

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ



Escuela Politécnica Superior

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DEL
SOFTWARE PARA LA WEB**

Trabajo Fin de Máster

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS STACKS
TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE
APLICACIONES WEB: LAMP CONTRA MEAN**

Carlos Giovanni Molina Ronceros

2018

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Escuela Politécnica Superior

MÁSTER UNIVERSITARIO EN

INGENIERÍA DEL SOFTWARE PARA LA WEB

Trabajo Fin de Máster

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS STACKS TECNOLÓGICOS
PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES WEB: LAMP
CONTRA MEAN”

Autor: Carlos Giovanni Molina Ronceros

Director: José Ramón Hilera González

Tribunal:

Presidente:

Vocal 1º:

Vocal 2º:

Calificación:

Fecha: de de

ÍNDICE RESUMIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
3. TECNOLOGÍA UTILIZADA	13
4. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS Y DISEÑO	21
5. CRITERIOS DE COMPARACIÓN	61
6. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE COMPARACIÓN	68
7. COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	87
8. CONCLUSIONES	101
9. BIBLIOGRAFÍA	105

ÍNDICE DETALLADO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
3. TECNOLOGÍA UTILIZADA	13
3.1. DOCKER	14
3.2. DISTRIBUCIONES LINUX	14
3.2.1. <i>Alpine</i>	14
3.2.2. <i>Debian Stretch Slim</i>	15
3.3. NGINX	15
3.4. MYSQL	15
3.5. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	16
3.5.1. <i>PHP</i>	16
3.5.2. <i>JavaScript</i>	16
3.5.3. <i>TypeScript</i>	17
3.6. NODE.JS	17
3.7. LUMEN	18
3.8. LARAVEL	18
3.9. EXPRESS.JS	19
3.10. ANGULAR	19
4. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS Y DISEÑO	21
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	21
4.1.1. <i>Alcance</i>	21
4.1.2. <i>Personal involucrado</i>	21
4.1.3. <i>Funcionalidad del producto</i>	22
4.1.4. <i>Características de los usuarios</i>	22
4.2. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	23
4.2.1. <i>Requisitos funcionales perfil Administrador</i>	23
4.2.2. <i>Requisitos funcionales perfil Instructor</i>	25
4.2.3. <i>Requisitos funcionales perfil Usuario</i>	26
4.2.4. <i>Otros requisitos funcionales</i>	28
4.3. ANÁLISIS ALTO NIVEL	29
4.4. DISEÑO DEL SISTEMA	30
4.5. DISEÑO DE BASE DE DATOS	33
4.6. MANUAL DE USUARIO	34
4.6.1. <i>Acceso público</i>	34
4.6.1.1. <i>Login</i>	34
4.6.2. <i>Perfil Administrador</i>	34
4.6.2.1. <i>Panel</i>	34
4.6.2.2. <i>Listado de administradores</i>	35
4.6.2.3. <i>Crear administrador</i>	36
4.6.2.4. <i>Detalles administrador</i>	36
4.6.2.5. <i>Modificación administrador</i>	37

4.6.2.6.	Eliminación administrador	38
4.6.2.7.	Listado de instructores.....	38
4.6.2.8.	Crear instructor.....	39
4.6.2.9.	Detalles instructor.....	39
4.6.2.10.	Modificación instructor.....	40
4.6.2.11.	Eliminación instructor	41
4.6.2.12.	Inscribir instructor en grupos	41
4.6.2.13.	Listado de usuarios	41
4.6.2.14.	Crear usuario.....	42
4.6.2.15.	Detalles usuario	42
4.6.2.16.	Modificación usuario	43
4.6.2.17.	Eliminación usuario	44
4.6.2.18.	Inscribir usuario en grupos	45
4.6.2.19.	Listado de grupos.....	45
4.6.2.20.	Crear grupo.....	45
4.6.2.21.	Detalles grupo.....	46
4.6.2.22.	Modificación grupo	46
4.6.2.23.	Eliminación grupo	47
4.6.2.24.	Inscribir instructores en grupo	47
4.6.2.25.	Inscribir usuarios en grupo	48
4.6.3.	<i>Perfil Instructor</i>	48
4.6.3.1.	Panel.....	48
4.6.3.2.	Listado de grupos	49
4.6.3.3.	Detalles grupo.....	49
4.6.3.4.	Detalles instructor.....	50
4.6.3.5.	Detalles usuario	50
4.6.3.6.	Listado de exámenes.....	51
4.6.3.7.	Crear examen.....	51
4.6.3.8.	Detalles examen	52
4.6.3.9.	Modificación examen	53
4.6.3.10.	Eliminación examen	54
4.6.3.11.	Añadir preguntas y respuestas a examen	54
4.6.3.12.	Detalles realización examen	55
4.6.4.	<i>Perfil Usuario</i>	56
4.6.4.1.	Panel.....	56
4.6.4.2.	Listado de grupos	57
4.6.4.3.	Detalles grupo.....	57
4.6.4.4.	Detalles instructor.....	58
4.6.4.5.	Detalles usuario	58
4.6.4.6.	Listado de exámenes.....	59
4.6.4.7.	Realizar examen	59
4.6.4.8.	Detalles realización examen	60

5. CRITERIOS DE COMPARACIÓN61

5.1.	CATEGORÍA A: DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE.....	61
5.1.1.	<i>Criterio A.1: Documentación oficial</i>	61
5.1.2.	<i>Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial</i>	61
5.1.3.	<i>Criterio A.3: Documentación no oficial</i>	61
5.1.4.	<i>Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial</i>	61
5.2.	CATEGORÍA B: COMUNIDAD DE USUARIOS Y DESARROLLADORES.....	61
5.2.1.	<i>Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios</i>	61
5.2.2.	<i>Criterio B.2: Eventos organizados</i>	62
5.2.3.	<i>Criterio B.3: Representación en StackOverflow</i>	62

5.2.4.	<i>Criterio B.4: Búsquedas en Google</i>	62
5.2.5.	<i>Criterio B.5: Estrellas en GitHub</i>	62
5.3.	CATEGORÍA C: ESTADO DEL PROYECTO	62
5.3.1.	<i>Criterio C.1: Actividad en GitHub</i>	62
5.3.2.	<i>Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases</i>	63
5.4.	CATEGORÍA D: RECURSOS NECESARIOS PARA PREPARAR UN ENTORNO DE EJECUCIÓN	63
5.4.1.	<i>Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución</i>	63
5.4.2.	<i>Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico</i>	63
5.4.3.	<i>Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker</i>	63
5.5.	CATEGORÍA E: DIFICULTAD PARA CREAR PROYECTO “HELLO WORLD”	63
5.5.1.	<i>Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico</i>	63
5.5.2.	<i>Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico</i>	64
5.5.3.	<i>Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico</i>	64
5.6.	CATEGORÍA F: RECURSOS Y FUNCIONALIDADES QUE PROVEE EL FRAMEWORK	64
5.6.1.	<i>Criterio F.1: Routing</i>	64
5.6.2.	<i>Criterio F.2: HTTP Middleware (API)</i>	64
5.6.3.	<i>Criterio F.3: Clases/módulos Controller</i>	64
5.6.4.	<i>Criterio F.4: Manejo de Request y Response</i>	65
5.6.5.	<i>Criterio F.5: Autorización y Autenticación</i>	65
5.6.6.	<i>Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)</i>	65
5.6.7.	<i>Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)</i>	65
5.6.8.	<i>Criterio F.8: Validaciones</i>	65
5.7.	CATEGORÍA G: CURVA DE APRENDIZAJE	65
5.7.1.	<i>Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework</i>	66
5.7.2.	<i>Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación</i>	66
5.8.	CATEGORÍA H: RENDIMIENTO	66
5.8.1.	<i>Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción</i>	66
5.8.2.	<i>Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización</i>	66
5.8.3.	<i>Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)</i>	66
5.8.4.	<i>Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)</i>	66
5.8.5.	<i>Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)</i>	67
5.9.	CATEGORÍA I: COSTE DESPLIEGUE EN PRODUCCIÓN	67
5.9.1.	<i>Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios</i>	67
5.9.2.	<i>Criterio I.2: Coste plan estándar</i>	67
6.	EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE COMPARACIÓN	68
6.1.	LUMEN 5.6	68
6.2.	EXPRESS 4.16	72
6.3.	LARAVEL 5.6	77
6.4.	ANGULAR 6.1	81
7.	COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	87
7.1.	IMPLEMENTACIÓN API REST: LUMEN CONTRA EXPRESS	87
7.2.	IMPLEMENTACIÓN APLICACIÓN WEB QUE INTERACTÚA CON UNA API: LARAVEL CONTRA ANGULAR	94
8.	CONCLUSIONES	101
9.	BIBLIOGRAFÍA	105

