de datos también toman un papel importante en el desarrollo de programas, aplicaciones, páginas web y juegos. Permiten llevar control de preferencias del usuario, permisos dentro de la aplicación y avances en los juegos entre otras cosas. Sin las bases de datos no sería posible llevar control eficientemente de varias cosas.

Algunas bases de datos ahora incorporan librerías de aprendizaje automático y capacidades para incluir modelos desarrollados en Python o R. Esto busca poder explotar la información de una forma más eficiente ya que no es necesario mover la información de la base de datos a otro programa para analizarla. Además de Python y R hay otras alternativas para el desarrollo de modelos predictivos utilizando aprendizaje automático. Entre las alternativas se encuentra Matlab. Matlab es una herramienta que permite realizar una variedad de cálculos y simulaciones utilizando distintas librerías y aplicaciones propias.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó MySQL como base de datos y Matlab. En la base de datos se expandió el modelo relacional existente. Y en Matlab se modificó la aplicación previamente desarrollada para aumentar su funcionalidad y alcance.

La epilepsia es una de las condiciones neurológicas más comunes, sin embargo, aún no logramos comprenderla ni se cuenta con un tratamiento específico. Es una condición que causa convulsiones recurrentes sin provocar. Una convulsión epiléptica es causada por señales neurológicas anormales. La epilepsia es una de las condiciones neurológicas más comunes, aproximadamente 50 casos nuevos por cada 100,000 habitantes anualmente. Aproximadamente el 1 % de la población mundial sufre de epilepsia y un tercio de los pacientes sufre de epilepsia refractaria. La epilepsia refractaria se refiere a que las convulsiones no pueden ser controladas por los medicamentos antiepilépticos más recomendados o utilizados. El 75 % de los pacientes con epilepsia lo empiezan a padecer en la niñez [2].

Las convulsiones epilépticas son clasificadas dentro de tres categorías: Generalizada, focal o parcial y espasmo epiléptico. Las convulsiones generalizadas empiezan en las redes neuronales bilaterales. Las convulsiones focales o parciales se originan en las redes neuronales de un hemisferio del cerebro. Una convulsión puede iniciar como focal o parcial y luego convertirse en generalizada. Las convulsiones pueden originarse en la corteza o en estructuras subcorticales. Utilizando historia detallada, información clave obtenida por EEG y otra información relevante generalmente un médico puede clasificar las convulsiones/tipo de epilepsia y generar un diagnóstico y un plan para el tratamiento [2].

Una base de datos relacional es un tipo de base de datos que almacena y provee acceso a datos que están relacionados a otros. Estas bases de datos se basan en un modelo, intuitivo, y fácil para almacenar la información en tablas. En estas tablas cada fila es un registro con un número de identificación único llamado “llave”. Cada columna de la tabla representa un atributo con información específica del registro [3].

El aprendizaje automático es utilizado ampliamente en las áreas de la salud y la biología. Investigadores y científicos lo utilizan en distintas áreas ya que permite el análisis de mucha información y permite visualizar alternativas para diferentes aplicaciones. El aprendizaje automático se puede utilizar para la clasificación y detección de epilepsia. También se ha utilizado para análisis de señales EEG ya que de esta forma se puede descubrir información importante de la señal [4].

El Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional HUMANA, es una organización formada por profesionales en Neurociencias que trabajan en beneficio de los pacientes que padecen problemas Neurológicos de difícil control, Epilepsia, Parkinson, Tumores Cerebrales, Columna Vertebral, Movimientos Anormales entre otros. Humana es el Centro de Referencia en Neurociencias para Guatemala y Centro América donde los médicos cuentan con los mejores recursos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cerebrales [5].

Las tesis desarrolladas por María Fernanda Pineda [1] y María Jesús Aangulo [6] consistieron en el desarrollo de una herramienta para análisis de señales electroencefalográficas y diseño de una base de datos para almacenar las señales grabadas por HUMANA. Esta base de datos almacena información sobre los pacientes como edad, datos de la señal como frecuencia y número de canales, pero no nombres de los pacientes ya que busca conservar la confidencialidad de los pacientes.

La base de datos considera hasta 35 canales de los cuales 20 son obligatorios y almacena la información en tres tablas, una para datos del paciente, otra para datos descriptivos de la prueba y la última con las grabaciones de los diferentes canales de la señal. La aplicación para grabar las señales fue desarrollada en Matlab por lo que es necesario tener instalado este programa para poder ejecutarlo o generar un ejecutable previamente.

El proceso para importar las señales a la base de datos es el siguiente: Primero exportar la señal en el programa utilizado en HUMANA para la captura de la señal encefalográfica. Segundo. Llenar el formulario con los datos del paciente en el programa desarrollado en Matlab por María Fernanda Pineda. Y, por último, importar el archivo .edf.

Actualmente el flujo no es automático y posee pasos duplicados ya que los datos del paciente se ingresan dos veces. Primero en el programa utilizado para capturar las señales EEG. Y segundo en la herramienta desarrollada en Matlab. Esto incrementa el tiempo utilizado y da lugar a errores no voluntarios a la hora de ingresar los datos.

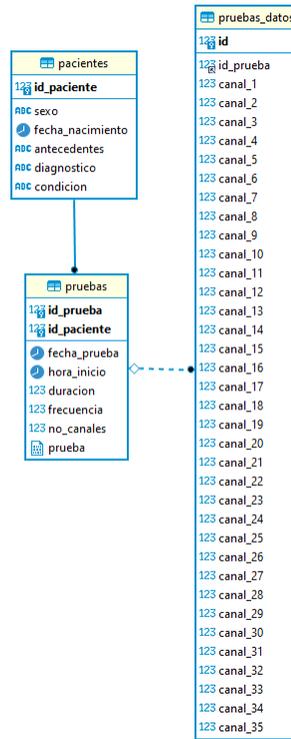


Figura 1: Estructura de la base de datos desarrollada en la fase I [1].



Figura 2: Aplicación desarrollada en Matlab para carga de las señales EEG [1].

Actualmente HUMANA realiza el análisis de las señales EEG manualmente. Como es un proceso manual y en situaciones hay señales muy largas los tiempos de análisis pueden variar significativamente. Ya que es un proceso manual es necesario tomar en cuenta que se pueden cometer errores y obviar información importante de la señal. Por lo tanto, automatizar el proceso es de suma importancia y la calidad del análisis esta directamente relacionado con la calidad de la información.

La herramienta actual desarrollada por María Fernanda Pineda [6] permite el almacenamiento de las señales en una base de datos, pero no considera el almacenamiento ni visualización de los datos resultantes de la anotación de las señales EEG ni tampoco existen usuarios con diferentes permisos para mantener la confidencialidad de cierta información. Esto es importante ya que los resultados deben almacenarse en algún lugar. También es de suma importancia poder visualizar las anotaciones realizadas a las señales y los resultados de los análisis efectuados. Además no podemos obviar la responsabilidad de mantener la confidencialidad de los datos de los pacientes.

Se busca dejar un programa funcional que permita administrar usuarios y sus permisos y que sea de mucha utilidad para automatizar las tareas lo más posible en el día a día de HUMANA. También es necesario realizar modificaciones a las tablas definidas y a la aplicación para integrar el uso de diferentes usuarios. Por ejemplo, existe una tabla en la base de datos que no cuenta con una llave primaria y la forma de autenticar credenciales para la conexión a la base de datos es por medio de un archivo .csv lo cual no es práctico ni lo correcto.

4.1. Objetivo general

Mejorar la herramienta de *software* desarrollada en la fase anterior del proyecto de estudio de la epilepsia, y adaptarla para su uso en el Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional (HUMANA).

4.2. Objetivos específicos

- Expandir la funcionalidad de la herramienta de *software* desarrollada en la fase anterior.
- Optimizar el modelo y funcionalidad de la base de datos con que cuenta la herramienta.
- Desarrollar una versión de la herramienta compatible con las estaciones de trabajo de HUMANA.
- Integrar en la aplicación un módulo de control de usuarios y sus permisos.
- Proponer un modo para la operación remota de la herramienta.

Este proyecto consistió en mejorar la herramienta para el estudio de la epilepsia desarrollada en la fase I por María Fernanda Pineda, tesis “Diseño e Implementación de una Base de Datos de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia”[1] y expandir las funcionalidades en conjunto con el desarrollo para la tesis “Automatización del Proceso de Anotación de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia por Medio de Técnicas de Aprendizaje Automático”[7] realizado por David Vela. Se expandió el modelo relacional de la base de datos para poder almacenar las características, clasificadores, anotaciones, información confidencial de los pacientes y control de acceso para diferentes usuarios a la herramienta.

El control de acceso permite definir roles con permisos personalizados. Estos roles evitan que por error o por otras razones se alteren datos sensibles y/o importantes. Además permite controlar quienes tiene acceso a información confidencial. Se espera que las nuevas tablas y controles de acceso ayuden a HUMANA a realizar sus tareas de una forma más eficiente, segura y ordenada.

6.1. Epilepsia

La epilepsia es una condición que causa convulsiones recurrentes sin provocar. Una convulsión epiléptica es causada por señales neurológicas anormales. La epilepsia es una de las condiciones neurológica más comunes, aproximadamente 50 casos nuevos por cada 100,000 habitantes anualmente. Aproximadamente el 1% de la población mundial sufre de epilepsia y un tercio de los pacientes sufre de epilepsia refractaria. El 75% de los pacientes con epilepsia lo empiezan a padecer en la niñez [2].

La epilepsia afecta tanto a hombres como a mujeres de todas las razas, orígenes étnicos y edades [8].

Los síntomas de las convulsiones pueden variar ampliamente. Algunas personas con epilepsia simplemente miran de manera fija por unos segundos durante una convulsión, mientras que otras mueven repetidamente los brazos o las piernas. Tener una sola convulsión no significa que padezcas epilepsia. Por lo general, se requieren al menos dos convulsiones no provocadas para determinar un diagnóstico de epilepsia [8].

6.1.1. Tipos de epilepsia

Las epilepsias se clasificaban según su sitio de inicio, si la causa era conocida o no lo era. El sistema de clasificación actual toma en cuenta las causas estructurales y genéticas e incluye el tipo de convulsión, el diagnóstico del síndrome y el grado de deterioro funcional. La forma de clasificar seguirá evolucionando a medida que se conozca mas de la epilepsia y de la genética [2].

6.1.2. Tipos de convulsiones

Las convulsiones epilépticas son clasificadas dentro de tres categorías: Generalizada, focal o parcial y espasmo epiléptico. Las convulsiones generalizadas empiezan en las redes neuronales bilaterales. Las convulsiones focales o parciales se originan en las redes neuronales de un hemisferio del cerebro. Una convulsión puede iniciar como focal o parcial y luego convertirse en generalizada. Las convulsiones pueden originarse en la corteza o en estructuras subcorticales [2].

6.1.3. Tratamientos

Los tratamientos contra la epilepsia pueden ayudar a las personas que la padecen a tener menos convulsiones o incluso a ya no tener convulsiones. Entre los tratamientos disponibles se encuentra:

- Medicinas llamadas drogas anti-epilépticas o *anti-epileptic drugs* (AEDs).
- Cirugía para remover una pequeña porción del cerebro causante de las convulsiones.
- Implante de un dispositivo eléctrico que ayuda a controlar las convulsiones.
- Dieta especial que ayuda a controlar las convulsiones.

Algunas personas con epilepsia requieren tratamiento de por vida aunque puede llegar a darse el caso donde las convulsiones desaparezcan con el paso del tiempo. En casos donde se conoce el disparador de las convulsiones y es posible evitarlo el paciente no requiere ningún tratamiento [9].

Anti-epileptic drugs (AEDs)

AEDs son la forma de tratamiento más común para la epilepsia. Estas drogas ayudan a controlar las convulsiones en 7 de cada 10 pacientes al cambiar los niveles de los químicos presentes en el cerebro. Este tratamiento no cura la epilepsia solo ayuda a controlar las convulsiones [9].

Existen varios tipos de AEDs. Entre los más comunes se encuentran:

- sodium valproate
- carbamazepine
- lamotrigine
- levetiracetam
- topiramate

El mejor tipo de AEDs depende de la persona. Entre los factores relevantes para la selección de un AEDs se encuentran: el tipo de epilepsia, la edad y si se desea tener hijos. Algunos AEDs pueden ser dañinos para los bebés por nacer [9].

Las AEDs están disponibles en una variedad de presentaciones. Se pueden encontrar en tabletas, cápsulas, líquidos y jarabes. Generalmente esta medicina se toma todos los días y se inicia tomando dosis leves y poco a poco se va subiendo la concentración hasta que las convulsiones paren. Algunas veces el tipo de AEDs no funciona por lo que el médico puede llegar a sugerir cambiar de tipo. Es importante resaltar que nunca se debe dejar de tomar la medicina de golpe ya que esto puede causar convulsiones. Estas medicinas no se deben mezclar con otras sin preguntar al médico [9].

