



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**Aplicación Web para Gestión
de Datos Genómicos de
Cánceres de Pulmón**



Presentado por Carlos Ortúñez Rojo
en Universidad de Burgos — 16 de junio
de 2021

Tutores: Dr. Jesús Manuel Maudes Raedo y
Dr. José Francisco Díez Pastor



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. nombre tutor, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. Nombre del alumno, con DNI dni, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 16 de junio de 2021

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor

Resumen

En este proyecto se ha desarrollado una aplicación web que permite la introducción, modificación, eliminación y visualización de los datos genómicos de cánceres de pulmón de los pacientes del Hospital Universitario de Burgos. Esta aplicación web también cuenta con un sistema de autenticación y un sistema de gestión de usuarios.

Todos los datos están almacenados en una base de datos relacional para permitir un rápido acceso a estos y ahorrar espacio a la hora de almacenarlos.

Dentro de la visualización de los datos se han incluido varias opciones para permitir a los oncólogos una mejor explotación a la hora de realizar sus estudios. Estas opciones de visualización incluyen la exportación a un fichero *.xlsx*, la representación en diagramas tanto de sectores como de columnas, la obtención de tablas de frecuencias y de percentiles y la visualización individual de los datos crudos de cada paciente.

Para poder comprobar el correcto funcionamiento de toda la parte de visualización nombrada anteriormente, se ha realizado en *Python* un script para poder generar una base de datos sintética permitiendo al usuario elegir diferentes parámetros de las distribuciones que se han considerado más óptimas para el tipo de datos con los que se está trabajando.

Descriptores

Aplicación web, base de datos relacional, Laravel, estudio estadístico, visualización, datos médicos.

Abstract

This project consists in the development of a web application that allows the input, modification, elimination and visualization of the genomic data regarding lung cancers cancer patients from the Hospital Universitario de Burgos. In addition, this web application will have an authentication system and a user management system.

All the data is stored in a relational database to allow quick access and to save space when storing the information.

Within the data visualization, several options have been included to offer oncologists a better exploitation when conducting their studies. These display options include exporting to a file *.xlsx*, the representation in diagrams of both, sectors and columns, the obtention of tables than show frequencies and percentiles and the individual visualization of each patient's raw data.

In order to check the correct performance of the entire display part named above, a *Python* script has been created to be able to generate a synthetic database allowing the user to choose different parameters of the distributions that have been considered most optimal for the type of data we are working with.

Keywords

Web application, relational database, Laravel, statistical study, visualization, medical data.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
1.1. Material ajunto	2
Objetivos del proyecto	3
2.1. Objetivos funcionales	3
2.2. Objetivos técnicos	4
2.3. Objetivos personales	4
Conceptos teóricos	7
3.1. Encriptación simétrica	7
3.2. Arquitectura MVC	8
3.3. Estadística	9
Técnicas y herramientas	13
4.1. Técnicas	13
4.2. Herramientas	14
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	21
Trabajos relacionados	23
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	25

Bibliografía

27

Índice de figuras

3.1. Arquitectura MVC Laravel	8
3.2. Gráfica de densidad de la distribución normal	11
3.3. Tres gráficas de la distribución de poisson según λ	11
3.4. Gráfica de una distribución geométrica	12

Índice de tablas

Introducción

El **cáncer** es un conjunto de enfermedades relacionadas las cuales son provocadas por una anomalía en las células que ocasiona que estas empiecen a dividirse continuamente y provoquen un mal funcionamiento de la zona incluso llegándose a expandir a otras partes del cuerpo, a esto se le llama **metástasis**[7]. El **cáncer de pulmón** ocurre cuando este problema surge en el tejido pulmonar, este cáncer es el que mas muertes provoca actualmente en el mundo tanto en hombres como en mujeres, siendo el tabaquismo la principal causa de este problema llegando a suponer hasta el 80 % de los casos[1].

Hay mucha variedad de **canceres de pulmón**, mucha variedad de **tratamientos** y mucha variedad de **herramientas de detección**, por lo tanto tomar la mejor decisión puede llegar a ser complicado, aunque saber adaptarse a las circunstancias para poder tratar eficazmente este problema puede llegar a suponer alargar la vida del paciente o incluso llegar a salvarlo[8]. Para esto tener los datos de casos anteriores bien organizados y de fácil acceso y visualización puede ser un factor fundamental para tomar esta decisión de la manera más óptima posible.