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1 - ARQUITECTURA GLOBAL	29
ILUSTRACIÓN 2 - DIAGRAMA DE COMPONENTES	30
ILUSTRACIÓN 3 - MODELO E/R	33
ILUSTRACIÓN 4 - LOGIN	34
ILUSTRACIÓN 5 - PERFIL ADMINISTRADOR - PANEL.....	35
ILUSTRACIÓN 6 - PERFIL ADMINISTRADOR - LISTADO ADMINISTRADORES	35
ILUSTRACIÓN 7 - PERFIL ADMINISTRADOR - CREAR ADMINISTRADOR.....	36
ILUSTRACIÓN 8 - PERFIL ADMINISTRADOR - DETALLES ADMINISTRADOR	37
ILUSTRACIÓN 9 - PERFIL ADMINISTRADOR - MODIFICAR ADMINISTRADOR	37
ILUSTRACIÓN 10 - PERFIL ADMINISTRADOR - ELIMINAR ADMINISTRADOR	38
ILUSTRACIÓN 11 - PERFIL ADMINISTRADOR - LISTADO INSTRUCTORES.....	38
ILUSTRACIÓN 12 - PERFIL ADMINISTRADOR - CREAR INSTRUCTOR	39
ILUSTRACIÓN 13 - PERFIL ADMINISTRADOR - DETALLES INSTRUCTOR	40
ILUSTRACIÓN 14 - PERFIL ADMINISTRADOR - MODIFICAR INSTRUCTOR	40
ILUSTRACIÓN 15 - PERFIL ADMINISTRADOR - ELIMINAR INSTRUCTOR.....	41
ILUSTRACIÓN 16 - PERFIL ADMINISTRADOR - INSCRIBIR INSTRUCTOR EN GRUPOS	41
ILUSTRACIÓN 17 - PERFIL ADMINISTRADOR - LISTADO USUARIOS.....	42
ILUSTRACIÓN 18 - PERFIL ADMINISTRADOR - CREAR USUARIO	42
ILUSTRACIÓN 19 - PERFIL ADMINISTRADOR - DETALLES USUARIO.....	43
ILUSTRACIÓN 20 - PERFIL ADMINISTRADOR - MODIFICAR USUARIO.....	44
ILUSTRACIÓN 21 - PERFIL ADMINISTRADOR - ELIMINAR USUARIO	44
ILUSTRACIÓN 22 - PERFIL ADMINISTRADOR - INSCRIBIR USUARIO EN GRUPOS	45
ILUSTRACIÓN 23 - PERFIL ADMINISTRADOR - LISTADO GRUPOS.....	45
ILUSTRACIÓN 24 - PERFIL ADMINISTRADOR - CREAR GRUPO.....	46
ILUSTRACIÓN 25 - PERFIL ADMINISTRADOR - DETALLES GRUPO	46
ILUSTRACIÓN 26 - PERFIL ADMINISTRADOR - MODIFICAR GRUPO	47
ILUSTRACIÓN 27 - PERFIL ADMINISTRADOR - ELIMINAR GRUPO.....	47
ILUSTRACIÓN 28 - PERFIL ADMINISTRADOR - INSCRIBIR INSTRUCTORES EN GRUPO	48
ILUSTRACIÓN 29 - PERFIL ADMINISTRADOR - INSCRIBIR USUARIOS EN GRUPO	48
ILUSTRACIÓN 30 - PERFIL INSTRUCTOR - PANEL	49
ILUSTRACIÓN 31 - PERFIL INSTRUCTOR - LISTADO GRUPOS.....	49
ILUSTRACIÓN 32 - PERFIL INSTRUCTOR - DETALLES GRUPO	50
ILUSTRACIÓN 33 - PERFIL INSTRUCTOR - DETALLES INSTRUCTOR.....	50
ILUSTRACIÓN 34 - PERFIL INSTRUCTOR - DETALLES USUARIO	51
ILUSTRACIÓN 35 - PERFIL INSTRUCTOR - LISTADO EXÁMENES.....	51
ILUSTRACIÓN 36 - PERFIL INSTRUCTOR - CREAR EXAMEN.....	52
ILUSTRACIÓN 37 - PERFIL INSTRUCTOR - DETALLES EXAMEN	53
ILUSTRACIÓN 38 - PERFIL INSTRUCTOR - MODIFICAR EXAMEN	53
ILUSTRACIÓN 39 - PERFIL INSTRUCTOR - ELIMINAR EXAMEN.....	54
ILUSTRACIÓN 40 - PERFIL INSTRUCTOR - AÑADIR PREGUNTAS Y RESPUESTAS A EXAMEN.....	55
ILUSTRACIÓN 41 - PERFIL INSTRUCTOR - DETALLES REALIZACIÓN EXAMEN	56
ILUSTRACIÓN 42 - PERFIL USUARIO - PANEL	57
ILUSTRACIÓN 43 - PERFIL USUARIO - LISTADO GRUPOS	57
ILUSTRACIÓN 44 - PERFIL USUARIO - DETALLES GRUPO.....	58

ILUSTRACIÓN 45 - PERFIL USUARIO - DETALLES INSTRUCTOR	58
ILUSTRACIÓN 46 - PERFIL USUARIO - DETALLES USUARIO	59
ILUSTRACIÓN 47 - PERFIL USUARIO - LISTADO DE EXÁMENES.....	59
ILUSTRACIÓN 48 - PERFIL USUARIO - REALIZAR EXAMEN	60
ILUSTRACIÓN 49 - PERFIL USUARIO - DETALLES REALIZACIÓN EXAMEN.....	60



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los puestos de desarrollador e ingeniero del software de aplicaciones web son algunos de los más demandados en el mercado laboral [1]. Además, diversos estudios dentro del sector TI [2, 3] predicen que seguirán siendo muy solicitados en los próximos años. Esto significa que las pequeñas y grandes empresas ya consolidadas y las startups emergentes están apostando fuertemente por desarrollar sus actividades dentro de Internet.

En principio este nuevo enfoque empresarial resulta beneficioso para todos: los trabajadores del sector TI se encuentran con una gran oferta de empleos bien remunerados; las empresas pueden llegar a obtener grandes beneficios económicos ya que al ofrecer sus servicios a través de la Web disponen de un mercado más amplio de consumidores; y por último los usuarios tienen una amplia gama de proveedores donde elegir a solo un par de clics de distancia.

El problema llega cuando tanto empresa como desarrollador tienen que seleccionar con qué tecnologías trabajar. En el mundo de las aplicaciones web, el número de herramientas y enfoques disponibles es enorme: lenguajes de programación (Java, PHP, Python, Ruby, C#, JavaScript, etc.), entornos de ejecución (Node.js, JVM, CLR, etc.), frameworks backend (Spring, Laravel, Django, Ruby on Rails, .NET, Express.js, etc.), frameworks frontend (Angular, React, Vue, etc.), servidores web (Nginx, Apache, IIS, etc.), bases de datos (MySQL, PostgreSQL, MongoDB, etc.). Elegir un conjunto de estas tecnologías para empezar un nuevo proyecto o formarse para un futuro empleo puede resultar una tarea muy complicada.

El presente estudio pretende ayudar a empresas y trabajadores a identificar las ventajas y desventajas de apostar por dos de los stacks tecnológicos más utilizados actualmente: el clásico LAMP [4] en su variación LEMP (Linux, Nginx, MySQL y PHP) y el prometedor MEAN [5] (MySQL, Express.js, Angular y Node.js). La elección de MySQL en detrimento de MongoDB en el stack MEAN se explicará en los próximos apartados del trabajo actual.



2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El principal objetivo de este estudio es realizar un análisis comparativo de los stacks tecnológicos LEMP y MEAN, orientados al desarrollo de dos tipos de aplicaciones web: una API REST y un cliente web que ofrezca un interfaz gráfica de usuario (GUI) para trabajar con las operaciones expuestas por la API. Los resultados obtenidos servirán a desarrolladores y empresas en el momento de decidir qué tecnologías usar en la implementación de sus proyectos TI. Es importante señalar que en ningún momento se pretende afirmar cual de los dos stacks tecnológicos es mejor. Como se verá a lo largo del presente trabajo, cada uno de ellos y las herramientas que los conforman tienen sus fortalezas y debilidades, y su elección dependerá más de las características del proyecto a desarrollar.

El objetivo secundario es aprovechar el estudio de las tecnologías mencionadas para mejorar mis habilidades y destrezas como ingeniero del software. Actualmente desempeño el rol de analista/desarrollador fullstack, trabajando en backend con PHP y Zend Framework, y en frontend con jQuery y Bootstrap. Mi objetivo personal es aprender un nuevo framework PHP, conocer todas las ventajas que ofrece el stack MEAN y comprobar de primera mano el potencial de Angular como herramienta frontend.

Finalmente, cabe destacar que aunque un stack MEAN está limitado a ciertas tecnologías (con pequeñas variaciones, por ejemplo el tipo de base de datos utilizada), en el stack LEMP no es así. En el nivel “P” se puede utilizar los lenguajes PHP, Python o Perl, con sus respectivas librerías y frameworks. Hay decenas de opciones.

Por ello, otro de los objetivos de este estudio es verificar el estado del arte en el desarrollo de aplicaciones web en general, y la disponibilidad de herramientas PHP en particular. Se utilizó como referencia el proyecto *Roadmap to becoming a web developer in 2018* [6].



3. TECNOLOGÍA UTILIZADA

Como se indicó en el punto anterior, para los elementos de los stacks LEMP y MEAN en los que se puede elegir entre diversas opciones se ha tenido en cuenta las recomendadas en el proyecto *Roadmap to becoming a web developer in 2018*. Por otro lado también se ha tenido en cuenta qué tecnologías se suelen utilizar en entornos reales de producción en lo que respecta a sistemas operativos y contenedores de ejecución.

En primer lugar, se ha decidido utilizar Docker como sistema para desplegar las aplicaciones desarrolladas. Con Docker podemos crear imágenes que contengan todo el código de nuestra aplicación y el entorno necesario para ejecutarla. De esta forma nos aseguramos que los contenedores creados a partir de dichas imágenes se ejecutan siempre correctamente, independientemente de la plataforma donde realicemos el despliegue.

En segundo lugar se ha decidido utilizar Linux como sistema operativo base de todos los contenedores necesarios para crear el sistema completo: base de datos + API REST + cliente web. Las distribuciones Linux seleccionadas han sido Alpine y Debian Stretch Slim, por ser de las más ligeras a la vez que ofrecen lo necesario para ejecutar aplicaciones PHP y Node.js, y ser capaces de correr servidores web y de base de datos.

Respecto al stack LEMP, se ha optado por lo siguiente:

- **L:** Linux Alpine como sistema operativo.
- **E:** Nginx como servidor web HTTP.
- **M:** MySQL como sistema gestor de base de datos.
- **P:** lenguaje PHP versión 7.2, con el microframework **Lumen** para el desarrollo de la API REST y el framework **Laravel** para el desarrollo del cliente web.

Respecto al stack MEAN, tenemos lo siguiente:

- **M:** MySQL como sistema gestor de base de datos, en detrimento de MongoDB. La causa se explica en el punto 4.3. del presente trabajo.
- **E:** framework **Express.js**, que se utilizará para crear la API REST.
- **A:** framework **Angular**, que se utilizará para crear el cliente web.
- **N:** plataforma Node.js, que se utilizará como entorno de ejecución de la API REST.



3.1. Docker

Docker es un software de virtualización que se utiliza para empaquetar aplicaciones y sus entornos de ejecución en elementos independientes llamados contenedores, los cuales se pueden desplegar y ejecutar en cualquier sistema operativo que soporte esta tecnología.