Cuando recién se inicia a tomar AEDs es común toparse con efectos secundarios. Algunos son visibles inmediatamente y desaparecen unos días o semanas después de haber iniciado, otros son visibles después de unas semanas. Los efectos secundarios depende del tipo de AEDs que se está tomando. Entre los efectos secundarios se encuentran:

- Somnolencia
- Agitación
- Encías hinchadas
- Cansancio
- Dolor de cabeza
- Pérdida de cabello o crecimiento indeseado de cabello
- Sarpullido

Cirugía cerebral

Cirugía para retirar parte del cerebro es utilizada si las medicinas no ayudan a controlar las convulsiones y si los exámenes realizados muestran que las convulsiones son causadas por un pedazo pequeño del cerebro que pueda ser removido sin causar efectos secundarios graves. En los casos donde estos dos puntos se cumplen y se realiza la cirugía hay una probabilidad muy alta de que las convulsiones se detengan por completo después de la cirugía [9].

Antes de operar se realizan varios exámenes, por ejemplo:

- EEGs
- Escaneo cerebral
- Exámenes de memoria, habilidades de aprendizaje y salud mental.

El resultado de estos exámenes ayuda a los médicos a decidir si la cirugía es una opción para el paciente. Para estas cirugías se utiliza anestesia general y se realiza cuando el paciente

se encuentre dormido. El doctor realiza un pequeño corte en el cuero cabelludo y en el cráneo para poder retirar la sección afectada del cerebro. Al finalizar la cirugía se cierra el cráneo y cuero cabelludo [9].

La recuperación después de la operación puede tomar una cuantas semanas o incluso meses hasta que el paciente se sienta normal nuevamente. Las convulsiones puede que no se detengan de inmediato por lo que el paciente deba seguir tomado sus medicinas por 1 o 2 años más. Existe el riesgo de complicaciones por la cirugía como problemas de memoria, estado de animo y visión. Estas complicaciones pueden ser temporales o permanentes [9].

Estimulación del nervio vago

La estimulación del nervio vago consiste en un pequeño dispositivo eléctrico que es colocado bajo la piel en el pecho del paciente. Este dispositivo se conecta a un cable que a su vez está conectado a un nervio en el cuello llamado el nervio vago. Pulsos eléctricos son enviados al nervio a través del cable. Al enviar estos pulso eléctricos se busca controlar las convulsiones cambiando las señales del cerebro. La estimulación del nervio vago no detiene las convulsiones por completo pero ayuda a que sean más leves y menos frecuentes. Si el paciente usa este tratamiento muy probablemente deberá seguir tomando AEDs [9].

Entre los efectos secundarios de este tratamiento se encuentran: voz ronca, dolor de garganta y tos cuando el dispositivo se activa. La batería del dispositivo puede llegar a durar hasta 10 años. Para reemplazar la batería es necesario someterse al procedimiento de implantación del dispositivo nuevamente [9].

6.2. Electroencefalograma

El electroencefalograma (EEG) es una grabación de la actividad cerebral. Para obtener estas grabaciones se utilizan pequeños sensores pegados a la cabeza en diferentes posiciones los cuales captan las señales eléctricas generadas por las células en el cerebro cuando estas se comunican entre sí [10].

Estas señales son grabadas por una maquina para luego ser examinadas por un médico para determinar si existe alguna anormalidad en ellas. La grabación y evaluación de estas señales se lleva acabo por especialista altamente entrenados llamados neurofisiólogos clínicos [10].

Una EEG se puede utilizar para diagnosticar y monitorear varias condiciones que afectan el cerebro. Puede ayudar a identificar la causa de ciertos síntomas como por ejemplo convulsiones o problemas para recordar, pero también puede ayudar a saber más sobre alguna condición ya diagnosticada [10].

El uso principal para los electroencefalogramas consiste en la detección e investigación de la epilepsia. Los EEG ayudan al médico a identificar el tipo de epilepsia y el motivo por el cual las convulsiones son causadas como también el mejor método de tratamiento [10].

Además, los EEG también pueden ser utilizados para investigar otros problemas o con-

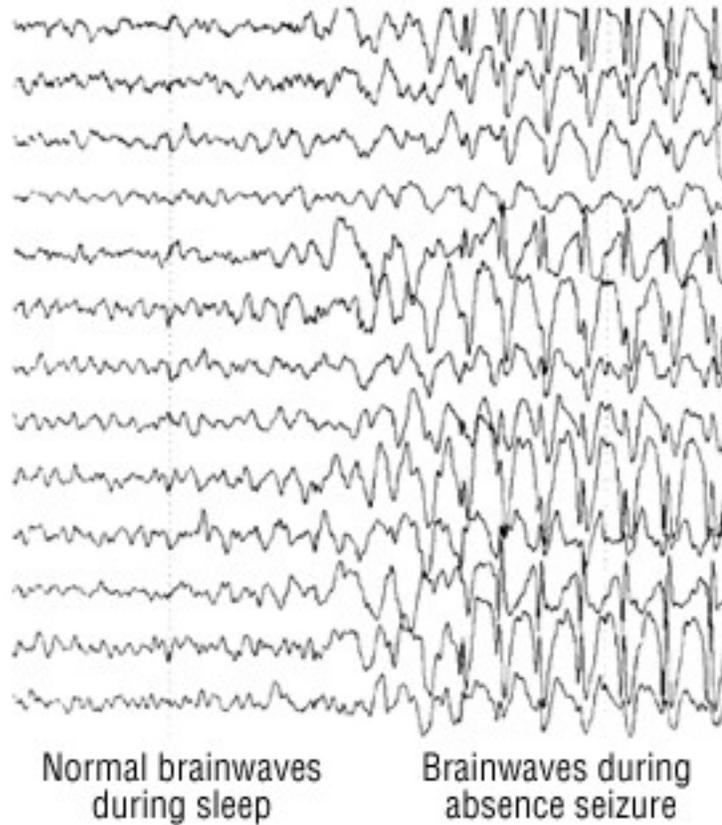


Figura 3: Señal EEG normal vs señal EEG durante una convulsión [11].

diciones como por ejemplo: demencia, golpes en la cabeza, tumores cerebrales, inflamación cerebral y desordenes de sueño [10].

6.2.1. Características de la actividad cerebral

La actividad cortical obtenida mediante un EEG se compone de un número variado de señales que aparecen aisladas o en grupos. [12] Estas señales se diferencian unas de otras por los siguientes parámetros:

- Frecuencia
- Distribución topográfica
- Forma, amplitud y duración.
- Reactividad

La frecuencia es el número de veces que aparece un tipo de onda formando parte de un ritmo. Se expresa en ciclos por segundo o Herziós (Hz). [12] Existen las siguientes bandas de frecuencia:

- Delta: actividad de menos de 3 Hz.
- Theta: actividad de 4 a 6 Hz.
- Alfa: actividad de 7 a 12 Hz.
- Beta: actividad de más de 13 Hz.

La distribución topográfica indica el lugar cerebral en el que aparece un fenómeno eléctrico. También hace referencia a la ubicación fisiológica de las distintas frecuencias dependiendo del área cerebral correspondiente. Así, en áreas anteriores, se encuentra el ritmo Beta y a medida que descendemos a áreas posteriores, nos va apareciendo el ritmo Alfa. Se utiliza el nombre de lóbulos cerebrales correspondientes para expresar dicha distribución [12].

La forma de la onda aislada puede ser: regular, irregular, aguda compleja bifásica, trifásica, etc. La amplitud se mide en microvoltios siendo lo habitual que fluctúe entre 20-40uV. La duración de una onda se expresa en milisegundos [12].

La reactividad es la capacidad de modificación de un ritmo, ante estímulos como apertura y cierre de ojos, estimulación eléctrica, proceso mental, alertamiento, etc [12].

6.2.2. Metodología para realizar EEG

El enfermero juega un papel muy importante en la preparación y en la realización de un EEG. Una mala preparación o realización del EEG puede dar lugar a errores de interpretación ya que se obtendrían valores erróneos. Es de gran importancia una buena comunicación entre el enfermero y el médico desde el inicio hasta el fin de la prueba. Los pasos a seguir para la toma de un EEG son los siguientes:

- Recibir al paciente y procurar su relajación.
- Anotar el nivel de alerta o confusión antes, durante y después de la prueba y la medición prescrita.
- Es importante anotar la edad del paciente.
- Explicar la dinámica de la prueba y su absoluta inocuidad, solicitando su colaboración, sin la cual, no es posible la realización de la misma.
- Informar al paciente que el EEG no está contraindicado en ningún caso, ni tiene efectos secundarios, por lo que no se hace necesaria la firma de ningún tipo de consentimiento y/o autorización.
- Es muy recomendable la limpieza del cabello y la ausencia de espumas, gomitas, etc. para evitar o minimizar artefactos.
- Colocar el gorro teniendo como referencia que los electrodos frontopolares se ubiquen sobre prominencias frontales para que los electrodos occipitales descansen sobre la región occipital y no sobre cerebelo.

- Introducir gel conductor en cada electrodo, fijando estos todo lo posible, para evitar los artefactos de movimiento.
- Comprobar que las impedancias sean las adecuadas y dejarlas registradas para su posterior revisión.
- Utilizar los filtros adecuados, tanto de alta como de baja frecuencia. Estos filtro permiten corregir ritmos rápidos y otros lentos.
- La prueba se realiza con los ojos cerrados del paciente para registrar el ritmo alfa de áreas posteriores, que desaparece o se atenúa con la apertura ocular, al mismo tiempo que se procura de esta forma, una mayor relajación y concentración del paciente.
- Es muy importante hacer anotaciones de cada evento que se produzca a lo largo del registro: movimientos, parpadeo, somnolencia, sueño, nerviosismo, deglución, etc. para que sea tomado en consideración por el clínico a la hora d su interpretación.

Existen dos maniobras de estimulación y/o facilitación:

- La HPV (hiperventilación), ventilación rápida y profunda durante 3 minutos seguidos.
- La ELI (estimulación luminosa intermitente), utilización de estímulos eléctricos a bajas y altas frecuencias.

Hay quienes incluyen la privación de sueño dentro de las maniobras de estimulación [12].

6.2.3. Tipos de EEG

- **EEG de rutina:** Una grabación de EEG de rutina dure entre 20 y 40 minutos. Durante la prueba, se le pedirá al paciente que descanse en silencio. Por lo general se le pedirá que abra y cierre los ojos de vez ene cuando. En la mayoría de los casos, también se le pedirá que inhale profundamente durante unos minutos. También se puede usar una luz intermitente para ver si esto afecta su actividad cerebral.
- **EEG del sueño o EEG privado de sueño:** Un EEG ambulatorio es donde se registra la actividad cerebral durante el día y la noche durante un periodo de uno o más días. Los electrodos se conectan a una pequeña grabadora de EEG portátil que se puede sujetar a la ropa. El paciente puede continuar con la mayoría de sus actividades diarias normales mientras se realiza la grabación, aunque deberá evitar mojarse el equipo.
- **Telemetría de vídeo:** También llamada EEG de vídeo, es un tipo especial de EEG en el que se filma mientras se toma una grabación de EEG. Esto puede ayudar a proporcionar más información sobre su actividad cerebral. La prueba generalmente se lleva a cabo durante unos días mientras se permanece en una suite de hospital especialmente diseñada. Las señales EEG se transmiten de forma inalámbrica a una computadora. El vídeo también es grabado por la computadora y manteniendo bajo vigilancia regular por personal capacitado.

- **Telemetría invasiva de EEG:** Este no es común, pero se puede usar para verificar si la cirugía es posible para algunas personas con epilepsia más compleja. Implica cirugía para colocar electrodos directamente en el cerebro para averiguar exactamente de donde provienen las convulsiones [13].

6.2.4. EEG en la epilepsia

El EEG es el tipo de estudio más frecuente que se utiliza para diagnosticar la epilepsia. En esta prueba, los electrodos se fijan al cuero cabelludo. Los electrodos registran la actividad eléctrica del cerebro. Una persona con epilepsia es normal que presente cambios en su patrón normal de ondas cerebrales, incluso cuando no está sufriendo una convulsión. El médico puede monitorear en video al paciente cuando se realice una prueba mientras esté despierto o dormido, para registrar cualquier convulsión que tenga. Registrar las convulsiones puede ayudar al médico a determinar que tipo de convulsiones tiene el paciente o a descartar otras afecciones.

El examen se puede realizar en el consultorio de un médico o en el hospital. Si es necesario, también se puede hacer un EEG ambulatorio, que se usa en casa mientras el electroencefalograma registra la actividad de las convulsiones en el transcurso de unos pocos días. El médico puede indicar al paciente que provoque las convulsiones, como por ejemplo dormir poco antes del estudio [14].

6.3. Bases de datos

Una base de datos relacional es un tipo de base de datos que almacena y provee acceso a datos que están relacionados a otros. Estas bases de datos se basan en un modelo, intuitivo, y fácil para almacenar la información en tablas. En estas tablas cada fila es un registro con un número de identificación único llamado “llave”. Cada columna de la tabla representa un atributo con información específica del registro [3].

El objetivo de una base de datos es recolectar y mantener información de tal forma que esté disponible para referencia de operaciones o análisis para la toma de decisiones. Las bases de datos deben cumplir con un número de requerimientos técnicos. Por ejemplo: La data debe ser accesible para varios usuarios, la información debe ser recolectada desde que se genera, esta información puede tenerse almacenada por mucho tiempo sin necesidad de utilizarse inmediatamente, la lectura y escritura de información debe de poder realizarse constantemente y la información debe almacenarse de tal forma que este relacionada y pueda buscarse fácilmente [15].