En la actualidad el **Hospital Universitario de Burgos** almacena los datos de los pacientes que han sufrido o sufren cáncer de pulmón en formato texto, lo cual hace que la visualización de estos datos sea muy lenta y costosa y por lo tanto esto conlleva a un lento y poco eficiente análisis de los datos.

Para solventar este problema el objetivo de este proyecto ha sido crear una **aplicación web** que sirva como **interfaz** para gestionar todos los datos de los pacientes, los cuales van a estar almacenados dentro de una **base de datos relacional** y añadir herramientas de **visualización** de los datos

como pueden ser gráficas o tablas que permitan un mejor análisis para facilitar la toma de decisiones.

También debido a que es posible que los médicos que trabajen con esta **aplicación web** no tengan un alto nivel de informática se ha intentado realizar de la manera más **intuitiva** posible, con muchos **controles de errores** y con una comunicación constante con el equipo de oncólogos del Hospital Universitario de Burgos para lograr la mejor versión posible.

1.1. Material ajunto

En el proyecto como material adjunto se incluye:

- Memoria
- Anexos
- Aplicación web en *Laravel*.
- Scripts *SQL* para generar la base de datos e insertar datos necesarios para la aplicación.
- Script en *Python* para generar la base de datos sintética.

Todos los elementos desarrollados durante el proyecto se pueden ver en el repositorio de *GitHub*: https://github.com/CarlosOrtu/TFG_HUBU

Objetivos del proyecto

En este apartado se van a especificar los diferentes objetivos, tanto funcionales como técnicos como personales.

2.1. Objetivos funcionales

Los objetivos funcionales que se acordaron con los oncólogos y se han tratado de conseguir con este proyecto son:

- Integrar un inicio de sesión para controlar el acceso a la aplicación web.
- Crear un sistema de gestión usuarios en el cual los administradores puedan crear, modificar y eliminar usuarios.
- Realizar un sistema de gestión de datos personales donde se permita cambiar tanto la contraseña como el correo del propio usuario.
- Establecer un sistema de gestión de pacientes donde se pueda crear, eliminar y modificar pacientes y todos sus datos de una manera intuitiva y visual.
- Publicar la aplicación web en un plataforma en la nube para permitir a los oncólogos empezar a introducir datos.
- Facilitar la visualización y análisis de los datos con un sistema de gráficas y tablas.
- Automatizar la creación de una base de datos sintética con distintos tipos de distribuciones estadísticas para permitir realizar pruebas y

comprobar el correcto funcionamiento de herramientas nombradas anteriormente como la visualización de los datos en gráficas.

2.2. Objetivos técnicos

Los objetivos técnicos que han sido necesario para llevar a cabo este proyecto son:

- Usar *Laravel* para el *back-end* y todas las herramientas que este framework incluye.
- Emplear *Bootstrap*, *CSS*, *HTML*, *JavaScript* y *jQuery* para el *front-end* de la web y realizar el diseño de está lo mas funcional e intuitivo posible.
- Gestionar bases de datos *MySQL* desde *PhpMyAdmin*.
- Recordar el lenguaje *SQL* para la realización de scripts que permitan crear la base de datos e introducir los datos necesarios para el correcto funcionamiento de la web.
- Usar la librería *Google Charts* para la representación de las diferentes gráficas.
- Utilizar *Python* y alguna librería de este lenguaje para la creación de la base de datos sintética.
- Usar *GitHub* para permitir un control de versiones sobre el proyecto.
- Realizar el desarrollo del proyecto siguiendo la metodología *SCRUM* sobre el proyecto y usar *ZenHub* para permitir una mejor gestión de las tareas y del tiempo de cada una de estas.

2.3. Objetivos personales

- Ayudar al departamento de oncología del Hospital Universitario de Burgos.
- Profundizar en los campos del desarrollo web y del diseño web.
- Poner en práctica todo lo aprendido durante estos cuatro años de carrera.