La principal ventaja de utilizarlo es que una vez tenemos definido todas las dependencias de nuestra aplicación y las hemos empaquetado junto al código fuente de la misma en un contenedor Docker, podemos ejecutar dicho contenedor en el entorno que queramos (desarrollo, testing, producción, etc.) y siempre estaremos seguros que el comportamiento y los resultados obtenidos son los esperados. Por otro lado, los contenedores Docker son mucho más ligeros que las máquinas virtuales tradicionales, lo que permite crearlos y destruirlos dinámicamente en poco tiempo, acelerando de esta forma los desarrollos y despliegues.

Otra ventaja de ser más ligeros que las máquinas virtuales es que permite crear muchas más instancias (contenedores) en el mismo servidor, por lo que podemos prestar un mejor servicio sin necesidad de invertir en mejoras hardware. En entornos cloud, el uso de Docker y sistemas de orquestación de contenedores como Docker Swarm o Kubernetes son algunos de los pilares básicos para prestar servicios bajo demanda, ya que permiten escalar horizontalmente un sistema completo en muy poco tiempo.

Por último cabe destacar que actualmente Docker es un proyecto de código abierto (Community Edition), con una gran comunidad de usuarios y apoyo del sector TI. La compañía que lo distribuye (Docker Inc.) también tiene una versión de pago (Enterprise Edition), orientada al uso en entornos empresariales y por equipos de TI que desarrollan y ejecutan aplicaciones críticas.

3.2. Distribuciones Linux

3.2.1. Alpine

Alpine es una distribución de Linux de propósito general, no comercial y orientada al uso en sistemas en los que la seguridad, simplicidad y eficiencia de recursos sea lo más importante.

Su principal característica es que es una de las distribuciones GNU/Linux más ligeras. Por ejemplo, un contenedor Docker no requiere más de 8 MB para incluirla, y una instalación tradicional requiere alrededor de 130 MB de almacenamiento en disco. Además dispone de su propio repositorio y gestor de paquetes (apk), todos ellos optimizados para ser lo más ligeros e independientes posibles.

Por último, cuenta con diversas medidas de seguridad proactiva para prevenir la ejecución de muchas clases de exploits del tipo zero-day y otras vulnerabilidades conocidas.

La última versión publicada de Alpine es la 3.8.0.



3.2.2. Debian Stretch Slim

Debian es una de las distribuciones Linux más importantes de la historia de la informática. Fue creada por Ian Murdock, quien publicó la versión 0.01 en el año 1993. Junto a este software también nació la comunidad Debian, que es una de las que más ha impulsado el desarrollo de proyectos open source. Por otro lado, esta distribución es de las más utilizadas en entornos de producción, además de servir como base para más de un centenar de distribuciones derivadas.

La última versión estable de Debian es conocida como Stretch, que fue publicada el 17 de junio de 2017. Stretch Slim es su versión ligera, que únicamente contiene los paquetes necesarios para iniciar el sistema operativo.

3.3. Nginx

Nginx es un software de código abierto que actúa principalmente como servidor web HTTP, aunque también suele ser utilizado como proxy inverso, caché HTTP y balanceador de carga. Es famoso por su alto rendimiento, estabilidad, amplio conjunto de funciones, configuración simple y bajo consumo de recursos.

Para conseguir utilizar poca cantidad de memoria y a la vez ofrecer un alto nivel de concurrencia, Nginx aplica un enfoque asíncrono basado en eventos, donde las solicitudes se manejan en un solo hilo (proceso maestro). Cada uno de estos hilos puede manejar múltiples procesos de trabajo, que son los encargados de realizar el procesamiento real de las peticiones. De esta forma se logra que cada petición se ejecute de forma concurrente, sin bloquear otras solicitudes. Por esta razón, gran parte de los sitios web con alto tráfico como Dropbox, Netflix y Airbnb, lo utilizan.

Nginx fue creado por Igor Sysoev, quien publicó la primera versión del software en octubre de 2004. Actualmente se encuentra en la versión 1.15.3.

3.4. MySQL

Es un sistema gestor de bases de datos relacionales (SGBDR) basado en el lenguaje SQL. Fue creado por la empresa MySQL AB y publicada por primera vez en el año 1995. Actualmente el dueño de MySQL es Oracle, quien lo distribuye bajo distintas versiones: Community Edition (gratuita), Standard Edition, Enterprise Edition y Cluster Carrier Grade Edition (todas de pago).

Entre sus características más destacadas tenemos las siguientes:

- Compatible con una gran cantidad de plataformas y sistemas operativos.
- Soporta transacciones y claves foráneas.
- Conectividad segura.
- Replicación.
- Dispone de múltiples motores de almacenamiento: MyISAM, InnoDB, BDB, etc.



MySQL es una de las bases de datos relacionales más usadas, sobre todo en sistemas web, ya que forma parte del stack tecnológico LAMP.

3.5. Lenguajes de Programación

3.5.1. PHP

Es un lenguaje de código abierto especialmente adecuado para el desarrollo web, ya que puede ser incrustado en páginas HTML. PHP se ejecuta en el lado del servidor, y al ser un lenguaje interpretado, hace uso de un módulo interprete (por ejemplo Zend Engine) para procesar las instrucciones indicadas y generar la página web que se servirá.

Aunque principalmente está enfocado al desarrollo de scripts en sistemas web, también puede ser ejecutado desde línea de comandos (con el PHP CLI), o usado para la creación de aplicaciones de escritorio (utilizando la extensión PHP-GTK).

Entre sus características más destacadas tenemos las siguientes:

- Soporta distintos paradigmas de programación: imperativa, orientada a objetos, funcional, combinación de todos los anteriores, etc.
- Dispone de cientos de extensiones para ampliar su funcionalidad: caché, funciones matemáticas, tratamiento de imágenes, tratamiento de XML y JSON, conexión con bases de datos, etc.
- Es uno de los lenguajes en el lado del servidor más utilizados. Por ello dispone de una gran comunidad de usuarios y múltiples herramientas para el desarrollo (librerías, frameworks, etc.).

Actualmente PHP se encuentra en la versión 7.2.9.

3.5.2. JavaScript

Es un lenguaje de programación creado por Brendan Eich y publicado en el año 1995. Desde entonces se ha ido mejorando muchísimo hasta el punto de convertirse en un estándar web con el nombre de ECMAScript.

Hasta hace unos años, JavaScript estaba limitado a ejecutarse en el lado del cliente (navegador web), por lo que se usaba principalmente para añadir funcionalidades en el frontend de aplicaciones MVC. Actualmente, con la aparición de motores JavaScript que pueden procesar código en el lado del servidor (por ejemplo Google V8), es posible desarrollar el backend de aplicaciones web con este lenguaje, utilizando herramientas como Node.js.

La versión actual del estándar ECMAScript fue publicada en junio del 2015 y es conocida como ES6 Harmony.



3.5.3. TypeScript

Es un lenguaje de programación open source mantenido por Microsoft. Básicamente es una extensión de ES6 (ECMAScript v6), que añade las siguientes características:

- Tipado estático
- Soporte a anotaciones
- Interfaces
- Tipos enumerados
- Espacios de nombres

Al tratarse de una extensión de ES6, todo el código escrito en dicho lenguaje es compatible con TypeScript. Cada vez que queramos ejecutar nuestro código TypeScript, éste es previamente procesado y compilado a JavaScript.

Actualmente TypeScript se encuentra en la versión 3.0.3 y es utilizado en importantes proyectos software, por ejemplo el framework Angular.

3.6. Node.js

Node.js es un entorno de ejecución JavaScript. Utiliza el motor V8 de Google para compilar y ejecutar código fuente JavaScript. V8 puede correr en el lado del cliente (navegador Chrome) o en el lado del servidor, siendo compatible con la mayoría de sistemas operativos (Windows, Mac OS X, Linux, etc.).

Otra de las virtudes de V8 es que al estar implementado en C++, permite que otros módulos y programas desarrollados en dicho lenguaje puedan ser utilizados por JavaScript, logrando de esta forma ampliar el abanico de funcionalidades disponibles.

Node.js ha sido especialmente diseñado para construir programas de red escalables. En las arquitecturas web clásicas, se crea en el servidor un nuevo hilo de ejecución por cada conexión entrante. Esto causa que cuando se reciban muchas peticiones, el servidor se quede rápidamente sin memoria y capacidad de procesamiento. Node.js soluciona este problema utilizando un nuevo enfoque en el tratamiento de las conexiones:

- Utiliza un único hilo de ejecución.
- Por cada conexión nueva se lanza un evento en el hilo principal.
- Las peticiones son manejadas de manera no bloqueante, es decir, no se espera a que se realice el tratamiento completo de una petición para seguir con la siguiente, sino que puede manejar varias a la vez (conurrencia).

Actualmente Node.js se encuentra en la versión 10.10.0.



3.7. Lumen

Lumen es un micro-framework PHP construido con los componentes base del framework Laravel. Es uno de los micro-frameworks PHP más rápidos actualmente, capaz de manejar en torno a 1900 peticiones por segundo. Llega a superar en capacidad de procesamiento a otros frameworks como Silex o Slim 3.

Para lograr esa velocidad de trabajo, Lumen utiliza una arquitectura ligera que cuenta por defecto con una configuración mínima, suficiente para realizar las tareas básicas de una aplicación. Por ello está especialmente recomendado para el desarrollo de microservicios y APIs web.

Como la gran mayoría de framework, el objetivo principal de esta herramienta es facilitar al programador las tareas comunes utilizadas en la mayoría de proyectos web, como el enrutamiento, la abstracción de la base de datos, las colas, el almacenamiento en caché, etc. Además, al estar hecho con los componentes de Laravel, puede tener acceso a sus funcionalidades más útiles, como el ORM Eloquent, las validaciones, middlewares HTTP, el contenedor de servicios y muchos más.

Actualmente Lumen se encuentra en la versión 5.7.0.

3.8. Laravel

Laravel es un framework PHP diseñado para crear aplicaciones web grandes y robustas. La filosofía que siguen los creadores de esta herramienta es la siguiente: *los desarrolladores felices hacen el mejor código*. Por ello el framework utiliza una sintaxis expresiva y elegante, con el objetivo principal de ofrecer una experiencia de desarrollo agradable y creativa. Está fuertemente influenciado por otros frameworks, como Ruby on Rails, ASP.NET MVC y Sinatra.