6.3.1. Organización

El modelo de entidad-relación para bases de datos fue diseñado y desarrollado por Peter Chen del MIT en 1976. Es una forma intuitiva y conceptual de representar el modelo de datos en una base de datos. Normalmente se representa con un diagrama de entidad-relación. El

diagrama de entidad-relación permite visualizar las tablas, sus atributos, llaves primarias y foráneas, así como las relaciones que existen entre tablas. En una base de datos relacional es necesario vincular las tablas con información utilizando llaves foráneas para consultar fácilmente información en las diferentes tablas. Las bases de datos relacionales son ampliamente utilizadas debido a su simplicidad para modelar, representar y consultar la información [16].

6.3.2. Conceptos básicos

Esquemas: Es una colección de objetos dentro de una base de datos. El esquema tiene un dueño y puede contener a varios objetos dentro de la base de datos como, por ejemplo: Tablas, disparadores, secuencias, vistas, procedimientos, etc [17].

Tablas: Unidad básica de almacenamiento en una base de datos. Consiste en columnas que pueden ser de diferente tipo de dato y de diferentes tamaños y de filas o registros con la información que se desea almacenar [18].

Tipos de datos: Los tipos de datos determinan los valores y tipo de información que se desea almacenar en la columna indicada en la tabla. Pueden ser por ejemplo: INT (numero entero), Float (número real), String (campo alfanumérico), etc [19].

Llaves primarias: La llave primaria consiste en la columna o combinación de columnas que identifican cada registro de la tabla para que este registro pueda ser consultado o modificado fácilmente por separado o en conjunto con otros registros [20].

Llaves foráneas: Las llaves foráneas permiten relacionar las tablas de la base de datos entre sí. La llave foránea se define en la tabla “hija” y define las columnas que se relacionan con las columnas en la tabla “padre” [21].

6.3.3. Lenguaje SQL

Lenguaje de consultas estructurado o en inglés *Structured Query Language* (SQL). El SQL es utilizado para comunicarse con las bases de datos. El instituto nacional americano de estándares o el *American National Standards Institute* (ANSI) lo identifica como el estándar para los sistemas de gestión de bases de datos relacionales. Las instrucciones SQL se utilizan para realizar tareas como actualizar datos en una base de datos o recuperar datos de la misma. Algunos sistemas comunes de gestión de bases de datos relacionales que utilizan SQL son: Oracle, Sybase, Microsoft SQL, Access, Ingres, etc.

Aunque la mayoría de los sistemas de bases de datos usan SQL, la mayoría de ellos también tienen sus propias extensiones propietarias adicionales que generalmente solo se usan en su sistema. Sin embargo, los comandos SQL estándar como *Select*, *Insert*, *Update*, *Delete*, *Create* y *Drop* se pueden usar para lograr casi todo lo que uno necesita hacer con una base de datos [22].

6.3.4. Tipos de datos

Cuando se crea una base de datos es necesario definir los tipos de datos para cada atributo de cada tabla. Los distintos tipos de datos requieren diferente espacio de memoria para ser almacenados y cada tipo de dato permite distintas operaciones. Entre los tipos de datos más comunes se encuentran:

- Enteros
- Punto flotantes
- Caracteres
- Booleanos
- Cadenas de caracteres
- Fecha
- Fecha-hora

Cada motor de base de datos tiene su forma de definir el tipo de dato. En algunas es necesario indicar la longitud o precisión del tipo de dato y en otras no. Además existen variantes de los tipos de datos mencionados previamente. Antes de crear la tabla es necesario tener claro la información a guardar en cada columna para poder determinar que tipo de dato se va a utilizar [23].

6.3.5. Motores de base de datos

Las bases de datos son la piedra angular de cualquier aplicación de software. En general se necesitan una o más bases de datos para desarrollar casi todo tipo de aplicaciones de software. Existen distintos tipos de bases de datos, las relacionales, las no relacionales, las NewSQL y las cloud. En la actualidad hay alrededor de 343 bases de datos, dentro de las más comunes se encuentra Microsoft SQL, Sybase, SAP HANA, PostgreSQL, MySQL, Oracle, MongoDB, etc [24].

6.3.6. Normalización de base de datos

La normalización es el proceso de organizar los datos de una base de datos. Se incluye la creación de tablas y el establecimiento de relaciones entre ellas según reglas diseñadas tanto para proteger los datos como para hacer que la base de datos sea más flexible al eliminar la redundancia y las dependencias incoherentes [25].

Los datos redundantes desperdician el espacio de disco y crean problemas de mantenimiento. Si hay que cambiar datos que existen en más de un lugar, se deben cambiar de la misma forma exactamente en todas sus ubicaciones. Un cambio en la dirección de un cliente es mucho más fácil de implementar si los datos sólo se almacenan en la tabla Clientes y no en algún otro lugar de la base de datos [25].

6.4. Aprendizaje automático

El aprendizaje automático se utiliza ampliamente en las áreas de la salud y la biología. Investigadores y científicos lo utilizan en distintas áreas ya que permite el análisis de mucha información. Dependiendo del tipo de modelo utilizado y la aplicación es posible responder distintas dudas que puedan surgir. Un modelo de clasificación permite determinar en base a datos históricos, por ejemplo, si algo va a suceder o no. Un modelo de series de tiempo permite predecir valores de una variable que depende del tiempo tomando en cuenta la estacionalidad, tendencia, ciclos, etc. Un modelo de agrupación permite agrupar hechos, objetos, personas en base a sus características. Las aplicaciones son muy variadas así como los modelos disponibles [4].

6.4.1. Aplicación en la medicina y epilepsia

El aprendizaje automático se puede utilizar para la clasificación y detección de epilepsia. También se ha utilizado para análisis de señales EEG ya que de esta forma se puede descubrir información importante de la señal [1].

En el desarrollo de cualquier herramienta es fundamental entender el problema que se busca resolver así como también entender al futuro usuario y sus necesidades. Por esta razón fue necesario instalar la herramienta desarrollada en la fase anterior y tener un serie de reuniones con los futuros usuarios de la herramienta, en este caso los doctores de HUMANA.

7.1. Pasos iniciales

En primer lugar fue necesario reconstruir los *scripts* para la creación de la base de datos y sus tablas de la herramienta desarrollada en la fase I. Los *scripts* se reconstruyeron en base a lo que se podía apreciar de los diagramas presentes en la tesis y en Github. En la Figura 4 se muestra el diagrama de la base de datos creada en MySQL:

Luego de haber instalado y haber levantado el desarrollo de la fase I se tuvo la primer reunión con los doctores de HUMANA. En esta reunión, la idea principal era llegar a conocer sobre las herramientas que ellos utilizan, principalmente *software*.

En la reunión únicamente mencionaron dos programas:

- Cadwell
- Micromed

Para poder planificar con mayor detalle los pasos a seguir era necesario determinar si es posible extraer la información de las señales directamente de los programas utilizados en HUMANA. Por lo tanto fue necesario determinar si utilizaban una base de datos o no y cuál utilizan. En el Cuadro 1 se muestran los programas y que base de datos utilizan.

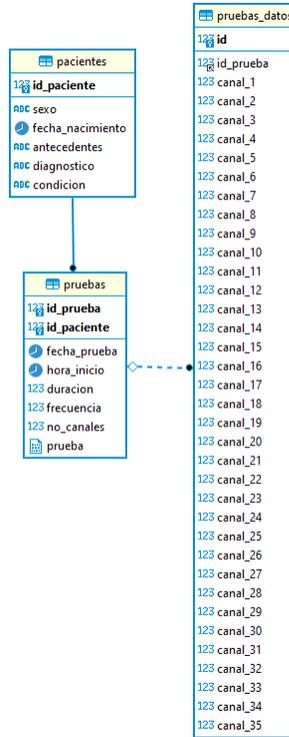


Figura 4: Diagrama BD en MySQL.

Programas	Bases de datos
Cadwell	
Micromed	SQL Server Enterprise

Cuadro 1: Programa EEG - Base de datos utilizada.

7.2. Primera propuesta

Con la información disponible en internet sobre los programas se definió una arquitectura preliminar. Se determinó que por lo menos con Micromed era posible automatizar los procesos tomando dos enfoques distintos: Utilizar la base de datos en un servidor en las oficinas de HUMANA o alquilar un servidor virtual en la nube. HUMANA tendría que haber seleccionado la opción que les pareciera más apropiada. En la Figura 5 se muestra el diagrama de la arquitectura propuesta.

Para el movimiento de la información entre las bases de datos se puede utilizar el servicio de integración de SQL server o, en el caso de implementar la alternativa en la nube, utilizar Azure de Microsoft. Para conectarse a las bases de datos se puede utilizar el conector ODBC *Open Database Connector*. Ambas base de datos (SQL Server y MySQL) que se utilizarían por el momento son compatibles con este conector.

La propuesta anterior no fue posible implementarla ya que en otra reunión con los doctores de HUMANA nos indicaron que en las computadores donde tiene instalados los pro-

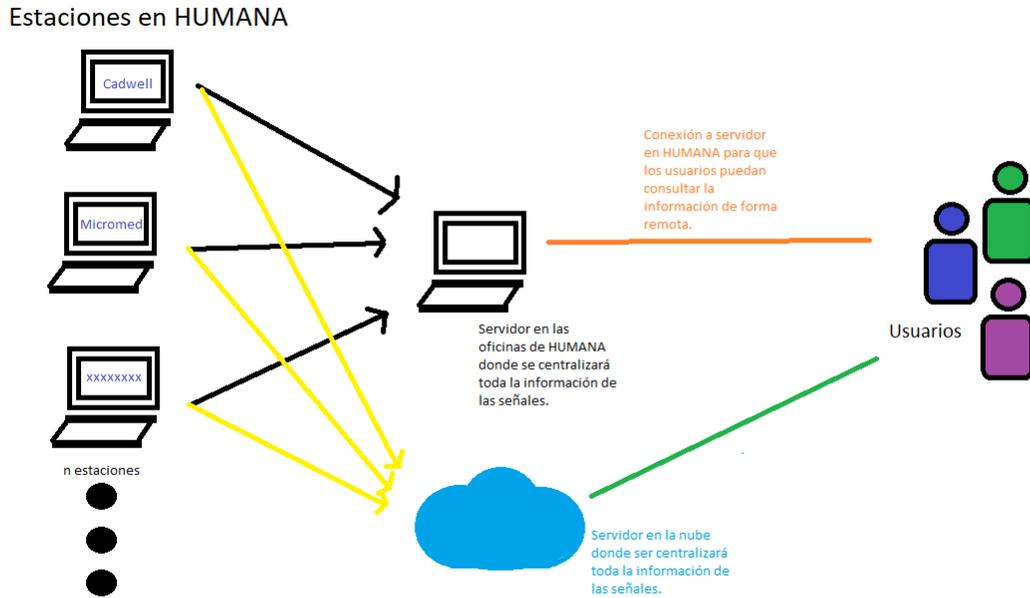


Figura 5: Arquitectura preliminar. Servidor local vs servidor en la nube.

gramas de captura de señales EEG no es posible instalar ningún programa y tampoco están conectadas a internet. Debido a esto se continuará importando las señales EEG a la aplicación de Matlab de forma manual utilizando los archivos .edf.

7.3. Propuesta final y prototipo

Habiendo descartado la primer propuesta se enfocó el esfuerzo en expandir el modelo relacional existente y en el diseño e implementación de un módulo de administración de usuarios. Se inició creando entidades nuevas en la base de datos para poder almacenar los resultados del entrenamiento de los modelos y para almacenar los resultados de las anotaciones de las señales. De igual forma se agregaron atributos a la tabla de pacientes para almacenar en la misma entidad los datos confidenciales de los pacientes. Las nuevas entidades y atributos se pueden ver en la Figura 6.

Para el primer prototipo, para el módulo de administración de usuarios, se definieron tres tipos de usuarios adicionales al super usuario (*root*) para el uso de la aplicación de Matlab. Los distintos tipos de usuarios y sus permisos se pueden observar en el Cuadro 2.