- Acabar mi ciclo formativo en la universidad con un proyecto funcional y que tenga una utilidad real.
- Aprender a usar \LaTeX para una mejorar la documentación de mis futuros proyectos.

Conceptos teóricos

3.1. Encriptación simétrica

La encriptación de datos es un método mediante el cual un conjunto de caracteres se modifican para convertirlos en otros completamente diferentes del cual no se podrá volver a obtener el conjunto original a no ser que se disponga de la clave o las claves necesarias. Existen dos tipos diferentes de encriptación, simétrica y asimétrica[10].

La encriptación simétrica se basa en lograr tanto el cifrado como el descifrado mediante el uso de una sola clave, por lo tanto la seguridad de este método depende en la capacidad que se va a tener para que una persona no autorizada no tenga acceso a esta clave[18]. Estos algoritmos tienen dos tipos dependiendo de la división que se haga del mensaje original, cifrado de bloque y cifrado de flujo[12].

Cifrado de bloque

En el cifrado de bloque el mensaje original se divide en bloques de tamaño fijo de bits, normalmente suelen ser de tamaño 64 o 128 bits, estos bloques se encriptan de manera fija para todos sus elementos. El inconveniente de este tipo de cifrado es que si existen secuencias repetidas de caracteres en el texto original, también existirán estos caracteres repetidos en el texto encriptado[3]. Existen diferentes esquemas de cifrado dentro de los cifrados de bloque, los más importantes son DES, 3-DES, RC2, RC5, RC6 y AES[18].

AES

El algoritmo AES (Advanced Encryption Standard) agrupa el mensaje original en bloques de longitud variable, aunque el estándar fija el tamaño en 128 bits y la representación de estos bloques sería una matriz de 4x4 bytes. Lo mismo ocurre con la clave, tiene tres posibles longitudes 128, 192 y 256 y en el caso del AES-128 la contraseña se almacena de la misma manera que cada segmento del mensaje, en una matriz de 4x4. A parte de esta clave inicial se generan un conjunto de 10 subclaves, una por cada iteración del algoritmo. Cada una de estas iteraciones realiza 4 operaciones básicas SubBytes, ShiftRows, MixColumns y AddRoundKey y para descifrar se realizan las mismas iteraciones y los mismos algoritmos pero de forma inversa[17].

3.2. Arquitectura MVC

La arquitectura Modelo-Vista-Controlador sirve para separar el código dependiendo de la funcionalidad de este, así conseguir lograr 3 capas con un trabajo específico en cada una de ellas[11]. Actualmente algunos frameworks como Laravel integran este tipo de arquitectura pero añadiendo capas extra como las rutas y los middleware como podemos ver en la imagen 3.1.

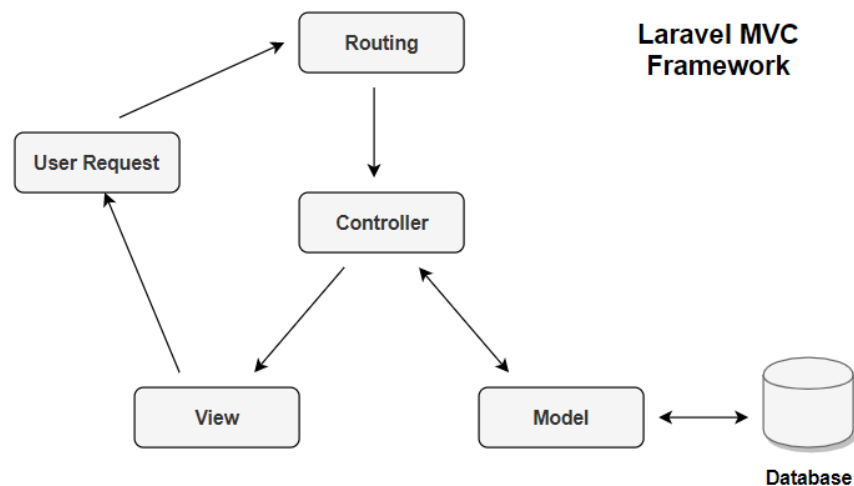


Figura 3.1: Arquitectura MVC Laravel

Modelo

Es la capa que se encarga de interactuar con los datos, por lo tanto tendrá que tener la capacidad de añadir, modificar y eliminar los datos que sean necesarios. Lo normal suele ser usar alguna librería o algún mecanismo que incluya el framework para no tener que trabajar directamente con consultas SQL y permitir trabajar con objetos y clases lo que supone una abstracción de base de datos y persistencia en objetos[11].