Laravel es accesible, pero potente. Ofrece diversas herramientas para facilitar las tareas comunes que se utilizan en la mayoría de los proyectos web. Entre las más destacadas tenemos:

- Motor de enrutamiento simple y rápido.
- Potente contenedor de servicios para realizar inyección de dependencias.
- Múltiples métodos para el almacenamiento de sesiones y trabajo en caché.
- Eloquent, un ORM de base de datos expresivo e intuitivo.
- Migraciones de esquemas de bases de datos independientes del SGBD utilizado.
- Procesamiento robusto de tareas en segundo plano.
- Transmisión de eventos en tiempo real.
- Motor de plantillas Blade.

Actualmente Laravel es el framework PHP más popular [7]. La última versión publicada de esta herramienta es la 5.7.0.



3.9. Express.js

Express es un micro-framework JavaScript que está implementado sobre la plataforma Node.js. Proporciona, entre otras cosas, un conjunto de funcionalidades para crear aplicaciones web y móviles.

Está especialmente diseñado para crear APIs robustas de manera rápida y sencilla, ya que pone a disposición de los desarrolladores una gran cantidad de métodos, utilidades y middlewares HTTP.

Al tratarse de un framework muy ligero que simplemente proporciona una capa de funcionalidades web a Node.js sin ocultar sus otras características, muchos otros frameworks JavaScript lo utilizan como base, por ejemplo LoopBack, Sails y MEAN.

Entre sus características más destacadas tenemos:

- Sistema de enrutamiento robusto.
- Enfocado en proporcionar un alto rendimiento.
- Gran soporte a pruebas.
- Multitud de HTTP helpers, como redireccionamiento, caché, etc.
- Compatible con más de 14 motores de plantilla.
- Se encarga automáticamente de la negociación de contenido.
- Capaz de generar aplicaciones funcionales rápidamente.

Actualmente Express se encuentra en la versión 4.16.3.

3.10. Angular

Angular es una plataforma de desarrollo para crear aplicaciones web móviles y de escritorio utilizando principalmente TypeScript y JavaScript, y otros lenguajes frontend como HTML y CSS.

Entre sus características principales tenemos:

- Orientado al desarrollo de productos multiplataforma:
 - Aplicaciones web progresivas: compatibilidad total con las capacidades de las plataformas web modernas para ofrecer experiencias similares a aplicaciones nativas.
 - Aplicaciones nativas: puede combinarse con herramientas como Cordova o Ionic para crear aplicaciones móviles nativas.
 - Aplicaciones de escritorio: puede combinarse con herramientas como Electron para crear aplicaciones con la capacidad de instalarse en el sistema operativo, obteniendo de esta forma acceso a APIs de bajo nivel.
- Ofrece una gran velocidad y rendimiento:
 - Generación de código optimizada: Angular convierte los componentes y módulos desarrollados en código que está altamente optimizado para las máquinas virtuales de JavaScript.
 - Capacidad de renderizado en el lado del servidor: puede trabajar con sistemas que utilizan Node.js, .NET, PHP, etc. en el lado del servidor para renderizar el HTML y



- CSS que se enviará al cliente. De esta forma se puede optimizar el SEO de la aplicación creada.
- Lazy load de componentes: capacidad de crear aplicaciones que solo carguen el código requerido para procesar la vista que se solicita.
- Diversas herramientas para aumentar la productividad:
 - Plantillas: se pueden crear rápidamente interfaces de usuario muy complejas, utilizando para ello una sintaxis declarativa propia que se aplica directamente en el HTML.
 - Angular CLI: herramienta que se utiliza desde línea de comandos para agregar componentes, módulos, pruebas, etc.
 - IDEs: buena integración con los IDEs de desarrollo más populares.
- Compatible con herramientas de testing como Karma y Protractor para aplicar desarrollo orientado a pruebas (TDD).
- Potente API para la creación de animaciones.
- Gran soporte de accesibilidad, ya que ofrece diversos componentes ARIA totalmente funcionales.

El proyecto Angular es de código abierto pero mantenido por Google. La última versión publicada de esta herramienta es la 6.1.7.



4. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS Y DISEÑO

4.1. Descripción general

4.1.1. Alcance

La aplicación web a desarrollar será un sistema multiusuario, con acceso previa autenticación y con una gestión de permisos basada en perfiles (administrador, instructor y usuario). El objetivo principal del producto será ofrecer un entorno de trabajo donde los instructores puedan definir exámenes que posteriormente los usuarios podrán realizar. Los instructores, usuarios y exámenes estarán relacionados entre sí por grupos de trabajo. El administrador será el encargado de gestionar el acceso de los instructores y usuarios a los distintos grupos de trabajo.

4.1.2. Personal involucrado

Nombre	Carlos Giovanni Molina Ronceros
Rol	Analista / Desarrollador / Gestor QA
Categoría profesional	Graduado en Ingeniería Informática
Responsabilidades	Jefe del proyecto
Información de contacto	giovanni.molina@edu.uah.es

Nombre	José Ramón Hilera González
Rol	Gestor QA / Consultor
Categoría profesional	Catedrático Universidad de Alcalá
Responsabilidades	Consultor
Información de contacto	jose.hilera@uah.es



4.1.3. Funcionalidad del producto

El sistema deberá cumplir las siguientes funcionalidades:

- **Acceso multiusuario:** será posible la conexión simultánea de usuarios, previa autenticación.
- **Gestión de permisos basada en perfiles:** cada perfil tendrá acceso de forma exclusiva a ciertas operaciones o secciones del sistema. Los perfiles serán: Administrador, Instructor y Usuario.
- **Gestión de exámenes:** los instructores podrán crear exámenes en los grupos de trabajo a los que tienen acceso. Los usuarios podrán realizar los exámenes disponibles en sus grupos de trabajo. Los administradores gestionarán el alta, baja y modificación de instructores y usuarios, y el acceso a los distintos grupos de trabajo existentes.

4.1.4. Características de los usuarios

Tipo de perfil	Administrador
Formación	Indiferente
Habilidades	Conocimiento medio en el uso de aplicaciones web
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar administradores • Gestionar instructores • Gestionar usuarios • Gestionar grupos de trabajo • Asignar instructores a grupos de trabajo • Asignar usuarios a grupos de trabajo

Tipo de perfil	Instructor
Formación	Indiferente
Habilidades	Conocimiento medio en el uso de aplicaciones web
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Ver detalles de sus grupos de trabajo • Ver instructores inscritos en sus grupos de trabajo • Ver usuarios inscritos en sus grupos de trabajo • Gestionar exámenes de sus grupos de trabajo • Ver resultados de los exámenes realizados



Tipo de perfil	Usuario
Formación	Indiferente
Habilidades	Conocimiento medio en el uso de aplicaciones web
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Ver detalles de sus grupos de trabajo • Ver instructores inscritos en sus grupos de trabajo • Ver usuarios inscritos en sus grupos de trabajo • Ver exámenes que tiene pendientes • Ver exámenes realizados y su resultado • Realizar examen

4.2. Especificación de requisitos

4.2.1. Requisitos funcionales perfil Administrador

Número de requisito	RF0001
Nombre de requisito	Gestión de administradores
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>Se deberá poder realizar las siguientes operaciones con los usuarios que tengan el perfil Administrador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los usuarios con el perfil Administrador. • Crear usuario con el perfil Administrador. • Ver los detalles de un usuario con el perfil Administrador. • Modificar los datos de un usuario con el perfil Administrador. • Eliminar un usuario con el perfil Administrador.

Número de requisito	RF0002
Nombre de requisito	Gestión de instructores
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional



Descripción	<p>Se deberá poder realizar las siguientes operaciones con los usuarios que tengan el perfil Instructor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los usuarios con el perfil Instructor. • Crear usuario con el perfil Instructor. • Ver los detalles de un usuario con el perfil Instructor. • Modificar los datos de un usuario con el perfil Instructor. • Eliminar un usuario con el perfil Instructor. • Inscribir usuario con perfil Instructor en los grupos de trabajo existentes.
--------------------	---

Número de requisito	RF0003
Nombre de requisito	Gestión de usuarios
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>Se deberá poder realizar las siguientes operaciones con los usuarios que tengan el perfil Usuario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los usuarios con el perfil Usuario. • Crear usuario con el perfil Usuario. • Ver los detalles de un usuario con el perfil Usuario. • Modificar los datos de un usuario con el perfil Usuario. • Eliminar un usuario con el perfil Usuario. • Inscribir usuario con perfil Usuario en los grupos de trabajo existentes.

Número de requisito	RF0004
Nombre de requisito	Gestión de grupos de trabajo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>Se deberá poder realizar las siguientes operaciones con los grupos de trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los grupos de trabajo. • Crear un grupo de trabajo. • Ver los detalles de un grupo de trabajo.



	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar los datos de un grupo de trabajo. • Eliminar un grupo de trabajo. • Añadir usuarios con perfil Instructor a un grupo de trabajo. • Añadir usuarios con perfil Usuario a un grupo de trabajo.
--	---

4.2.2. Requisitos funcionales perfil Instructor

Número de requisito	RF0005
Nombre de requisito	Listado de grupos de trabajo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El usuario con perfil Instructor deberá poder ver un listado detallado de todos los grupos en los que está inscrito.

Número de requisito	RF0006
Nombre de requisito	Detalles del grupo de trabajo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>El usuario con perfil Instructor deberá poder ver los siguientes detalles de un grupo de trabajo en el que está inscrito:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos del grupo. • Listado de usuarios con perfil Instructor inscritos en el grupo. • Listado de usuarios con perfil Usuario inscritos en el grupo. • Listado de exámenes pertenecientes al grupo.

Número de requisito	RF0007
Nombre de requisito	Detalles de usuario por perfil
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El usuario con perfil Instructor deberá poder ver los detalles de cualquier usuario con perfil Instructor/Usuario que esté inscrito en



	alguno de sus grupos de trabajo.
--	----------------------------------

Número de requisito	RF0008
Nombre de requisito	Gestión de exámenes
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>El usuario con perfil Instructor deberá poder realizar las siguientes operaciones relacionadas con los exámenes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los exámenes disponibles. • Crear un examen. • Definir preguntas y respuestas para un examen • Ver los detalles de un examen. • Listar los usuarios con perfil Usuario que han realizado un examen. • Ver los detalles de la realización de un examen. • Modificar los datos de un examen. • Eliminar un examen.