Ya que se busca implementar administración de usuarios que permita tener usuarios con distintos roles y permisos para la protección de información sensible, se procedió a crear el primer prototipo del módulo de administración de usuarios. Este primer prototipo es únicamente un conjunto de diseños de pantallas donde se puede repasar el flujo y los campos y botones que se necesitan tener. Este prototipo permite visualizar de una forma más sencilla el flujo a seguir y detectar posibles puntos de mejora para poder llegar a una aplicación más completa y útil. Por ejemplo en la Figura 7 se puede observar el prototipo

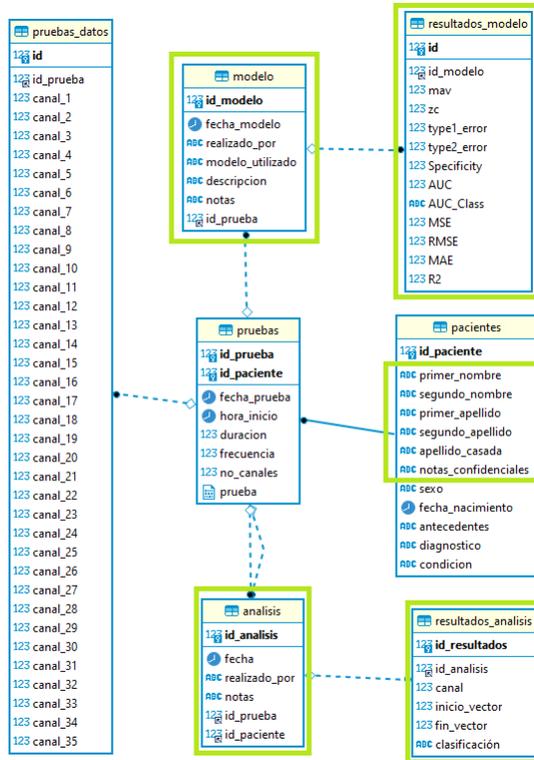


Figura 6: Entidades y atributos agregados al modelo existente.

de bajo nivel para la pantalla de creación de usuarios.

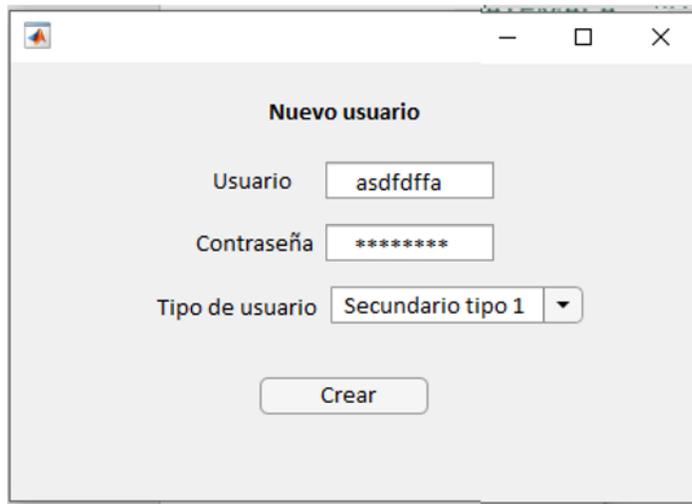


Figura 7: Primer prototipo - Pantalla para crear un nuevo usuario.

Luego de haber identificado puntos de mejora en el prototipo se procedió a programar los nuevos módulos en Matlab. Se incluyó una nueva pantalla para el inicio de sesión como se puede observar en la Figura 8. La aplicación original no considera el uso de varios usuarios y la forma de ingresar las credenciales era a través de un archivo .csv por lo que no era óptimo

Tipos de usuario	Permisos
Administrador	Tiene acceso a todas las entidades y todos sus atributos, incluyendo los atributos confidenciales. No puede crear nuevas entidades. Es el usuario responsable de crear nuevos usuarios.
Secundario1	Tiene acceso a todas la entidades, pero no a los atributos confidenciales. Puede insertar nuevos datos, actualizar y consultar pacientes y señales.
Secundario2	Únicamente tiene permiso para consultar información. No tiene acceso a los campos confidenciales.

Cuadro 2: Tipos de usuarios definidos y sus permisos en primer prototipo.

ni seguro.

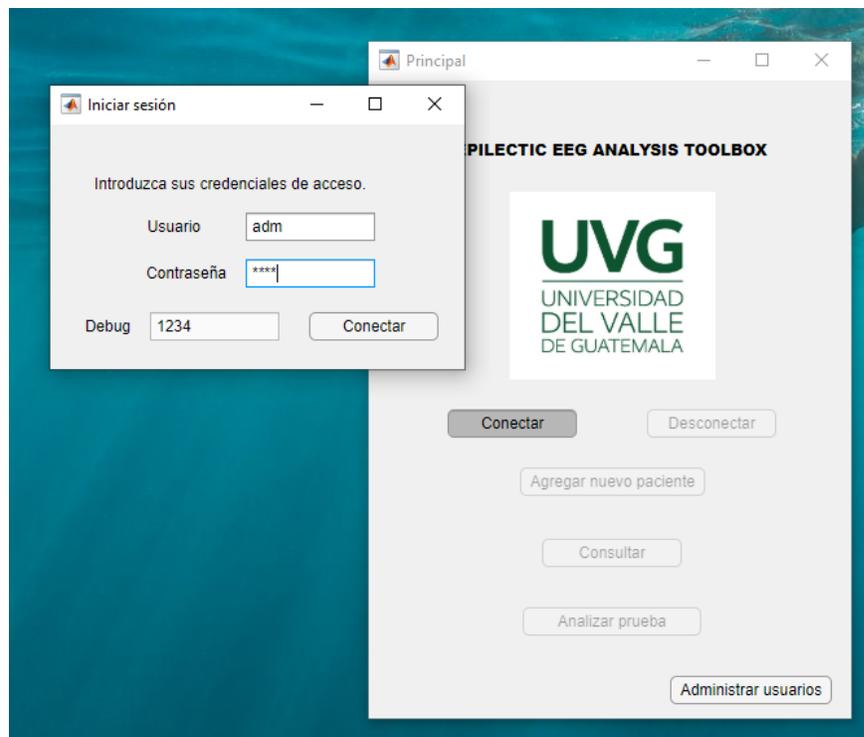


Figura 8: Nueva pantalla para el inicio de sesión.

En el primer prototipo fue posible visualizar la estructura y campos requeridos para algunas de las pantallas a programar, tres tipos de usuarios predefinidos y sus permisos. Con la información obtenida del primer prototipo es posible iniciar a programar. A medida que se vaya avanzando con la programación surgirán puntos de mejora y nuevas pantallas necesarias para la nueva funcionalidad.

8.1. Nuevas funcionalidades

8.1.1. Módulo de administración de usuarios

Teniendo el esquema de permisos definido se procedió a programar las pantallas. A la hora de evaluar lo que se iba a programar se notó que el módulo de administración de usuarios debería de incluir otras opciones. Como por ejemplo, opción para visualizar todos los usuarios creados, opción a eliminar, bloquear y desbloquear usuarios. Para esto se agregó una pantalla principal en el módulo de administración de usuarios. Esta pantalla se puede observar en la Figura 9.

En la pantalla principal de administración de usuarios se busca también agregar posteriormente una opción para modificar usuarios por si se desea agregar o quitar permisos o cambiar el rol del usuario. El rol en este prototipo se utiliza para darle un nombre descriptivo al usuario en relación a las tareas que este puede realizar.

8.1.2. Crear usuario

La pantalla para crear usuarios también sufrió cambios. Se agregaron campos y se agregó enmascaramiento al campo de la contraseña como se puede observar en la Figura 10.



Figura 9: Pantalla principal de administración de usuarios.

Cambios realizados a la pantalla de crear usuario:

- Se agregó campo de confirmar contraseña.
- Enmascaramiento en los campos de contraseña y confirmar contraseña.
- Se eliminó el campo “Tipo de usuario” y se sustituyó por “Rol”.
- Los permisos ya no están definidos por el tipo de usuario por lo que se muestran en la forma de un permiso por *checkbox*.

En otra reunión con los doctores de HUMANA les pareció mejor la posibilidad de definir usuarios con roles personalizables. En el caso del permiso “Consulta de información confidencial” es requerido tener el permiso de “Consulta de pacientes” en conjunto, por esta razón el permiso se muestra con una tabulación adicional. A nivel de programación también esta restringido este aspecto.

En la pantalla de creación de usuario existen validaciones que evitan creación errónea de usuarios. Existe validación para que todos los campos de texto tengan información. Se valida que las contraseñas coincidan. Y por último se valida que por lo menos un permiso haya sido seleccionado. Al momento de presionar el botón “Crear” se muestran los diálogos de error si es que existiera alguno. En el caso de no existir errores se muestra un dialogo indicando que el usuario fue creado correctamente y la pantalla de crear usuario se cierra.

The image shows a software window titled "Nuevo usuario" with a standard Windows-style title bar. The main content area is titled "Crear usuario nuevo". It contains a form with the following elements:

- Usuario:** A text input field containing the text "admin".
- Contraseña:** A password input field containing four asterisks "****".
- Confirmar contraseña:** A password input field containing four asterisks "****".
- Rol:** A dropdown menu with "Administrador" selected.
- Permisos:** A section with the heading "Permisos:" followed by five checkboxes:
 - Administración de usuarios
 - Analizar pruebas
 - Ingreso de pacientes
 - Consulta de pacientes
 - Consulta de información confidencial
- Buttons:** Two buttons at the bottom: "Crear" and "Cancelar".

Figura 10: Pantalla “Crear usuario” segundo prototipo.

8.1.3. Nueva entidad

Adicionalmente en este prototipo se agregó una entidad nueva al modelo relacional existente como se puede ver en la Figura 11. Esta nueva entidad llamada “usuarios” permite llevar el control de las actividades que el usuario puede realizar dentro de la aplicación. Vale la pena mencionar que el control de permisos del usuario está restringido a nivel de base de datos y a nivel de la aplicación. Los usuarios se crean a nivel de base de datos.

En conjunto con la nueva entidad “usuarios” y la entidad ya existente “mysql.user” se lleva control de las actividades permitidas por los usuarios dentro de la aplicación y en la base de datos. En la entidad “mysql.user” se almacenan las contraseñas encriptadas de los usuarios.

8.2. Puntos de mejora

En este prototipo se detectaron los siguientes puntos de mejora:

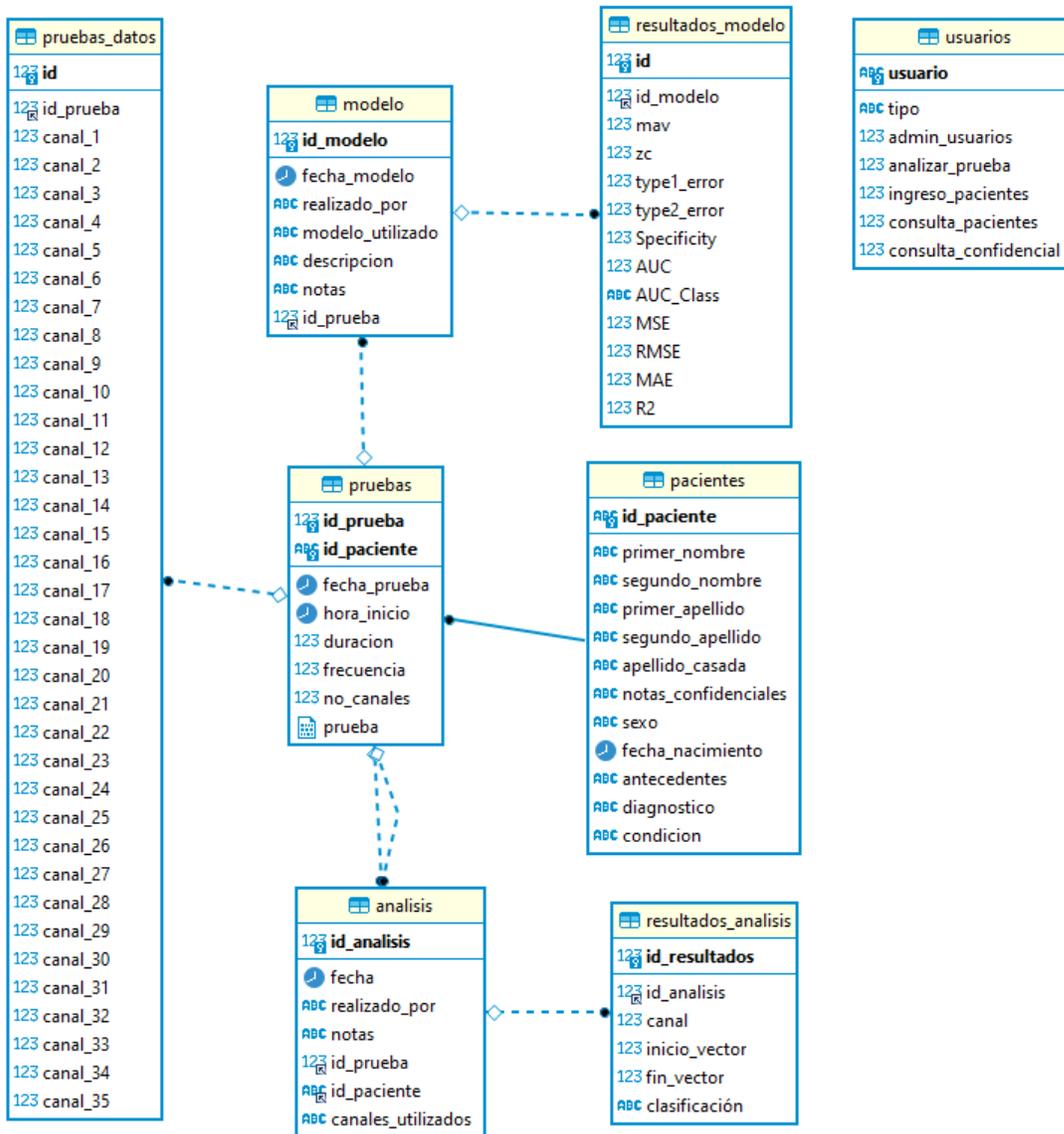


Figura 11: Diagrama entidad-relación incluyendo nueva entidad “usuarios”.