Vista

Las vistas son la capa que va a servir como interfaz al usuario y le va a permitir interactuar y visualizar los datos sin trabajar directamente con ellos ya que de esto se encargan las otras dos capas. Las vistas suelen estar escritas en HTML y CSS principalmente, pudiendo incluir otros lenguajes como JavaScript o PHP e incluso procesadores de plantillas como Blade Templates de Laravel[11].

Controlador

Los controladores son aquellos que implementan la lógica de negocio que va a actuar como enlace entre las acciones que realice el usuario en la vista y los modelos. Pueden estar escritos en muchos lenguajes como PHP, Python, NodeJS, Java, C# o Ruby[11].

3.3. Estadística

Conceptos estadísticos

Media: Es una medida de tendencia que no indica el punto medio de un conjunto de datos[4].

$$Media(x) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Varianza: Es una medida de dispersión que nos indica la distancia de un conjunto de datos a su media[6].

$$Varianza(x) = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.2)$$

Desviación: Es la varianza al cuadrado[6].

$$Desviación(x) = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3.3)$$

Percentil: Es una medida de posición que indica el porcentaje de datos que están por debajo de un valor[2].

Oblicuidad: Es una medida que nos indica que tan asimétrica es una distribución respecto a su media[5].

$$Oblicuidad(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n - 1) \cdot S^3} \quad (3.4)$$

Curtosis: Es una medida que segun aumenta su valor nos indica que existe una concentración de valores tanto cerca de la media como muy lejos de ella, al tiempo que en los valores intermedios disminuye esta concentración[20].

$$Curtosis(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n - 1) \cdot S^4} \quad (3.5)$$

Corrección de Bessel: La corrección de Bessel se usa para corregir el sesgo estadístico cuando no se esta trabajando con la población entera sino que se esta trabajando con una muestra y consiste en sustituir n en el divisor por n-1, como he realizado en todos los conceptos anteriormente explicados[19].

Distribuciones de probabilidad

Las distribuciones son funciones que indican la probabilidad que ocurra cierto suceso. Según sea el tipo de variable continua o discreta se elegirá un tipo de distribución u otro.

Distribución normal: Es una distribución de valores continuos definida por dos parámetros, la media μ y la desviación σ , la función de densidad es simétrica respecto a su media y dependiendo de la desviación va a tener una anchura determinada[9].