4.2.3.Requisitos funcionales perfil Usuario

Número de requisito	RF0009
Nombre de requisito	Listado de grupos de trabajo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El usuario con perfil Usuario deberá poder ver un listado detallado de todos los grupos en los que está inscrito.

Número de requisito	RF0010
Nombre de requisito	Detalles del grupo de trabajo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional



Descripción	<p>El usuario con perfil Usuario deberá poder ver los siguientes detalles de un grupo de trabajo en el que está inscrito:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos del grupo. • Listado de usuarios con perfil Instructor inscritos en el grupo. • Listado de usuarios con perfil Usuario inscritos en el grupo. • Listado de exámenes, pertenecientes al grupo, pendientes de realizar. • Listado de exámenes, pertenecientes al grupo, realizados.
--------------------	---

Número de requisito	RF0011
Nombre de requisito	Detalles de usuario por perfil
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>El usuario con perfil Usuario deberá poder ver los detalles de cualquier usuario con perfil Instructor/Usuario que esté inscrito en alguno de sus grupos de trabajo.</p>

Número de requisito	RF0012
Nombre de requisito	Gestión de exámenes
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	<p>El usuario con perfil Usuario deberá poder realizar las siguientes operaciones relacionadas con los exámenes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listar todos los exámenes que tiene pendiente de realizar. • Listar todos los exámenes que ha realizado. • Realizar un examen. • Ver los resultados de la realización de un examen.



4.2.4. Otros requisitos funcionales

Número de requisito	RF0013
Nombre de requisito	Autenticación de usuarios
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El acceso a la aplicación deberá realizarse a través de un formulario de login, donde el usuario deberá indicar los siguientes datos: email, contraseña y perfil.

4.3. Análisis alto nivel

El objetivo principal del presente trabajo es realizar un análisis comparativo de los stacks tecnológicos LEMP y MEAN en lo que respecta a la implementación de aplicaciones web. Para llevar a cabo un estudio lo más justo posible se ha decidido respetar los siguientes principios:

- Los sistemas a implementar con ambos stacks deberán compartir la misma base de datos, ya que deseamos que la información expuesta por ellos sea idéntica. Además, no sería correcto comparar en velocidad de lectura/escritura una base de datos relacional (MySQL del stack LEMP) con una no-relacional (MongoDB del stack MEAN). En este caso, atendiendo a los requisitos funcionales del proyecto, se ha decidido utilizar la base de datos relacional.
- En cada sistema deberán existir dos capas:
 - Capa 1 – API: aplicación que se encargará de realizar operaciones CRUD en la base de datos.
 - Capa 2 – APP: aplicación donde residirá la interfaz gráfica con la que trabajarán los usuarios finales. Se conectará con la API para leer o persistir datos.
- Las capas del mismo nivel deberán ser intercambiables de un sistema a otro. Por ejemplo, el cliente web del stack LAMP podrá trabajar con la API del stack MEAN y viceversa.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se propone el siguiente diagrama de arquitectura global.

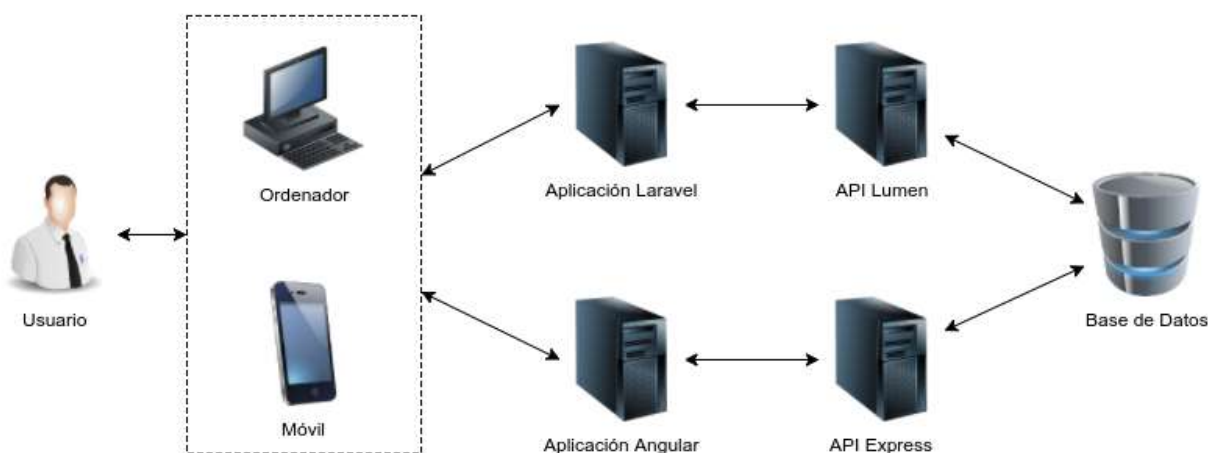


Ilustración 1 - Arquitectura Global

A continuación describimos cada uno de los elementos de nuestro diagrama de arquitectura:

- **Usuario:** persona que interactuará con los sistemas haciendo uso de algún dispositivo electrónico con conexión a Internet.
- **Dispositivos electrónicos:** aparatos que disponen de un navegador web y que usarán los usuarios para acceder a las aplicaciones.
- **Aplicación Laravel:** capa 2 del sistema con stack LEMP. Se implementará con el framework Laravel.



- **API Lumen:** capa 1 del sistema con stack LEMP. Se implementará con el framework Lumen.
- **Aplicación Angular:** capa 2 del sistema con stack MEAN. Se implementará con el framework Angular.
- **Aplicación Express:** capa 1 del sistema con stack MEAN. Se implementará con el framework Express.
- **Base de datos:** servidor donde almacenaremos los datos de las aplicaciones.

4.4. Diseño del sistema

En el punto anterior definimos como serían los sistemas a implementar, pero desde un punto de vista muy general. En este apartado se describirá al detalle la arquitectura que tendrá cada componente de dichos sistemas.

Teniendo en cuenta que deseamos crear aplicaciones que en un futuro se puedan desplegar en entornos reales de producción, se decidió diseñar un sistema global con el siguiente diagrama de componentes.

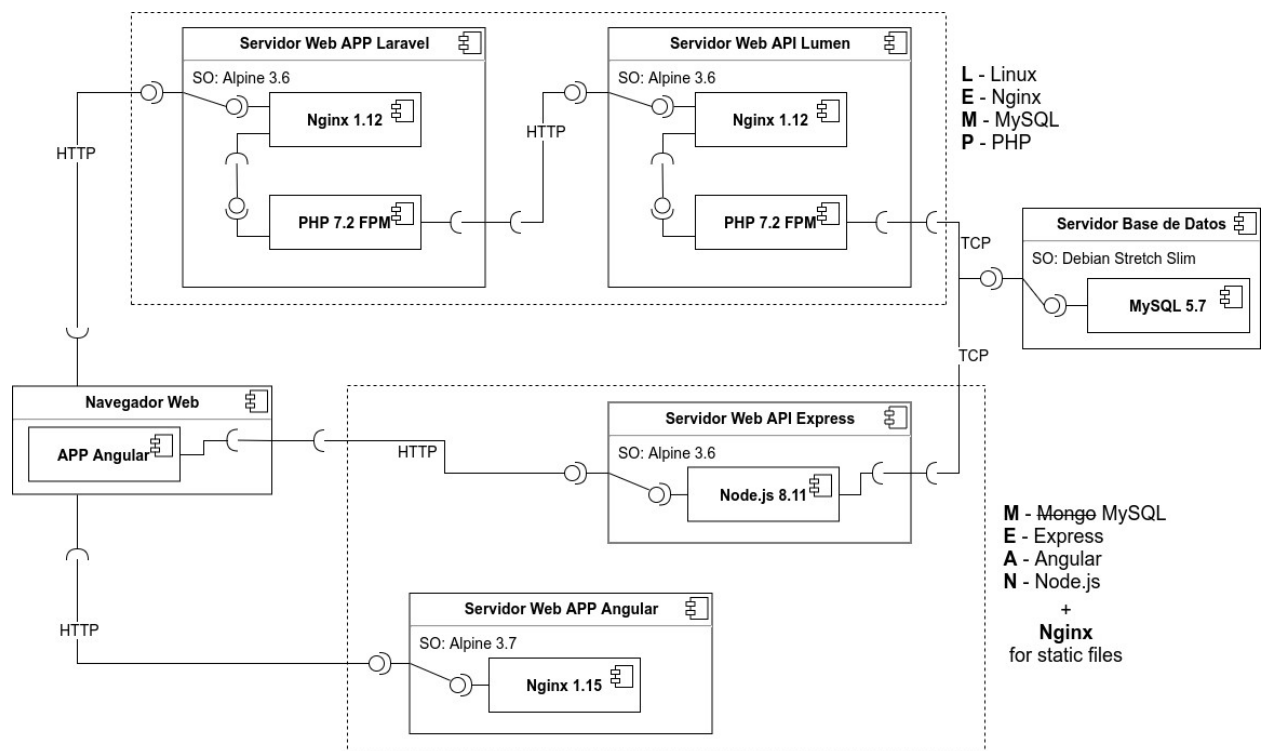


Ilustración 2 - Diagrama de Componentes

A continuación se detallan cada uno de los componentes:

- **Servidor Base de Datos:** máquina/contenedor con sistema operativo Debian Stretch Slim donde estará ejecutándose el sistema gestor de base de datos MySQL versión 5.7.