- Falta opción para modificación de permisos y rol de los usuario.
- Pantalla de cambio de contraseña para los usuarios.
- Pantalla para cambio de contraseña obligatorio en el primer inicio de sesión.
- Es necesario definir las acciones al cambiar de pantalla.

Para que los usuarios tengan sentido es fundamental que el único que conozca la contraseña sea el dueño del usuario. Actualmente ya que el administrador crea los usuarios él conoce y asigna la contraseña.

En este ultimo prototipo se abordaron distintos puntos de mejora así como también la integración de la tesis “Automatización del Proceso de Anotación de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia por Medio de Técnicas de Aprendizaje Automático”[7].

9.1. Recuperar contraseña

En primer lugar, para evitar sobrecargar de trabajo al administrador de la aplicación se decidió incluir la funcionalidad de “Recuperar contraseña” en la pantalla de inicio de sesión. “Recuperar contraseña” permite a cualquier usuario resetear su contraseña si en caso la olvida. El enlace en la pantalla de inicio de sesión envía un correo con una nueva contraseña al correo del usuario. El correo del usuario es definido a la hora de crear el usuario y puede ser modificado en cualquier momento por el usuario o el administrador de la aplicación.

Para almacenar el correo de los usuarios se agregó una nueva columna a la entidad “usuarios” en la base de datos. Para poder enviar el correo con la contraseña se definió un usuario a nivel de base de datos llamado “resetpass” que tiene permisos para consultar los correos de los usuarios y reiniciar contraseñas. La nueva contraseña es generada aleatoriamente y en este caso se definió que fuera un número de cuatro dígitos aunque el usuario no tiene esa restricción a la hora de cambiar su contraseña. En la Figura 12 se puede observar la pantalla de inicio de sesión con el enlace para recuperar contraseña.

Para poder enviar el correo es necesario contar con un correo configurado en la aplicación. Con el fin de realizar pruebas y mostrar la funcionalidad se creó y configuró un correo que luego puede ser cambiado por el de HUMANA.

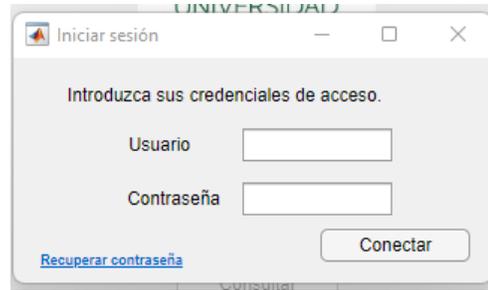


Figura 12: Pantalla de inicio de sesión con enlace de “Recuperar contraseña”.

9.2. Nueva entidad

Para almacenar la información de configuración para “Recuperar contraseña” se creó una nueva entidad en la base de datos llamada “config”. Esta entidad almacena las credenciales del correo, el asunto del correo, el cuerpo del correo y el servidor de correo utilizado. La configuración para “Recuperar contraseña” únicamente se puede modificar directamente en la base de datos, la aplicación no cuenta con interfaz gráfica para esto. La entidad config solo debe de contar con un registro. Si se desea cambiar la configuración por defecto se debe modificar el registro existente o limpiar la tabla e insertar un nuevo registro. Es importante resaltar que para que se pueda enviar un correo de esta forma, también es necesario configurar el correo del lado del servidor de correo (Gmail, Outlook, etc.).

9.3. Integración de tesis

Ya que uno de los puntos principales de este prototipo fue integrar la tesis trabajada por David Vela [7] a la aplicación fue necesario realizar modificaciones en varias pantallas. En primer lugar fue necesario incluir botones en la pantalla principal de la aplicación para poder acceder a ese módulo. Como se puede ver en la Figura 13 se agregó el botón “Herramienta de análisis” que al ser presionado permite visualizar otros dos botones “Clasificadores” y “Anotaciones automáticas”. A nivel de base de datos se agregaron columnas en la entidad “usuarios” que permiten definir si el usuario tiene acceso a las funcionalidades del módulo.

También se modificaron las pantallas de crear y editar usuarios. La nueva pantalla de para crear usuarios se puede ver en la Figura 14. En estas pantallas se agregaron los *checkboxes* de tal forma que representen el orden de acceso. Si se quiere tener acceso, ya sea a “Clasificadores” o a “Anotaciones automáticas” es necesario contar con acceso a “Herramientas de análisis” por tal razón esta opción se encuentra bloqueada y se selecciona únicamente si alguna de las otras dos opciones independientes se encuentran seleccionadas.

9.4. Cambio de contraseña

En el segundo prototipo se encontró la necesidad de contar con una pantalla para cambiar la contraseña. como se puede observar en la Figura 15 en este prototipo se creó la pantalla



Figura 13: Pantalla principal con accesos a módulo desarrollado por David Vela.

Figura 14: Pantalla de creación de usuarios.

y se incluyó al flujo de inicio de sesión de un usuario nuevo. En el primer inicio de sesión del usuario se le solicita cambiar su contraseña. Si el usuario decide saltarse el cambio de contraseña se le seguirá pidiendo el cambio hasta que lo realice. Para poder llevar este control se agregó una nueva columna a la entidad de “usuarios” en la base de datos.

Con esta nueva funcionalidad los usuarios pueden cambiar su contraseña en cualquier momento en la pantalla de configuración. Para acceder a ella basta con presionar el botón del engranaje en la esquina inferior izquierda en la pantalla principal. En esta nueva pantalla los usuarios también pueden cambiar su correo electrónico en cualquier momento. Este correo

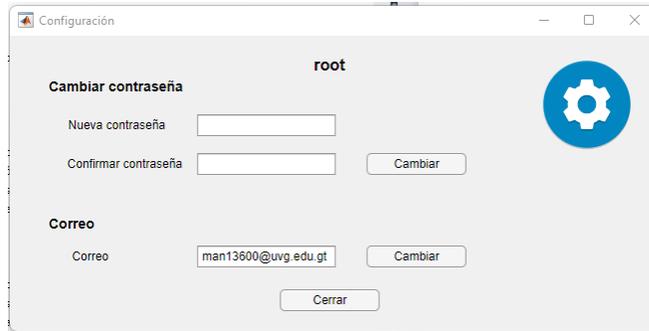


Figura 15: Pantalla de configuración.

es el utilizado para recuperar contraseña.

9.5. Roles

En este prototipo la forma de definir los roles también sufrió cambios. Se agregaron dos roles predeterminados (Super User y Analista) y la opción de crear usuarios con roles personalizados. En este caso solo cambió la pantalla de creación de usuarios. Se agregó un *dropdown menu* con las opciones de: Super User, Analista y Personalizado. Al seleccionar un rol predeterminado se seleccionan los accesos correspondientes automáticamente y se bloquean. En el caso de seleccionar Personalizado se habilita una entrada para poder asignarle un nombre al rol y todas la opciones de los accesos se muestra habilitados para que el administrador asigne permisos a conveniencia. La pantalla final de creación de usuarios se puede ver en la Figura 16.

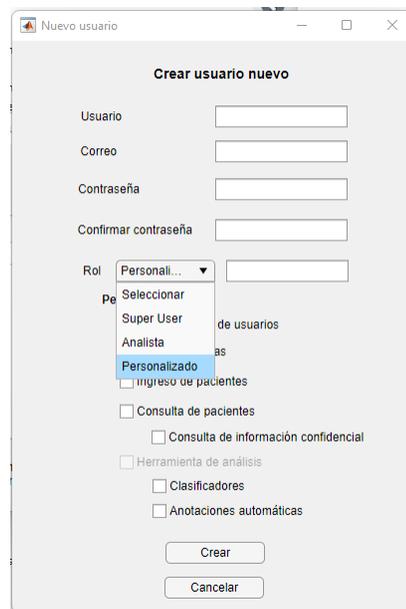
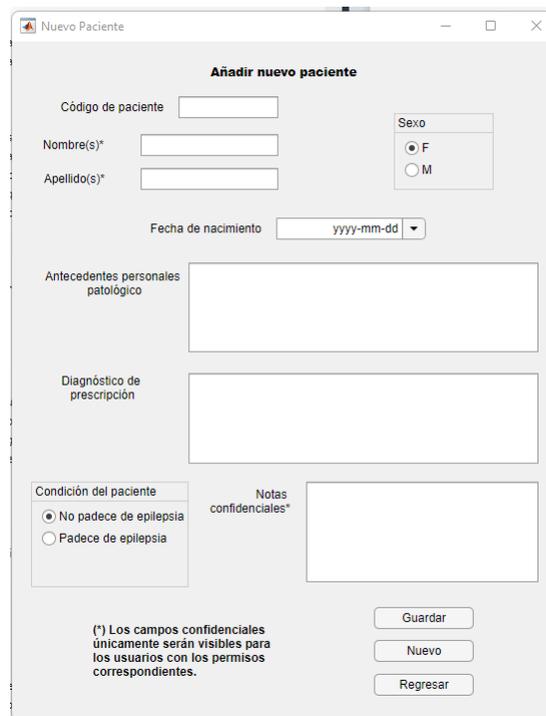


Figura 16: Creación de usuarios con roles predefinidos o personalizados.

9.6. Modificaciones a pantallas existentes

Ya que se agregó la posibilidad de guardar información confidencial de los pacientes fue necesario modificar las pantallas de agregar paciente y la de consulta. En la pantalla de agregar paciente se agregaron los campos de nombre, apellido y notas confidenciales. En la pantalla de consultas se agregaron los mismos campos y un botón de estado que permite mostrar u ocultar esa información si el usuario cuenta con los permisos correspondientes. La pantalla final para agregar paciente se puede ver en la Figura 17 y la de consultas en la Figura 18.



The screenshot shows a web form titled "Nuevo Paciente" with the subtitle "Añadir nuevo paciente". The form contains the following fields and controls:

- Código de paciente:** A text input field.
- Nombre(s)*:** A text input field.
- Apellido(s)*:** A text input field.
- Sexo:** A radio button group with options "F" (selected) and "M".
- Fecha de nacimiento:** A date picker showing "yyyy-mm-dd".
- Antecedentes personales patológico:** A large text area.
- Diagnóstico de prescripción:** A large text area.
- Condición del paciente:** A radio button group with options "No padece de epilepsia" (selected) and "Padece de epilepsia".
- Notas confidenciales*:** A large text area.

At the bottom of the form, there is a note: "(*) Los campos confidenciales únicamente serán visibles para los usuarios con los permisos correspondientes." and three buttons: "Guardar", "Nuevo", and "Regresar".

Figura 17: Pantalla modificada de agregar pacientes.

9.7. Editar usuarios

En el segundo prototipo no era posible editar los usuarios. El o los usuarios administradores no podían cambiar la contraseña de un usuario, ni cambiar su correo, ni su rol, ni sus permisos. Esto presentaba un gran inconveniente ya que si en dado caso se le quería quitar accesos o dar accesos a un usuario habría que eliminar el usuario y crear otro, algo muy ineficiente. Por tal razón en este tercer prototipo se agregó la opción de editar usuarios. Para editar un usuario basta con entrar al módulo de administración de usuarios, presionar sobre cualquier campo del usuario en la tabla y se abrirá la ventana para editarlo. Esta nueva pantalla permite editar los campos del usuario independientemente. La nueva pantalla para editar usuarios se puede ver en la Figura 19.

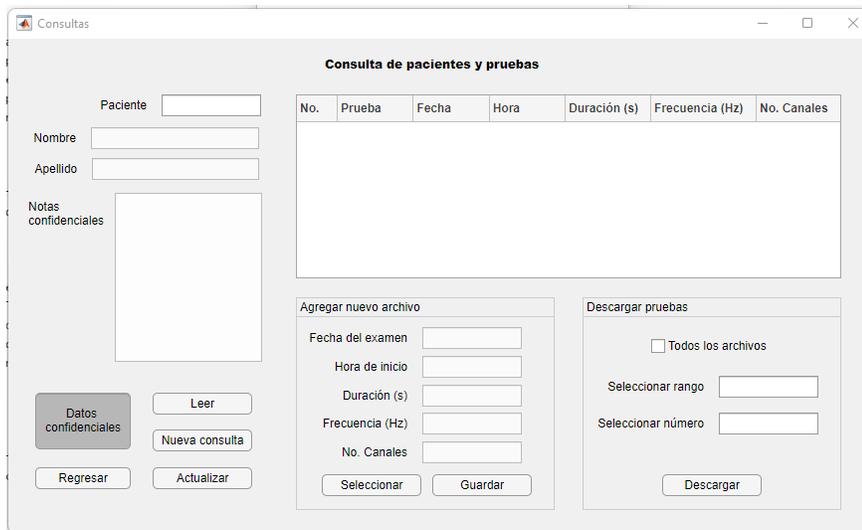


Figura 18: Pantalla modificada de consultas.