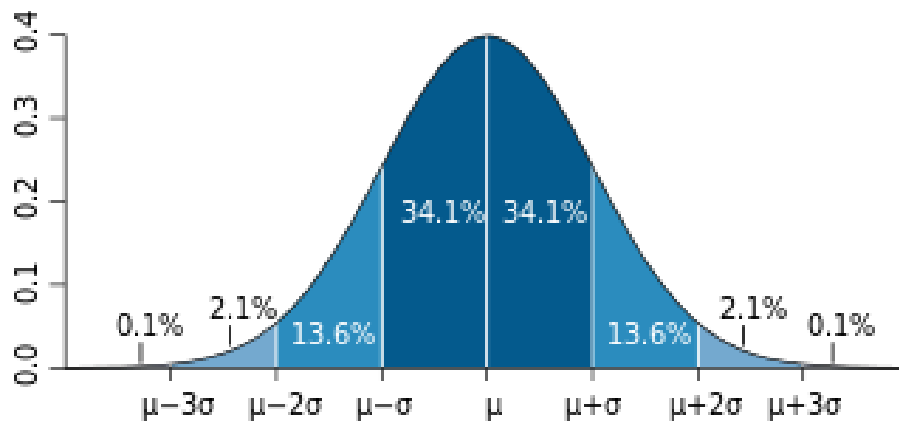
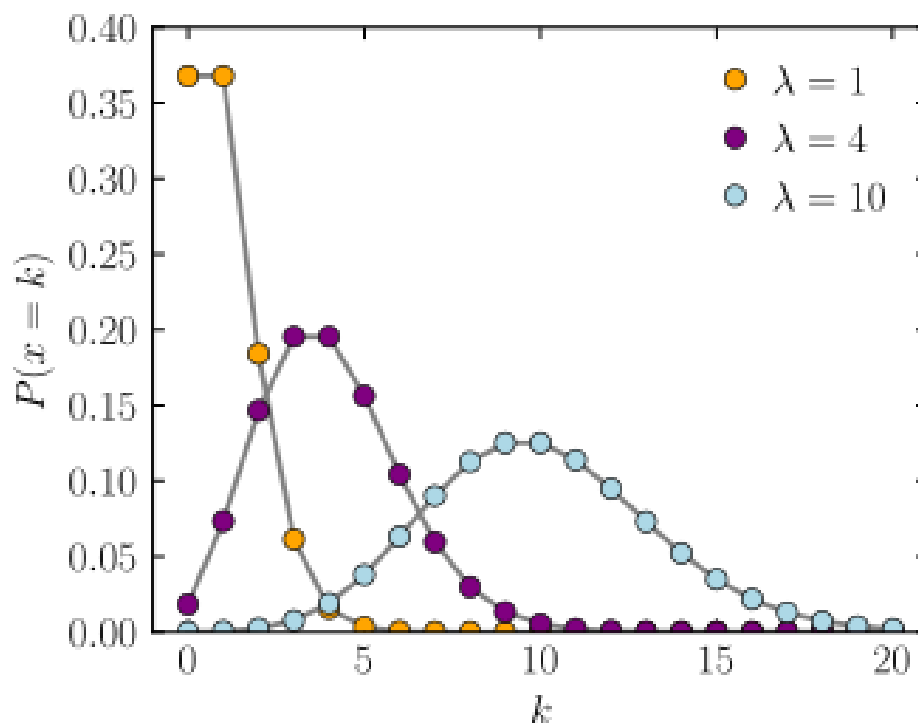


Figura 3.2: Gráfica de densidad de la distribución normal

Distribución de poisson: Es una distribución de valores discretos la cual está definida por un parámetro λ , y este parámetro representará el valor que es más probable de obtener dentro de la gráfica.

Figura 3.3: Tres gráficas de la distribución de poisson según λ

Distribución geométrica: Es una distribución de valores discretos la cual esta definida por un parámetro p , y este parámetro indica la probabilidad de obtener el resultado.

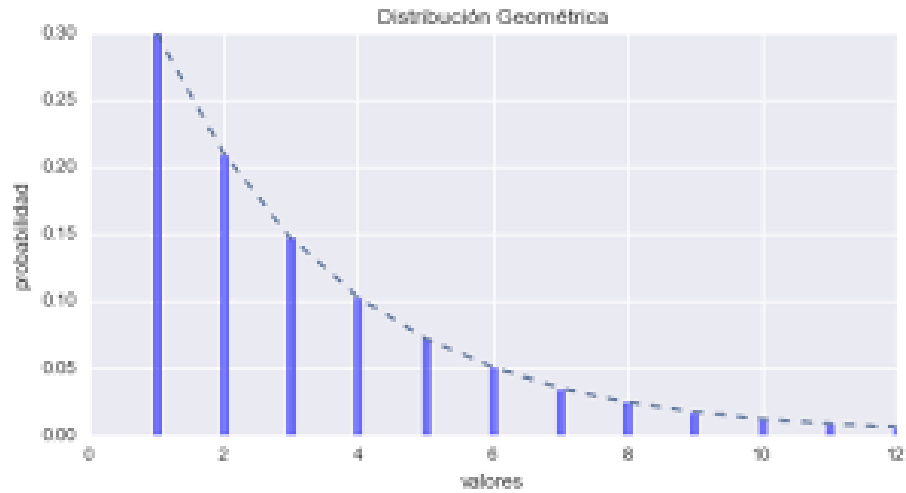


Figura 3.4: Gráfica de una distribución geométrica

Técnicas y herramientas

4.1. Técnicas

En este apartado se va a explicar la técnica de desarrollo de software que ha seguido y una explicación de porque se ha optado por esta opción y como se ha adaptado al proyecto.