- **Servidor Web API Lumen:** máquina/contenedor con sistema operativo Alpine 3.6 que tendrá los siguientes subcomponentes:
 - **PHP 7.2 FPM:** servicio que se encargará de interpretar el código PHP de la API desarrollada con el framework Lumen. Si es necesario, se conectará al servidor de base de datos.
 - **Nginx 1.12:** servidor web que se encargará de gestionar las peticiones HTTP. Interactuará con el servicio de PHP FPM mediante un socket TCP/IP.
- **Servidor Web APP Laravel:** máquina/contenedor con sistema operativo Alpine 3.6 que tendrá los siguientes subcomponentes:
 - **PHP 7.2 FPM:** servicio que se encargará de interpretar el código PHP de la GUI desarrollada con el framework Laravel. Si es necesario, se conectará mediante CURL al servidor web con la API Lumen.
 - **Nginx 1.12:** servidor web que se encargará de gestionar las peticiones HTTP. Interactuará con el servicio de PHP FPM mediante un socket TCP/IP.
- **Servidor Web API Express:** máquina/contenedor con sistema operativo Alpine 3.6 donde estará ejecutándose sobre Node.js v8.11 la API desarrollada con el framework Express. Node.js se encargará de realizar las conexiones con el servidor de base de datos como de gestionar las peticiones HTTP.
- **Servidor Web APP Angular:** máquina/contenedor con sistema operativo Alpine 3.7 donde estará ejecutándose el servidor web Nginx 1.15. Éste se encargará de servir la GUI desarrollada con el framework Angular, ya que se trata de archivos JavaScript estáticos que se ejecutarán en el navegador web del usuario.
- **Navegador Web:** es el navegador web utilizado por el usuario para trabajar con los sistemas desarrollados. Dependiendo de a cuál de ellos acceda, la operativa será la siguiente:
 - Sistema con stack LEMP:
 - Se realiza petición desde el navegador al Servidor Web APP Laravel.
 - APP Laravel se conecta al Servidor Web API Lumen para solicitar datos.
 - API Lumen se conecta al Servidor de Base de Datos para obtener los datos.
 - Los datos son enviados por el Servidor de Base de Datos.
 - API Lumen procesa los datos, los formatea y responde a APP Laravel.
 - APP Laravel genera el GUI con los datos recibidos y responde al navegador con HTML.
 - El navegador recibe el HTML, lo renderiza y lo muestra al usuario.
 - A partir de este punto, si se requiere acceder a otra página de la aplicación, se tiene que repetir el ciclo completo.
 - Sistema con stack MEAN:
 - Se realiza petición desde el navegador al Servidor Web APP Angular.
 - El servidor Web APP Angular envía al navegador el código JavaScript de la APP Angular.
 - El navegador recibe la APP Angular y la ejecuta. Ya se muestra parte del GUI.
 - APP Angular hace petición AJAX al Servidor Web API Express para obtener datos.



- API Express se conecta al Servidor de Base de Datos para obtener los datos.
- Los datos son enviados por el Servidor de Base de Datos.
- API Express procesa los datos, los formatea y responde a APP Angular.
- APP Angular recibe los datos y genera la parte restante del GUI.
- A partir de este punto, si se requiere acceder a otra página de la aplicación, el navegador ya no se vuelve a conectar al Servidor Web APP Angular, ya que se trabaja directamente con llamadas asíncronas al Servidor Web API Express.



4.5. Diseño de base de datos

Siguiendo las indicaciones de los requisitos funcionales de la aplicación, se diseñó una base de datos con el siguiente modelo E-R (Entidad-Relación):

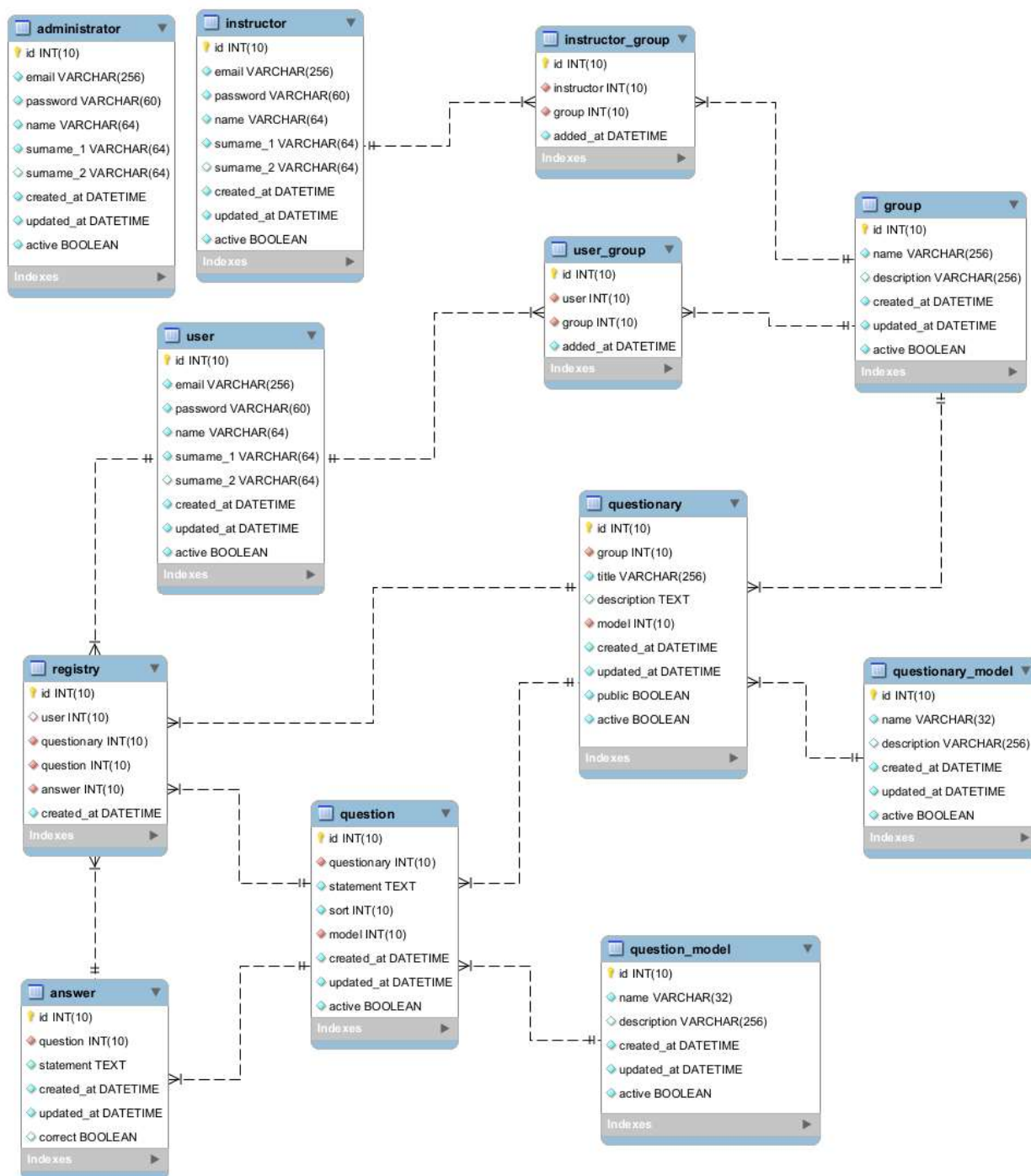


Ilustración 3 - Modelo E/R

4.6. Manual de usuario

4.6.1. Acceso público

4.6.1.1. Login

En esta página el usuario podrá identificarse para acceder a la aplicación. Si las credenciales y el perfil son válidos, se le redirigirá a la página de panel de su perfil. En caso de error, se mostrará la causa del mismo.



Ilustración 4 - Login

4.6.2. Perfil Administrador

4.6.2.1. Panel

Esta es la página de inicio del perfil Administrador. En la parte superior izquierda tenemos el nombre de la aplicación y en la parte superior derecha tenemos la información del administrador que ha iniciado sesión. Si hace clic sobre su nombre se mostrará una sección con un botón para poder cerrar sesión.

La sección de color azul oscuro situada en la parte izquierda es el menú de navegación. Desde ella el administrador podrá acceder a las distintas páginas de la aplicación. El contenido de dichas páginas se mostrará en la parte central derecha.

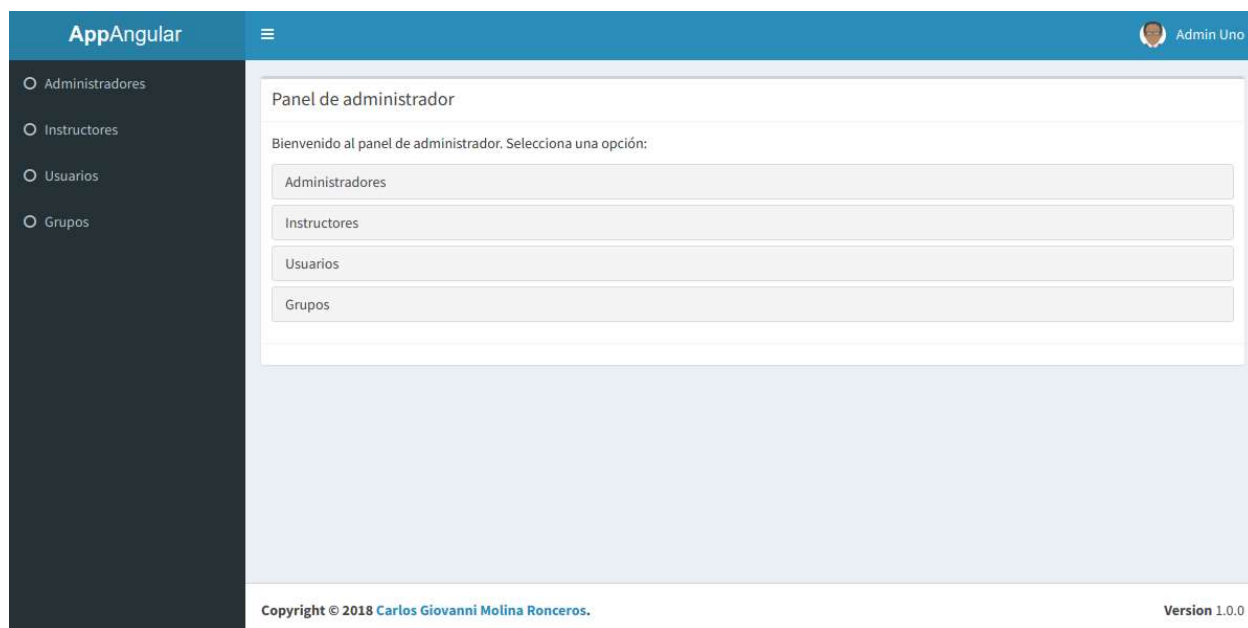


Ilustración 5 - Perfil administrador - Panel

4.6.2.2. Listado de administradores

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los administradores registrados en el sistema. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de crear administrador: clic en el botón “Crear”.
- Ir a la página de detalles de un administrador: clic en el botón de color amarillo correspondiente.
- Ir a la página de modificación de un administrador: clic en el botón de color verde correspondiente.
- Ir a la página de eliminación de un administrador: clic en el botón de color rojo correspondiente.