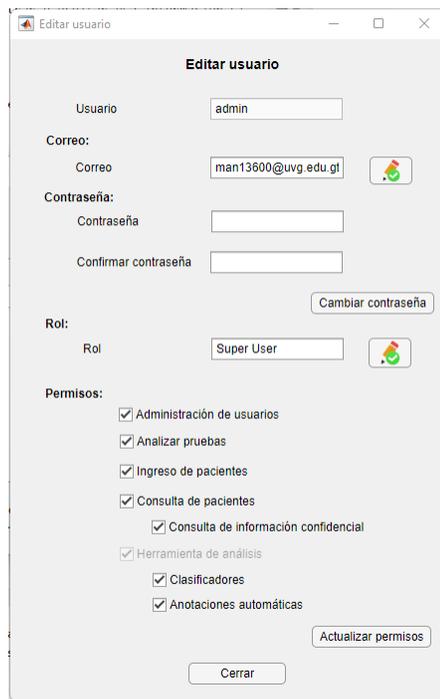


Figura 19: Nueva pantalla para editar usuarios.

9.8. Modelo relacional final y otras mejoras

En el segundo prototipo era posible abrir la misma pantalla muchas veces, esto podía crear confusión y desorganización. En este prototipo se eliminó esa posibilidad no dejando que se abra la misma pantalla más de una vez. El diagrama Entidad-Relación final en este prototipo se muestra en la Figura 20.

Con el fin de simplificar la configuración del servicio de “Recuperar contraseña” se pro-

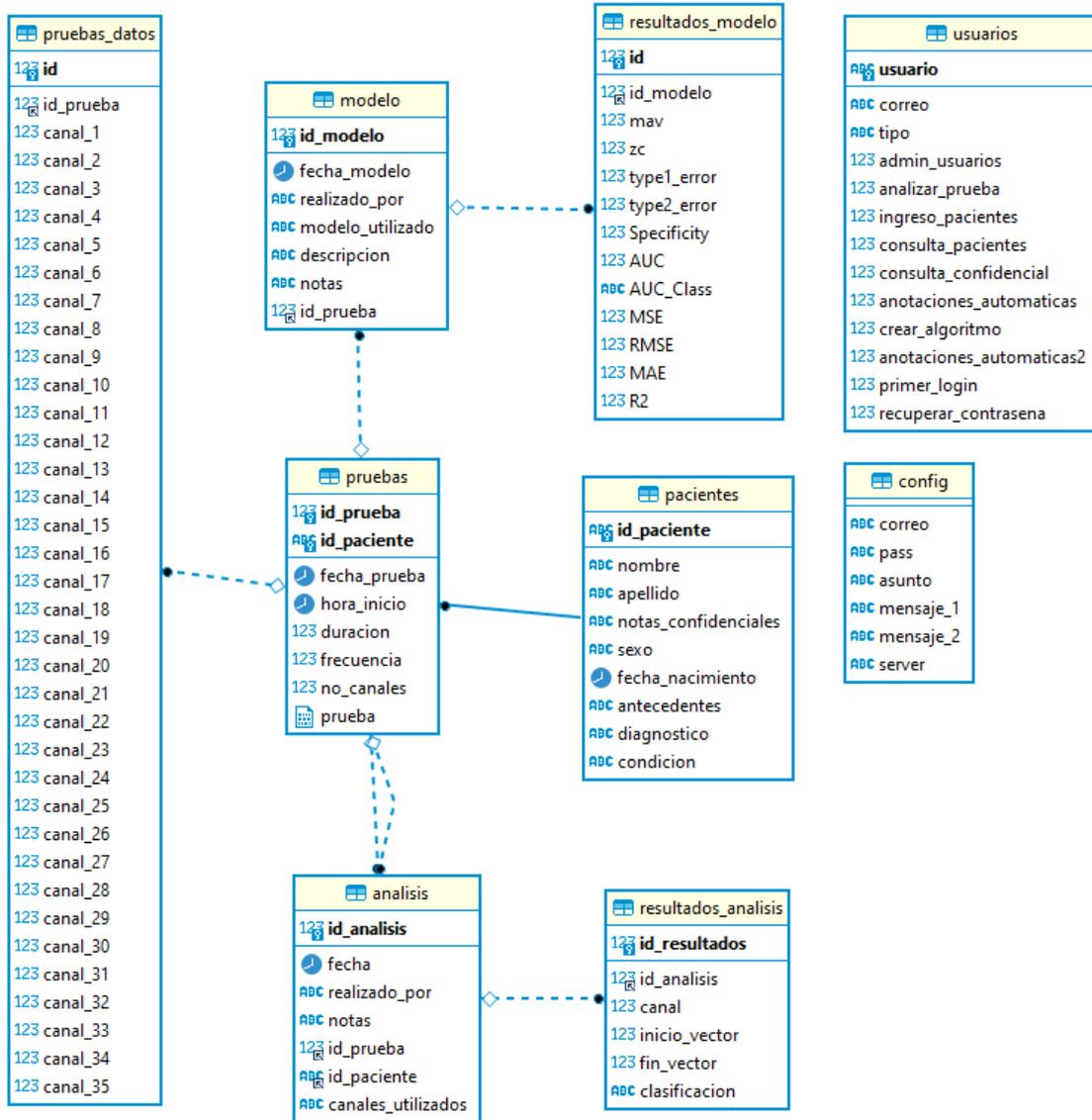


Figura 20: Modelo relacional tercer prototipo.

gramó una nueva pantalla que permite realizar esta tarea de forma muy simple para que cualquier persona pueda realizarlo sin tener que escribir una consulta SQL. Para acceder a esta opción basta con presionar el botón con el ícono de un candado negro en la esquina superior derecha de la pantalla principal como se puede observar en la Figura 21.

En la pantalla de configuración del servicio de recuperar contraseña se colocaron validaciones que no permiten dejar campos vacíos. Ya que esta es una configuración que se realiza rara vez, únicamente el usuario admin y root poseen acceso a la pantalla y no es posible darle acceso a ningún otro usuario desde la aplicación. La nueva pantalla se puede ver en la Figura 22.

Como parte de los pasos finales se procedió a colocar ícono a todas la ventanas de la aplicación (el ícono de la esquina superior izquierda de la ventana con el nombre de la uni-



Figura 21: Acceso a pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.

versidad), restringir para que cada ventana solo se pueda abrir una vez (para evitar tener la misma pantalla abierta mas de una vez), configurar que todas la ventanas se muestren centradas en la pantalla a la hora de abrirlas y reemplazar la consulta “SELECT * FROM humana.pruebas” por “SELECT id_prueba, id_paciente, fecha_prueba, duración, frecuencia, no_canales FROM humana.pruebas” en varias pantallas ya que al consultar todas las columnas de la tabla, especialmente la columna “prueba”, el flujo se volvía demasiado lento ya que en esta columna se almacenan los archivos edf y estos archivos pueden llegar fácilmente a tener un tamaño mayor a 300 MB cada uno.

También se creó un manual de usuario de la aplicación. En este manual se detallan los distintos flujos a seguir con el apoyo de imágenes y se menciona nuevamente las restricciones que existen y las validaciones que se realizan en cada pantalla. El manual está disponible en el Github del proyecto.

Por último se exportó la aplicación utilizando Matlab Compiler. Esto permite ejecutar la aplicación en cualquier computadora sin la necesidad de instalar Matlab y tener una licencia. Al exportar la aplicación on Matlab Compiler se genera un instalador el cual descarga e instala Matlab Runtime, el cual es un conjunto de librerías necesarias para ejecutar el .exe de la aplicación, e instala la aplicación y tambien permite seleccionar si se desea crear un acceso directo en el escritorio. El instalador generado por Matlab Compiler está disponible en el Github del proyecto.



Figura 22: Pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.

Ya que para que funcione la aplicación es necesario instalar la base de datos MySQL, el conector ODBC y configurar se creó un manual de instalación, también disponible en el Github en el Readme del proyecto. Este manual de instalación es muy detallado, se describe los pasos a seguir y se colocaron como apoyo imágenes de cada paso.

Modos de implementación

Debido a las recientes circunstancias globales, principalmente en relación a la pandemia, se ha convertido obligatorio ofrecer formas de trabajar desde casa para mantener las medidas sanitarias y combatir el virus. A continuación se proponen algunas formas en las que se puede implementar la herramienta para que se pueda utilizar de forma remota. Es importante mencionar que las opciones listadas a continuación no son las únicas.

1. Instalación de la base de datos y la aplicación en la misma computadora: En este caso sería necesario utilizar un programa de escritorio remoto para utilizar la herramienta si en dado caso se instalara el programa en una computadora de escritorio en las oficinas de HUMANA. Se puede configurar el escritorio remoto de Windows o utilizar TeamViewer o Anydesk.

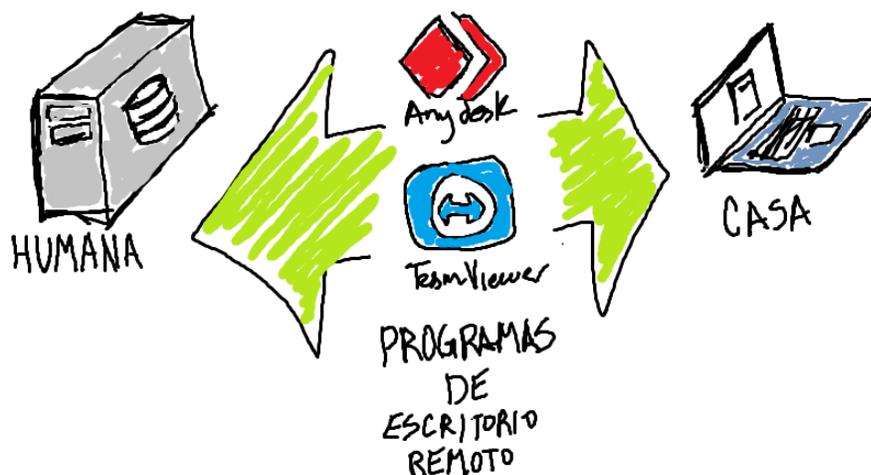


Figura 23: Diagrama de modo de implementación 1.

2. Instalación de la base de datos en una computadora y la aplicación en las computadoras personales: En este caso sería necesario utilizar una *Virtual Private Network* (VPN) para conectar las computadoras con la herramienta a la computadora con la base de datos.

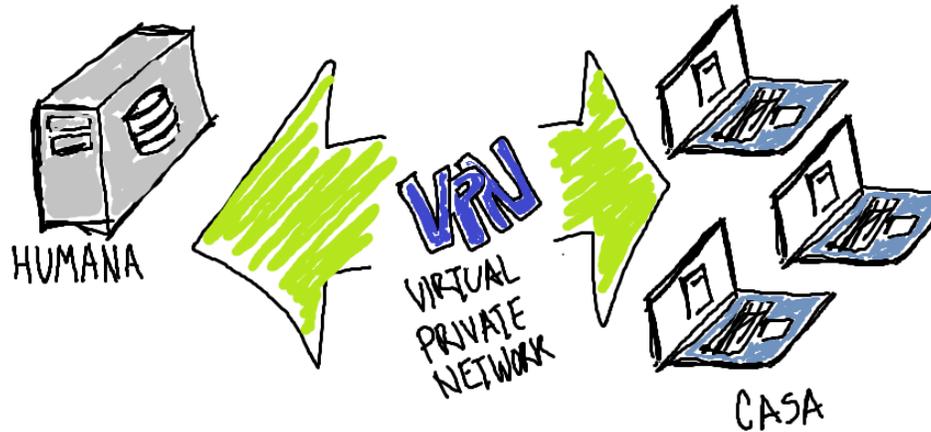


Figura 24: Diagrama de modo de implementación 2.

3. Crear la base de datos en la nube e instalar la herramienta en las computadoras personales: Se puede crear la base de datos con algún proveedor en la nube como Azure, Google, AWS o Huawei e instalar un *gateway* junto con la herramienta en las máquinas personales de los usuarios.

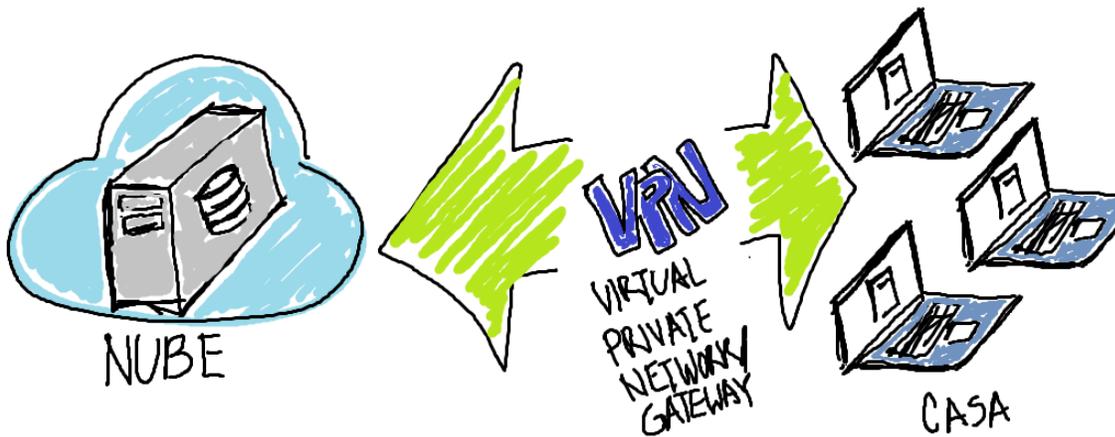


Figura 25: Diagrama de modo de implementación 3.