Scrum

Las metodologías ágiles son aquellas que se basan en dar una mayor libertad a la colaboración con el cliente y a la realización del proyecto en iteraciones. Según el manifiesto ágil esta nueva metodología se basa en cuatro principios : Priorizar al individuo y a las iteraciones sobre el proceso y las herramientas, el desarrollo del software sobre la documentación, colaboración con el cliente antes que un contrato fijo y la capacidad de responder a los cambios antes que un plan fijo[14].

Debido a las características del proyecto se decidió que una metodología ágil era lo más adecuado para llevar a cabo su desarrollo ya que se comenzó con una idea general, por lo tanto a la hora de ir realizando el proyecto iba a ser necesario realizar cambios sobre las partes ya finalizadas y en vista de que a medida que avanzará el proyecto se iban a ir añadiendo funcionalidades, por lo tanto no se puede establecer un plan fijo desde el comienzo[14].

De todas las metodologías ágiles para desarrollar el proyecto se eligió Scrum. Este método se basa en el desarrollo de sprints, en los cuales se realizan partes del proyecto final ya funcionales y reuniones periódicas. Estos sprints suelen durar entre 1 o 2 semanas[13]. Esta metodología está pensada para trabajar con equipos enteros de desarrollo dentro de una empresa, pero

para este proyecto se ha adaptado. Los roles quedan divididos de la manera que el product owner son los oncólogos, el scrumMaster son ambos tutores y el equipo de desarrollo soy yo, las reuniones y las duraciones de los sprint también han sido levemente modificadas haciéndolas menos estrictas debido a que no siempre era posible para los oncólogos realizar una reunión a la finalización de los sprint.

4.2. Herramientas

En este apartado se van a explicar todas las herramientas usadas para llevar a cabo cada parte del proyecto y se van a nombrar las diferentes opciones que se tuvieron en cuenta .

Infraestructura de desarrollo local

WAMP

- Herramientas consideradas: **MAMP**, **XAMPP**, **WAMP**.
- Herramienta elegida: **WAMP**.

WAMP es un entorno de desarrollo web local pensando para usarse en Windows el cual contiene Apache, MySQL, PHP y el administrador de bases de datos PhpMyAdmin. Por lo tanto este entorno cumple con los objetivos técnicos que se tenían para el desarrollo de la aplicación web.

Host web

Heroku

- Herramientas consideradas: **Ionos**, **AWS amazon**, **Heroku**.
- Herramienta elegida: **Heroku**.

Heroku es una plataforma de computación en la nube que da soporte a varios lenguajes como Python, Java y PHP[15]. También cuenta con una serie de extensiones que resultaban interesantes para nuestro proyecto, estas son, una base de datos MySQL que permite la gestión desde MySQL Workbench y un protocolo HTTPS para implementar a nuestra web. También para aplicaciones pequeñas como la que se esta desarrollando en este trabajo el

host resulta gratuito y la política de privacidad de datos concordaba con los requisitos necesarios para poder alojar los datos de los pacientes.

Back-end

Laravel

- Herramientas consideradas: [django](#), [.NET](#), [Laravel](#).
- Herramienta elegida: [Laravel](#).

Laravel es un framework de PHP que se basa en la arquitectura MVC ([3.2](#)) y tiene como objetivo usar una sintaxis elegante, permitiendo crear código de manera sencilla e implementando muchas funcionalidades[[16](#)]. Tiene varias utilidades que hemos utilizado dentro del proyecto, por ejemplo las plantillas Blade las cuales permiten usar código PHP e incluir lógica dentro de las vistas de manera muy sencilla y cómoda y también Eloquent ORM el cual nos permite una manera sencilla de manipular los elementos de una base de datos creando un modelo por cada una de las tablas de la base de datos y esto nos permite manipular estos modelos sin tener que ejecutar sentencias SQL.

Gestor de paquetes

Composer

Composer es un gestor de paquetes para PHP, se usa para poder integrar librerías de terceros en tu proyecto de una manera muy sencilla. Para este proyecto se ha utilizado para incorporar las librerías que se han usado de PHP y Laravel ([4.2](#)) y también el propio Laravel ([4.2](#)).