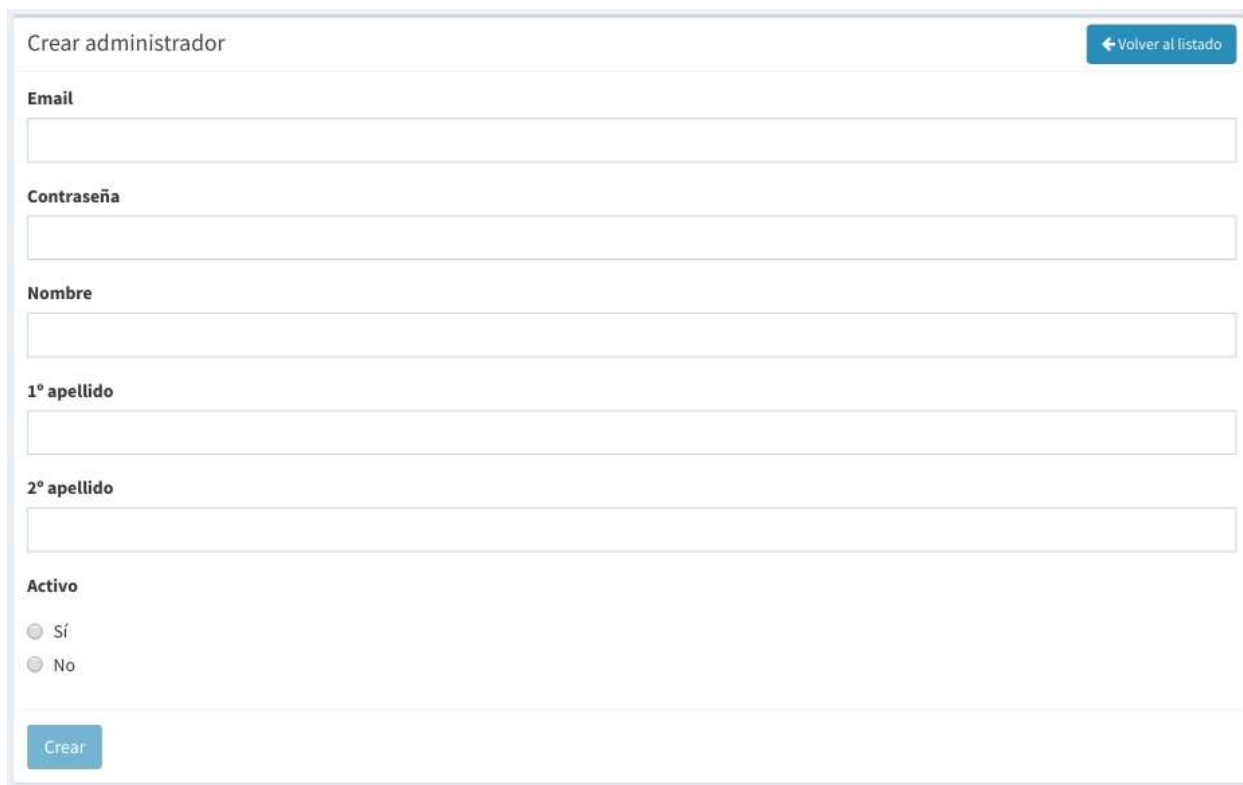
ID	Email	Nombre	1° apellido	2° apellido	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	administrator@tfm.com	Admin	Uno		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
2	administrator2@tfm.com	Admin	Dos		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
3	administrator3@tfm.com	Admin	Tres		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  

Ilustración 6 - Perfil administrador - Listado administradores

4.6.2.3. Crear administrador

Desde esta página se puede dar de alta un administrador. Para ello se debe completar el formulario correspondiente y hacer clic en el botón “Crear”. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Para volver al listado de administradores, se puede hacer clic en el botón “Volver al listado”.



Crear administrador

[← Volver al listado](#)

Email

Contraseña

Nombre

1º apellido

2º apellido

Activo

☐ Sí

☐ No

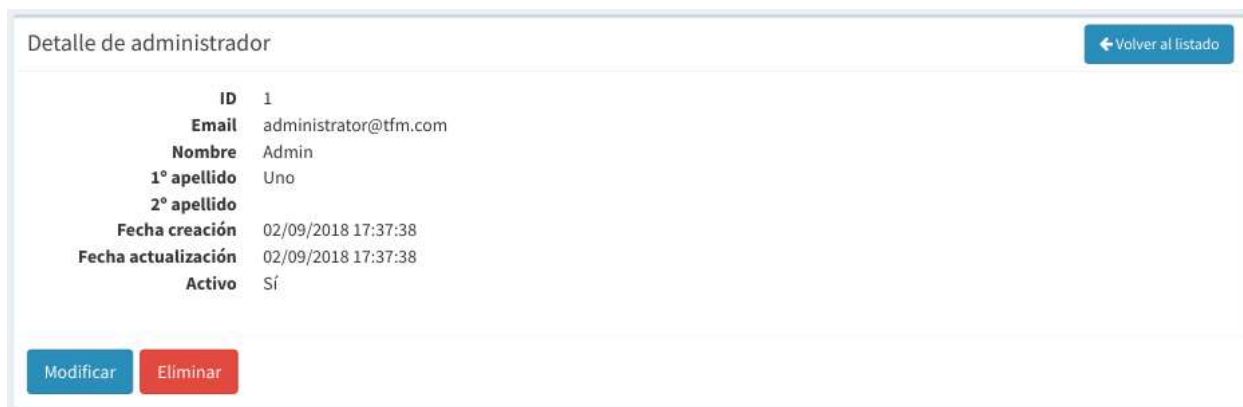
[Crear](#)

Ilustración 7 - Perfil administrador - Crear administrador

4.6.2.4. Detalles administrador

En esta página se muestran todos los datos del administrador. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de administradores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de modificación de administrador: clic en el botón “Modificar”.
- Ir a la página de confirmación de eliminación de administrador: clic en el botón “Eliminar”.



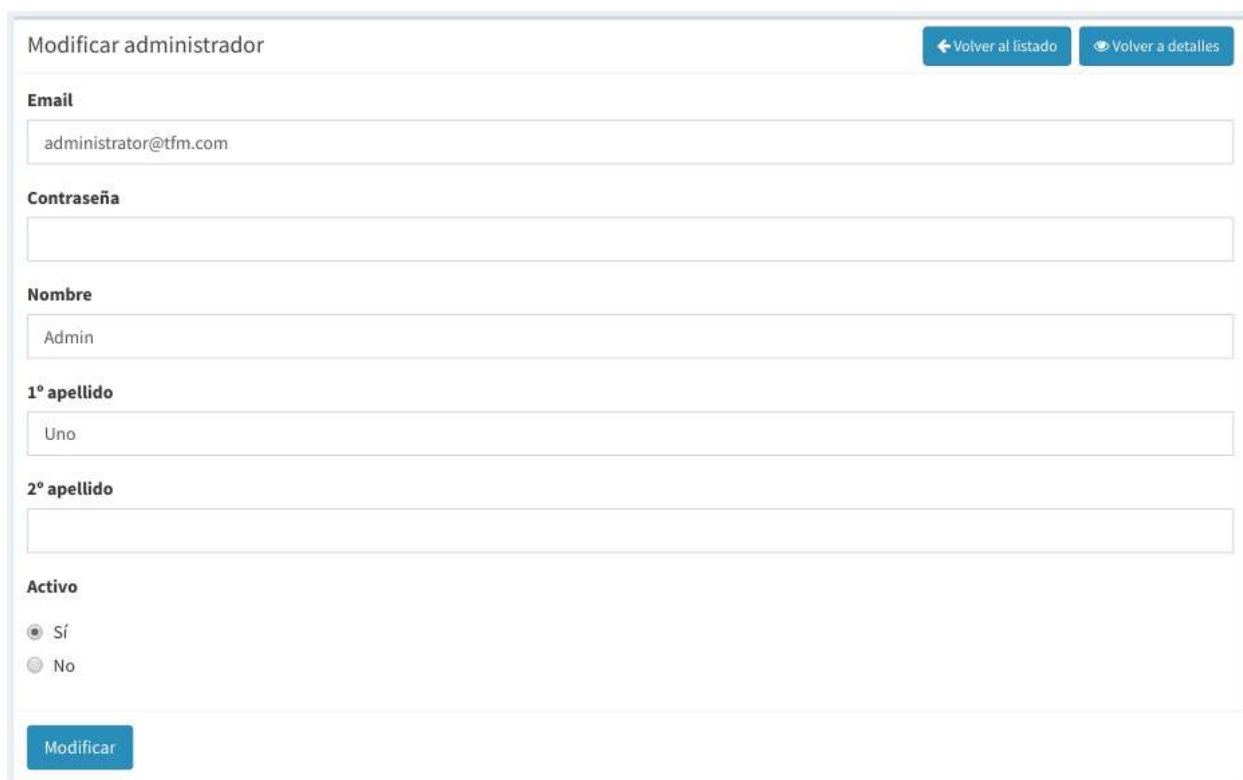
Detalle de administrador		← Volver al listado
ID	1	
Email	administrator@tfm.com	
Nombre	Admin	
1º apellido	Uno	
2º apellido		
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38	
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38	
Activo	Sí	
Modificar Eliminar		

Ilustración 8 - Perfil administrador - Detalles administrador

4.6.2.5. Modificación administrador

Desde esta página se puede modificar los datos de un administrador. Para ello se debe editar los campos deseados del formulario y hacer clic en el botón “Modificar” para confirmar la operación. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de administradores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del administrador: clic en el botón “Volver a detalles”.