Se recomiendan las opciones 2 y 3 ya que permiten que varias personas utilicen la herramienta simultáneamente.

- Se expandió el modelo relacional existente de la fase I para poder almacenar características, clasificadores, anotaciones de las señales EEG, datos confidenciales, configuración para funcionalidad “Recuperar contraseña” y accesos de los usuarios.
- Se implementó un inicio de sesión gráfico el cual permite ingresar a la aplicación con distintos usuarios.
- Se implementó un módulo de administración de usuarios el cual permite crear, editar, eliminar, bloquear y desbloquear usuarios.
- Se definió una lista de permisos esenciales que permite al administrador de usuarios definir usuarios personalizados e identificarlos de forma personalizada.
- Se eliminó la necesidad de ingresar credenciales de la base de datos en un archivo .csv para el inicio de sesión por motivos prácticos y de seguridad.
- Se crearon *scripts* que permiten fácilmente la creación de la base de datos, el modelo relacional y los usuarios esenciales.
- Se agregaron validaciones y programación defensiva para evitar errores en caso de ingresar datos no válidos o por falta de ingreso de datos obligatorios en el módulo de administración de usuarios.
- Se optimizaron consultas que causaban lentitud a la hora de navegar entre pantalla en la aplicación.
- Se generó un instalador de la aplicación para Windows que permite ejecutar la aplicación sin tener Matlab instalado ni una licencia.
- Se propusieron distintas opciones para el uso de la aplicación de forma remota.

- Eliminar el guardado del archivo edf en la base de datos en la tabla humana.pruebas ya que esto toma mucho tiempo y esta limitado por el tamaño del archivo edf ya que MySQL únicamente permite almacenar archivos de hasta 1 Gb de tamaño por packet. Además en la aplicación hay varios lugares donde se lee esa tabla por lo que causa que el flujo de navegación en la aplicación sea lento.
- El guardado de las señales EEG en la tabla humana.pruebas_datos toma mucho tiempo por lo que es necesario buscar formas de optimizar el proceso. Por ejemplo para almacenar una señal de 3 horas, 33 canales a 200Hz y 2,183,200 registros la aplicación se tarda aproximadamente 5 horas y media.
- Evaluar si puede llegar a ser útil definir tiempo de caducidad para las contraseñas de los usuarios y forzar a que se actualice. Esto involucraría la creación de un flujo nuevo en la aplicación para forzar el cambio de contraseña.
- Crear un instalador automatizado que permita instalar la herramienta fácilmente (Instalación de la base de datos, creación del modelo en la base de datos, instalación del driver ODBC de mysql y configuración de la conexión a la base de datos en Windows). Actualmente el instalador generado utilizando Matlab Compiler únicamente instala la aplicación y el Matlab Runtime. Seria ideal crear un instalador que instale y configure la base de datos y el conector ODBC, cree el moelo en la base de datos, haga las configuraciones correspondiente e instale la aplicación y el Matlab Runtime.
- Utilizar una base de datos en la nube para evitar que la información se pierda por alguna falla en las computadoras de HUMANA. Esto también permitiría tener la aplicación instalada en varias computadoras y que todas tengan y compartan la misma información.

-
- [1] M. Pineda, “*Diseño e Implementación de una Base de Datos de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia*,” Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala, 2021.
- [2] C. E. Stafstrom, “*Seizures and epilepsy: an overview for neuroscientists*,” *PubMed*, vol. 5, n.º 6, a022426, 2015.
- [3] Oracle, “*What is a relational database?*,” 2020, Consultado el: 13/05/2021. dirección: <https://www.oracle.com/database/what-is-a-relational-database/>.
- [4] M. K. Siddiqui, “*A review of epileptic seizure detection using machine learning classifiers*,” *PubMed*, vol. 7, n.º 1, pág. 5, 2020.
- [5] HUMANA, “*Especialistas en enfermedades neurológicas de difícil control*,” *humanagt.org*, 2021.
- [6] M. Angulo, “*Análisis y Reconocimiento de Patrones de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia*,” Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala, 2020.
- [7] D. Vela, “*Automatización del Proceso de Anotación de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia por Medio de Técnicas de Aprendizaje Automático*,” Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala, 2021.
- [8] Mayo-Clinic, “*Epilepsia*,” *mayoclinic.org*, 2018.
- [9] NHS, “*Treatment, Epilepsy*,” *nhs.uk*, 2020.
- [10] ———, “*Electroencephalogram (EEG)*,” *nhs.uk*, 2018.
- [11] Harvard, “*Electroencephalogram (EEG)*,” 2019, Consultado el: 28/06/2021. dirección: www.health.harvard.edu/diseases-and-conditions/electroencephalogram-eeg.
- [12] T. T. Garcia, “*Manual básico para enfermos en electroencefalografía*,” 2011, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <http://www.sspa.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/huvvsites/default/files/revistas/ED-094-07.pdf>.
- [13] NHS, “*Electroencephalogram (EEG)*,” 2022, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://www.nhs.uk/conditions/electroencephalogram/>.

- [14] Mayo-Clinic, “*Epilepsia*,” 2022, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/epilepsy/diagnosis-treatment/drc-20350098#>.
- [15] Wiederhold, “*Databases*,” *Computer*, vol. 17, n.º 10, págs. 211-223, 1984. DOI: 10.1109/MC.1984.1658971.
- [16] B. R. Sinha, P. P. Dey, M. N. Amin y G. W. Romney, “*Database modeling with Object Relationship Schema*,” en *2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 2013, págs. 1-7. DOI: 10.1109/ITHET.2013.6671029.
- [17] Oracle, “*Introduction to Schema Objects*,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14220/schema.htm.
- [18] —, “*Managing Tables*,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14231/tables.htm.
- [19] —, “*Selecting a Datatype*,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/A58617_01/server.804/a58241/ch5.htm.
- [20] —, “*Primary Keys*,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: <https://docs.oracle.com/en/database/other-databases/nosql-database/12.2.4.5/java-driver-table/primary-keys.html#GUID-6A063474-4A3A-4981-B1D8-71D0D95BE8DF>.
- [21] —, “*FOREIGN KEY Constraints*,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/E17952_01/mysql-5.6-en/create-table-foreign-keys.html.
- [22] SQLcourse, “*What is SQL?*,” 2022, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://www.sqlcourse.com/beginner-course/what-is-sql/>.
- [23] BBC, “*Introducing databases*,” 2022, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zfd2fg8/revision/6>.
- [24] Kamaruzzaman, “*Top 10 Databases to Use in 2021*,” 2021, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://towardsdatascience.com/top-10-databases-to-use-in-2021-d7e6a85402ba>.
- [25] M. Qiu, “*Fundamentos de la normalización de bases de datos*,” 2022, Consultado el: 03/04/2022. dirección: <https://docs.microsoft.com/es-es/office/troubleshoot/access/database-normalization-description>.

14.1. Manual de usuario

El toolbox Epileptic EEG Analysis es una herramienta diseñada para facilitar el análisis e implementación de algoritmos de aprendizaje automático en señales EEG con el fin de caracterizar las señales EEG de pacientes con epilepsia y detectar la presencia de crisis en las mismas.

Epileptic EEG Analysis Toolbox esta dirigido a estudiantes que buscan validar sistemas de detección automática de crisis epilépticas. Busca optimizar y facilitar el proceso de diagnóstico del personal médico, mediante una interfaz gráfica que permita estudiar detalladamente las señales EEG y generar resultados. Puede descargarse de forma gratuita en el siguiente enlace, <https://github.com/larivera-UVG/Datos-Epilepsia-2021/Jorge-Diego-Manrique/AppDesigner>. Para su uso, es necesaria la instalación del Runtime de Matlab si se desea utilizar el ejecutable de Windows o Matlab si se desea correr directamente desde el App Designer además es necesario tener instalado y configurado MySQL como sistema gestor de base de datos.

NOTA: Este Manual de usuario se puede encontrar también en https://github.com/larivera-UVG/Datos-Epilepsia-2021/blob/main/Jorge-Diego-Manrique/Documentos/Manual_de_usuario__Herramienta_de_Software_con_una_Base_de_Datos_Integrada_para_el_Estudio_de_la_Epilepsia___Fase_II___Jorge_Diego_Manrique_13600.pdf. Este manual es complementario a los manuales de usuario elaborados por Fernanda Pineda y Maria Angulo en 2020 https://github.com/larivera-UVG/Datos-Epilepsia/blob/master/Base%20de%20Datos/Epileptic%20EEG%20Analysis%20Toolbox/Manual_de_Usuario.pdf y David Vela en 2021 https://github.com/larivera-UVG/Datos-Epilepsia-2021/blob/main/David%20Vela/Documentos/Manual_de_Usuario___Epileptic_EEG_Analysis_Toolbox_Ver2_Anot.pdf.

14.1.1. Modificaciones a pantallas preexistentes

Pantalla principal

Ahora en la pantalla principal se muestran nuevas opciones: “Herramienta de análisis”, “Administrar usuarios” y “Configuración”. Para poder acceder a las opciones es necesario contar con los permisos de acceso correspondientes.



Figura 1. Nueva pantalla principal (Usuario con todos los permisos de acceso existentes).

Agregar nuevo paciente

En agregar nuevo paciente ahora es posible guardar datos personales del paciente. Los nombres, apellidos y notas confidenciales. Estos datos únicamente serán visibles por usuarios con los permisos de accesos correspondientes.

Figura 2. Nueva pantalla Agregar nuevo paciente.

Consulta de pacientes

En la pantalla de Consulta se reestructuraron algunos botones con el fin de ubicar nuevos campos para mostrar la información confidencial. Al presionar el botón “Datos confidenciales” se muestran los datos confidenciales del paciente. Este botón se muestra habilitado únicamente para los usuarios que cuentan con los permisos de accesos correspondientes.

The screenshot shows a web application window titled 'Consultas'. The main heading is 'Consulta de pacientes y pruebas'. On the left, there is a form for patient information with fields for 'Paciente', 'Sexo', 'Fecha de Nacimiento', 'Antecedentes personales patológicos', 'Diagnóstico de prescripción', and 'Condición'. Below these fields are buttons for 'Datos confidenciales', 'Leer', 'Nueva consulta', 'Regresar', and 'Actualizar'. In the center, there is a table with columns: 'No.', 'Prueba', 'Fecha', 'Hora', 'Duración (s)', 'Frecuencia (Hz)', and 'No. Canales'. To the right of the table, there are two panels: 'Agregar nuevo archivo' with fields for 'Fecha del examen', 'Hora de inicio', 'Duración (s)', 'Frecuencia (Hz)', and 'No. Canales', and 'Descargar pruebas' with options for 'Todos los archivos', 'Seleccionar rango' (1-2), and 'Seleccionar número' (1). Buttons for 'Seleccionar', 'Guardar', and 'Descargar' are also present.

Figura 3. Pantalla de consulta modificada.

This screenshot is similar to Figure 3 but shows the 'Datos confidenciales' button highlighted in grey. The form on the left now includes fields for 'Nombre' and 'Apellido' instead of 'Paciente'. The 'Antecedentes personales patológicos' field is replaced by a larger 'Notas confidenciales' text area. The rest of the interface, including the table and the 'Agregar nuevo archivo' and 'Descargar pruebas' panels, remains the same as in Figure 3.

Figura 4. Pantalla de consulta modificada mostrando datos confidenciales.

14.1.2. Usuarios predefinidos

Al momento de crear el modelo relacional en MySQL se crean dos usuarios automáticamente: admin y resetpass. De estos dos usuarios, únicamente admin se puede utilizar

para iniciar sesión en la App. El usuario resetpass es utilizado por la aplicación para enviar el correo de “Recuperar contraseña” y no posee permisos de acceso a ninguna pantalla de la aplicación. El usuario admin originalmente se crea con 1234 como contraseña y resetpass con la contraseña 2022. El usuario admin es el usuario que se deberá utilizar para crear nuevos usuarios. Existe también el usuario root que al igual que el admin posee todos los accesos, este usuario posee como contraseña la definida en la instalación de MySQL y será el utilizado para realizar la configuración del servicio de recuperar contraseña.

14.1.3. Primer inicio de sesión

El primer inicio de sesión se puede realizar de dos formas. Ya que el administrador define una contraseña al momento de crear el usuario se le puede solicitar esta contraseña. Como alternativa se puede utilizar la opción de “Recuperar contraseña”. Este servicio generará una nueva contraseña que el administrador desconocerá y será enviada al correo registrado del nuevo usuario.

En el primer inicio de sesión de cualquier usuario creado por el administrador, la aplicación solicitará cambio de contraseña. Se recomienda realizar el cambio de contraseña en el primer inicio de sesión para que únicamente el usuario conozca su contraseña ya que el administrador asigna una contraseña al usuario al momento de crearlo. Si no se cambia la contraseña en el primer inicio de sesión la aplicación seguirá solicitando el cambio hasta que se realice.