Front-end

Bootstrap

- Herramientas consideradas: [Bootstrap](#), [Tailwind](#).
- Herramienta elegida: [Bootstrap](#).

Bootstrap es una librería de HTML, CSS y JavaScript que permite dar estilo a una página web de manera muy sencilla. Esta librería funciona de manera que asignando clases determinadas a los elementos HTML esos elementos va a tener un formato, una posición o un estilo determinado.

jQuery

jQuery es una librería de JavaScript la cual nos permite manipular los elementos HTML, añadir animaciones o ejecutar peticiones Ajax de una manera mucho más rápida y sencilla que si lo hiciéramos directamente con Vanilla JavaScript.

Base de datos

MySQL

- Herramientas consideradas: [MySQL](#), [PostgreSQL](#).
- Herramienta elegida: [MySQL](#).

MySQL es un sistema gestor de bases de datos relacionales. Se decidió usar MySQL en lugar de PostgreSQL debido al rendimiento de ambos gestores de bases de datos en una aplicación Laravel, como se puede comprobar en la siguiente web ([Comparación MySQL y PostgreSQL](#)) MySQL tiene bastante mejor rendimiento.

PhpMyAdmin

PhpMyAdmin es una herramienta de gestión de bases de datos MySQL escrita en PHP. Permite ejecutar sentencias SQL mediante una interfaz gráfica muy intuitiva y sencilla de utilizar.

MySQL Workbench

MySQL Workbench es la herramienta oficial de gestión bases MySQL, es similar a PhpMyAdmin a diferencia que esta herramienta tiene una aplicación de escritorio. En principio no se tenía pensado trabajar con esta herramienta, pero a la hora conectar una base de datos a la aplicación web subida en Heroku era necesario usar MySQL Workbench para administrar esta base de datos.

Documentación

L^AT_EX

- Herramientas consideradas: [Open Office](#), [L^AT_EX](#).

- Herramienta elegida: **L^AT_EX**.

L^AT_EX es un sistema de composición de textos de alta calidad y su principal uso es para artículos científicos.

Se decidió usar L^AT_EX por encima de Open Office debido a que se vio como una oportunidad de aprender una herramienta nueva que podía llegar a ser útil para futuros trabajos.

Editores de texto

Overleaf

Overleaf es un editor online de L^AT_EX que permite ir compilando el documento y ver los cambios al instante, lo cual agiliza mucho el trabajo a la hora de redactar documentos.

Sublime Text 3

- Herramientas consideradas: **Visual Studio Code**, **Sublime Text 3**.
- Herramienta elegida: **Sublime Text 3**.

Sublime Text 3 es un editor de texto cómodo, sencillo y fácil de usar, viene incluido con la herramienta Kite que sirve para autocompletar código en distintos lenguajes. Para este proyecto se ha utilizado este editor para redactar todo el código del proyecto, el cual incluye la aplicación web en Laravel, el script Python para hacer la base de datos sintética y los script SQL. Se ha elegido Sublime Text 3 sobre Visual Studio Code debido a que ya había estado usando este editor de texto antes y por lo tanto estaba más familiarizado con él.

Gestión del proyecto

GitHub

GitHub es una herramienta que sirve para subir, almacenar código en la nube y también llevar un control de versiones. GitHub se ha utilizado para llevar a cabo la metodología Scrum gracias a los milestones los cuales he usado para simular los sprints y las issues los cuales son todas las tareas que se han ido realizando a lo largo del proyecto.

ZenHub

ZenHub es una herramienta de gestión de proyecto la cual se integra en GitHub. ZenHub nos permite organizar las issues en pipelines y establecer cuanto tiempo se va a tardar en realizar cada una de las tareas,

Librerías

Numpy

Librería de Python que permite crear vectores y matrices y muchas funciones para trabajar con estos. Se ha utilizado en el proyecto para la parte estadística de la creación de la base de datos sintética.

mysql.connector

Librería de Python que permite conectar una base de datos MySQL y realizar operaciones SQL sobre está. Se ha utilizado en el proyecto para insertar los datos en la base de datos sintética.

phpunit

Framework de PHP que permite crear pruebas unitarias. Se ha utilizado para realizar las pruebas unitarias de la aplicación web.

faker

Librería de Python que permite crear nombre, apellidos y fechas aleatorias. Se ha utilizado para la base de datos sintética.

laravel/ui

Paquete de autenticación de Laravel. Se ha utilizado para el login de la aplicación web.

maatwebsite/excel

Librería de Laravel que permite exportar e importar datos de un fichero Excel. se ha utilizado para poder exportar la base de datos a un fichero en Excel.

openssl

Librería de PHP que permite la encriptación de datos. Se ha utilizado para encriptar los datos sensibles de los pacientes.

Google Charts

- Herramientas consideradas: [Chart.js](#), [Google Charts](#).
- Herramienta elegida: [Google Charts](#).

Librería de JavaScript que permite la visualización de datos en gráficas interactivas. Se ha utilizado para todo el apartado de visualización de datos.

DataTables

Librería de JavaScript que permite la creación de tablas interactivas. Se ha utilizado para todas las tablas que hay implementadas en la web.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros³, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

Trabajos relacionados

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.

Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

Bibliografía

- [1] Cáncer de pulmón: síntomas, diagnóstico y tratamiento. clínica universidad de navarra. <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/cancer-pulmon>. [Accedido 06/13/2021].
- [2] Definición de percentil - qué es, significado y concepto. <https://definicion.de/percentil/>. (Accessed on 06/15/2021).
- [3] Diferencia entre el cifrado de flujo y el cifrado de bloque / seguridad | la diferencia entre objetos y términos similares. <https://es.sawakinome.com/articles/security/difference-between-stream-cipher-and-block-cipher.html>. (Accessed on 06/14/2021).
- [4] Media, varianza y desviación típica de la distribución binomial. <https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/probabilidades/distribucion-binomial/media-y-varianza-de-la-distribucion-binomial.html>. (Accessed on 06/15/2021).
- [5] Oblicuidad (probabilidad) - wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Oblicuidad_\(probabilidad\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Oblicuidad_(probabilidad)). (Accessed on 06/15/2021).
- [6] Varianza - qué es, definición y significado | 2021 | economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>. (Accessed on 06/15/2021).
- [7] ¿qué es el cáncer? - instituto nacional del cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>. [Accedido 06/13/2021].

- [8] ¿se puede descubrir el cáncer de pulmón en sus comienzos? <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-pulmon/deteccion-diagnostico-clasificacion-por-etapas/deteccion.html>. (Accessed on 06/13/2021).
- [9] Ayuda epidat 4 distribuciones de probabilidad octubre2014. 2014. (Accessed on 06/15/2021).
- [10] ¿qué es y en qué consiste la encriptación de datos? | econectia. <https://www.econectia.com/blog/que-es-encriptacion-de-datos>, 2017. (Accessed on 06/14/2021).
- [11] Miguel Angel Alvarez. Qué es mvc. <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-mvc.html>, 2020. (Accessed on 06/15/2021).
- [12] David Dunning. ¿cuál es la diferencia entre el cifrado de flujo y el cifrado de bloque? https://techlandia.com/diferencia-cifrado-flujo-cifrado-bloque-info_548015/. (Accessed on 06/14/2021).
- [13] Manuel Trigas Gallego. Metodología scrum.
- [14] Jorman Garcia, Bryan Jorge Plat, and Pablo Salazar. Metodologías Ágiles en el desarrollo de software.
- [15] Heroku. What is heroku | heroku. <https://www.heroku.com/what>. (Accessed on 06/16/2021).
- [16] Laravel. Laravel - the php framework for web artisans. <https://laravel.com/>. (Accessed on 06/16/2021).
- [17] Adrián Pousa. Algoritmo de cifrado simétrico aes. aceleración de tiempo de cómputo sobre arquitecturas multicore. 2011. (Accessed on 06/14/2021).
- [18] Julio César Mendoza T. Dialnet-demonstraciondecifradosimetricoyasimetrico-5972695. (Accessed on 06/14/2021).
- [19] Wikipedia. Corrección de Bessel - wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Correcci%C3%B3n_de_Bessel. (Accessed on 06/15/2021).
- [20] Wikipedia. Curtosis - wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Curtosis>. (Accessed on 06/15/2021).