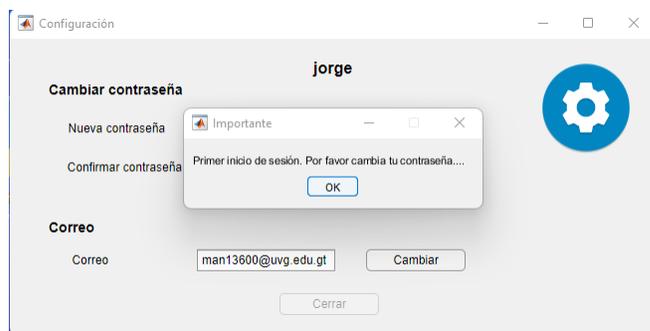


Figura 5. Solicitud de cambio de contraseña en el primer inicio de sesión.

14.1.4. Crear usuario

Para crear un usuario nuevo es necesario contar con permisos para acceder a la pantalla de “Administrar usuarios”. Originalmente únicamente el usuario root y el admin pueden crear usuarios. Para crear usuarios es necesario entrar a “Administrar usuarios” > “Nuevo”. Es necesario indicar el nombre de usuario, correo (será utilizado por el servicio de “Recuperar contraseña”), una contraseña y seleccionar por lo menos un permiso. La asignación de permisos permite seleccionar entre dos roles predeterminados o personalizar el rol. En esta última opción es posible ingresar cualquier cosa como nombre del rol y seleccionar accesos a conveniencia.

Nuevo usuario

Crear usuario nuevo

Usuario

Correo

Contraseña

Confirmar contraseña

Rol

Permisos:

- Administración de usuarios
- Analizar pruebas
- Ingreso de pacientes
- Consulta de pacientes
 - Consulta de información confidencial
- Herramienta de análisis
 - Clasificadores
 - Anotaciones automáticas

Figura 6. Nuevo usuario.

14.1.5. Modificar usuario

Para poder modificar un usuario es necesario contar con los permisos de acceso al módulo de “Administrar usuarios”. Para modificar un usuario es necesario ingresar a la pantalla de “Administrar usuario” y dar clic sobre cualquier campo del usuario que se desea modificar. Se puede modificar cualquier campo de forma independiente. Nota: Un usuario no puede modificarse a si mismo en esta pantalla y los usuarios root y resetpass no pueden ser modificados por nadie.

The screenshot shows a web form titled "Editar usuario". It has several sections:

- Usuario:** A text input field containing "recep1".
- Correo:** A text input field containing "recep@humana.com.gt" with a small icon to its right.
- Contraseña:** Two text input fields, "Contraseña" and "Confirmar contraseña", both currently empty.
- Botón:** A button labeled "Cambiar contraseña" is positioned below the password fields.
- Rol:** A text input field containing "Recepcion" with a small icon to its right.
- Permisos:** A list of checkboxes:
 - Administración de usuarios
 - Analizar pruebas
 - Ingreso de pacientes
 - Consulta de pacientes
 - Consulta de información confidencial
 - Herramienta de análisis
 - Clasificadores
 - Anotaciones automáticas
- Botones:** "Actualizar permisos" and "Cerrar" are located at the bottom of the form.

Figura 7. Modificar usuario.

14.1.6. Bloquear/Desbloquear usuario

Para bloquear/desbloquear usuarios es necesario contar con los permisos de acceso al módulo de “Administrar usuarios”. Para bloquear/desbloquear usuarios es necesario ingresar a la pantalla de “Administrar usuario”, seleccionar los checkbox de los usuarios que se desean bloquear/desbloquear y presionar el botón de bloquear/desbloquear. En la columna “Activo” se mostrará “S” si el usuario está desbloqueado y “N” si el usuario está bloqueado. Se pueden bloquear/desbloquear varios usuarios al mismo tiempo. Al bloquear un usuario este ya no

podrá iniciar sesión pero su configuración permanecerá almacenada por si en el futuro se necesitara utilizar de nuevo.



Figura 8. Bloquear/desbloquear usuarios.

14.1.7. Eliminar usuarios

Para eliminar usuarios es necesario contar con los permisos de acceso al módulo de “Administrar usuarios”. Para eliminar usuarios es necesario ingresar a la pantalla de “Administrar usuario”, seleccionar los checkbox de los usuarios que se desean eliminar y presionar el botón de Eliminar. Después de presionar Eliminar se mostrará una ventana para confirmar la eliminación. Después de haber eliminado un usuario no es posible recuperarlo. Se pueden eliminar varios usuarios al mismo tiempo y un usuario no puede eliminarse a si mismo. Los usuarios root y resetpass no pueden ser eliminados.

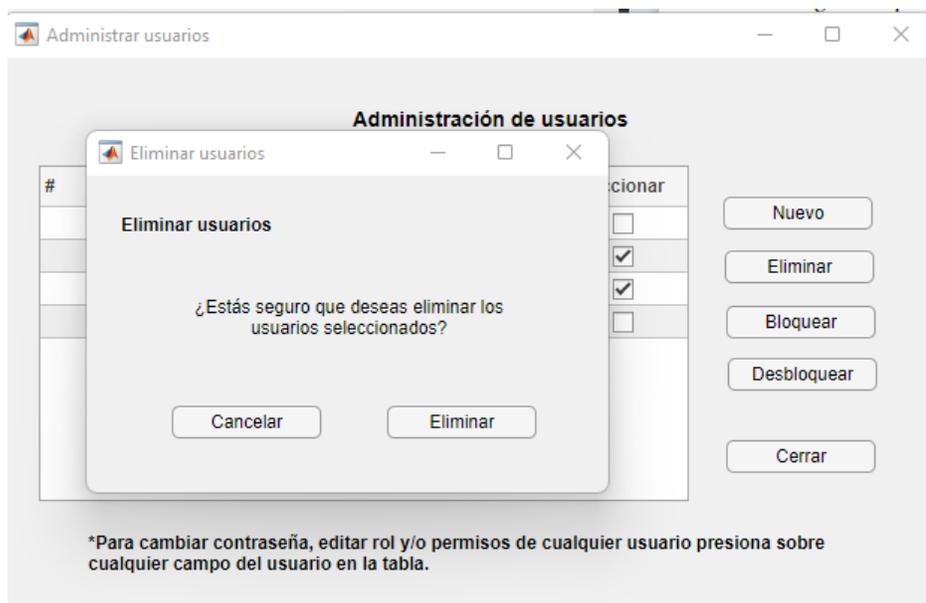


Figura 9. Confirmar eliminar usuarios.

14.1.8. Modificar configuración de mi usuario

Todos los usuarios tienen acceso a la pantalla de configuración. El acceso a esta pantalla se encuentra en la esquina inferior izquierda de la pantalla principal (el botón azul con el icono de un engranaje). En esta pantalla los usuarios pueden modificar su contraseña y correo electrónico en cualquier momento. Es importante recordar que el correo definido es el utilizado por el servicio de “Recuperar contraseña” por lo que es importante mantener este campo actualizado e ingresarlo correctamente.

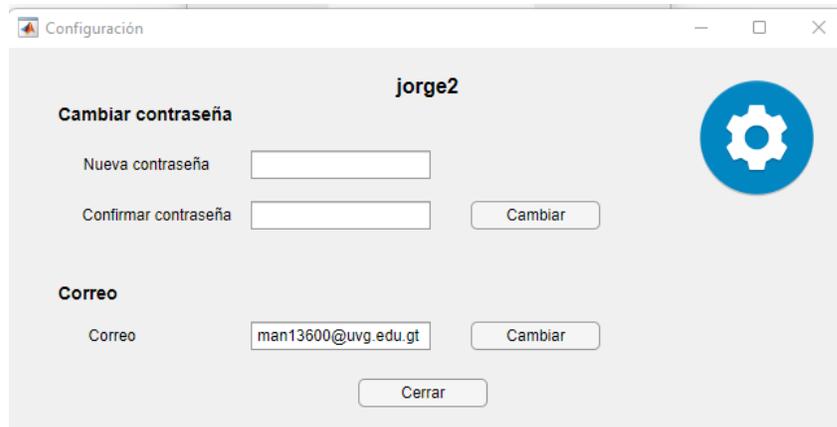


Figura 10. Pantalla de configuración de usuario.

14.1.9. Configurar servicio de “Recuperar contraseña”

El servicio de “Recuperar contraseña” permite a cualquier usuario resetear su contraseña si en algún momento la olvida. “Recuperar contraseña” asigna una nueva contraseña al usuario y envía esta nueva contraseña al correo registrado del usuario para que este pueda iniciar sesión nuevamente. El usuario puede seguir utilizando esta nueva contraseña o cambiarla en cualquier momento en la pantalla de configuración.

“Recuperar contraseña” es parte de la funcionalidad nueva de administración de usuarios de la aplicación y era configurable únicamente a nivel de base de datos por lo que si en algún momento se desea utilizar otro correo para enviar las contraseñas no es necesario modificar el código de la aplicación. Los campos configurables se encuentran en la tabla “humana.config”. Se muestra la configuración por defecto en el Cuadro 1. Es importante que esta tabla solo tenga un registro y no le falte ningún campo. Los campos mensaje_1 y mensaje_2 son los textos que se desean mostrar antes y después de la nueva contraseña en el cuerpo del correo.

correo	eeganalysistoolbox@gmail.com
pass	uvg@2022
asunto	EEG Analysis Toolbox - Recuperar contraseña
mensaje_1	.->
mensaje_2	Puedes cambiarla en cualquier momento en la pantalla de configuración después de iniciar sesión.
server	smtp.gmail.com

Cuadro 1. Configuración por defecto de “Recuperar contraseña”.

Con el fin de permitir al usuario admin configurar “Recuperar contraseña” de forma más sencilla y eficiente se creó una nueva ventana con esta funcionalidad. Para acceder a esta configuración basta con presionar el botón con el candado negro en la esquina superior derecha de la pantalla principal de la aplicación (Figura 12). En la pantalla de configuración se pueden modificar todos los campos y existen validaciones que no permiten que se queden campos vacíos.

Nota: Ya que esta configuración no hace falta realizarla de forma seguida sino que es una configuración de una sola vez, únicamente el usuario root y el admin tienen acceso y no existe actualmente forma de darle acceso los demás usuarios en la aplicación.



Figura 11. Acceso a pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.

A continuación se puede ver el resultado final de la pantalla de configuración para “Recuperar contraseña” y un ejemplo de correo que recibiría el usuario de forma automática al querer recuperar su contraseña.



Figura 12. Pantalla de configuración de “Recuperar contraseña”.

Como se indica al inicio de la sección, el asunto y los textos antes y después del mensaje “Tu nueva contraseña: xxxx.” se pueden editar.

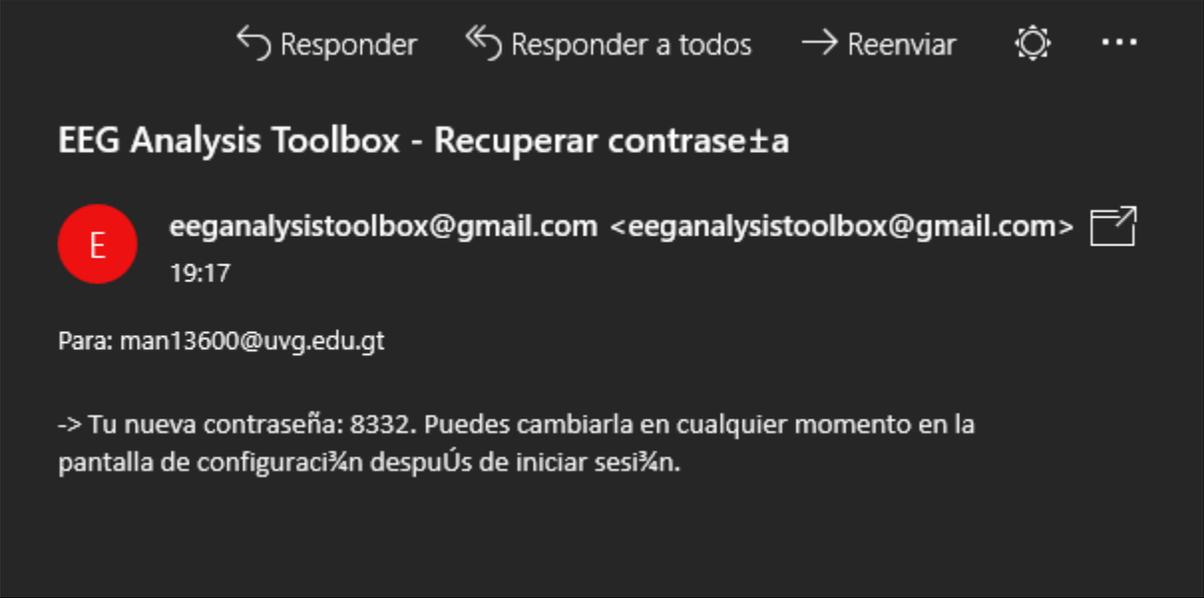


Figura 13. Ejemplo de correo de “Recuperar contraseña”.