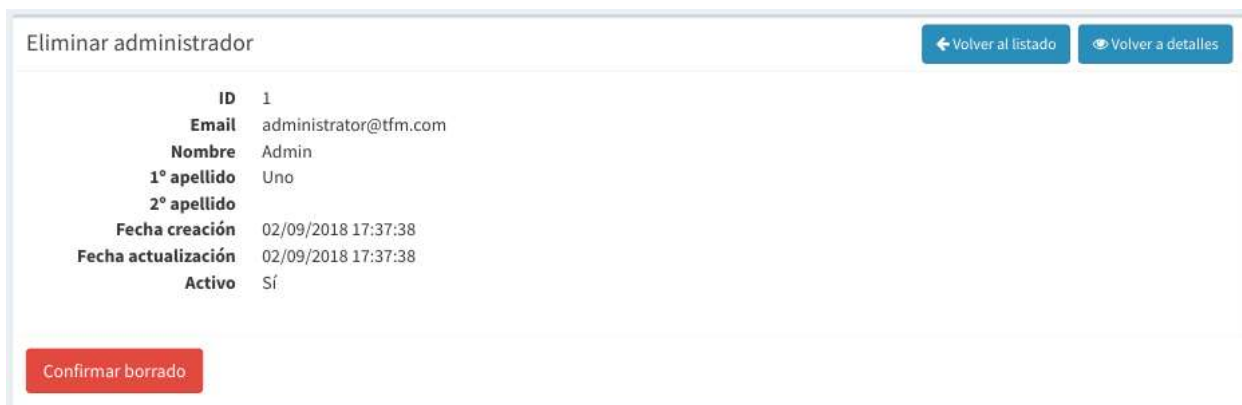
Modificar administrador		← Volver al listado	👁 Volver a detalles
Email	<input type="text" value="administrator@tfm.com"/>		
Contraseña	<input type="password"/>		
Nombre	<input type="text" value="Admin"/>		
1º apellido	<input type="text" value="Uno"/>		
2º apellido	<input type="text"/>		
Activo	<input checked="" type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No		
Modificar			

Ilustración 9 - Perfil administrador - Modificar administrador

4.6.2.6. Eliminación administrador

Desde esta página se puede confirmar la eliminación de un administrador. Para ello se debe hacer clic en el botón “Confirmar borrado”. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de administradores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del administrador: clic en el botón “Volver a detalles”.



Eliminar administrador

ID 1
Email administrator@tfm.com
Nombre Admin
1º apellido Uno
2º apellido
Fecha creación 02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización 02/09/2018 17:37:38
Activo Sí

Confirmar borrado

[← Volver al listado](#)
[👁 Volver a detalles](#)

Ilustración 10 - Perfil administrador - Eliminar administrador

4.6.2.7. Listado de instructores

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los instructores registrados en el sistema. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de crear instructor: clic en el botón “Crear”.
- Ir a la página de detalles de un instructor: clic en el botón de color amarillo correspondiente.
- Ir a la página de modificación de un instructor: clic en el botón de color verde correspondiente.
- Ir a la página de eliminación de un instructor: clic en el botón de color rojo correspondiente.



Listado de instructores [+ Crear](#)

ID	Email	Nombre	1º apellido	2º apellido	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	instructor@tfm.com	Instructor	Uno		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
2	instructor2@tfm.com	Instructor	Dos		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
3	instructor3@tfm.com	Instructor	Tres		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  

Ilustración 11 - Perfil administrador - Listado instructores

4.6.2.8. Crear instructor

Desde esta página se puede dar de alta un instructor. Para ello se debe completar el formulario correspondiente y hacer clic en el botón “Crear”. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Para volver al listado de instructores, se puede hacer clic en el botón “Volver al listado”.



The screenshot shows a web form titled "Crear instructor". In the top right corner, there is a blue button with a left-pointing arrow and the text "Volver al listado". The form contains several input fields: "Email", "Contraseña", "Nombre", "1º apellido", and "2º apellido". Below these fields is a section labeled "Activo" with two radio buttons: "Sí" and "No". At the bottom left of the form is a blue button labeled "Crear".

Ilustración 12 - Perfil administrador - Crear instructor

4.6.2.9. Detalles instructor

En esta página se muestran todos los datos del instructor. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de instructores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de modificación de instructor: clic en el botón “Modificar”.
- Ir a la página de inscripción de instructor en grupos: clic en el botón “Inscribir en grupos”.
- Ir a la página de confirmación de eliminación de instructor: clic en el botón “Eliminar”.



Detalle de instructor		← Volver al listado
ID	1	
Email	instructor@tfm.com	
Nombre	Instructor	
1º apellido	Uno	
2º apellido		
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38	
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38	
Activo	Sí	
Grupos	Grupo Uno Grupo Dos Grupo Tres	
Modificar Inscribir en grupos Eliminar		

Ilustración 13 - Perfil administrador - Detalles instructor

4.6.2.10. Modificación instructor

Desde esta página se puede modificar los datos de un instructor. Para ello se debe editar los campos deseados del formulario y hacer clic en el botón “Modificar” para confirmar la operación. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de instructores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del instructor: clic en el botón “Volver a detalles”.

Modificar instructor		← Volver al listado	👁 Volver a detalles
Email	<input type="text" value="instructor@tfm.com"/>		
Contraseña	<input type="password"/>		
Nombre	<input type="text" value="Instructor"/>		
1º apellido	<input type="text" value="Uno"/>		
2º apellido	<input type="text"/>		
Activo	<input checked="" type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No		
Modificar			

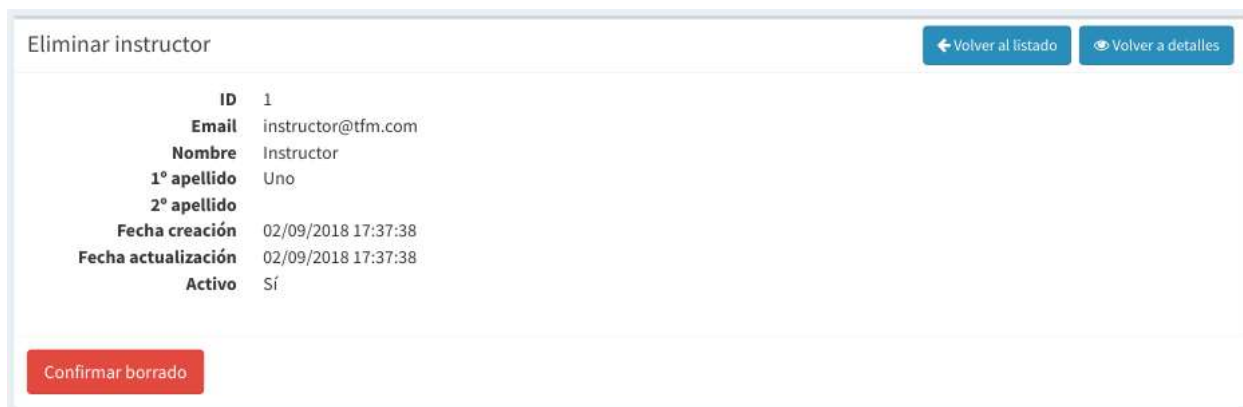
Ilustración 14 - Perfil administrador - Modificar instructor

4.6.2.11. Eliminación instructor

Desde esta página se puede confirmar la eliminación de un instructor. Para ello se debe hacer clic en el botón “Confirmar borrado”. Otras operaciones disponibles:

Ir al listado de instructores: clic en el botón “Volver al listado”.

Ir a la página de detalles del instructor: clic en el botón “Volver a detalles”.



Eliminar instructor	
ID	1
Email	instructor@tfm.com
Nombre	Instructor
1° apellido	Uno
2° apellido	
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Activo	Sí

[Volver al listado](#) [Volver a detalles](#)

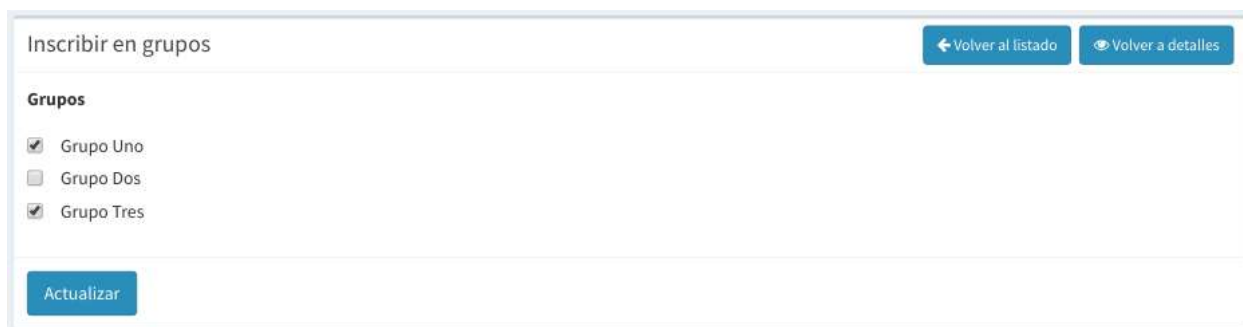
[Confirmar borrado](#)

Ilustración 15 - Perfil administrador - Eliminar instructor

4.6.2.12. Inscribir instructor en grupos

En esta página se pueden asignar los grupos a los que tiene acceso el instructor. Para ello se debe marcar el check correspondiente del grupo y hacer clic en el botón “Actualizar” para confirmar los cambios. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de instructores: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del instructor: clic en el botón “Volver a detalles”.



Inscribir en grupos	
<p>Grupos</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Grupo Uno</p> <p><input type="checkbox"/> Grupo Dos</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Grupo Tres</p>	

[Volver al listado](#) [Volver a detalles](#)

[Actualizar](#)

Ilustración 16 - Perfil administrador - Inscribir instructor en grupos

4.6.2.13. Listado de usuarios

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los usuarios registrados en el sistema. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de crear usuario: clic en el botón “Crear”.
- Ir a la página de detalles de un usuario: clic en el botón de color amarillo correspondiente.



- Ir a la página de modificación de un usuario: clic en el botón de color verde correspondiente.
- Ir a la página de eliminación de un usuario: clic en el botón de color rojo correspondiente.



ID	Email	Nombre	1º apellido	2º apellido	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	user@tfm.com	Usuario	Uno		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
2	user2@tfm.com	Usuario	Dos		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
3	user3@tfm.com	Usuario	Tres		02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  

Ilustración 17 - Perfil administrador - Listado usuarios

4.6.2.14. Crear usuario

Desde esta página se puede dar de alta un usuario. Para ello se debe completar el formulario correspondiente y hacer clic en el botón “Crear”. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Para volver al listado de usuarios, se puede hacer clic en el botón “Volver al listado”.

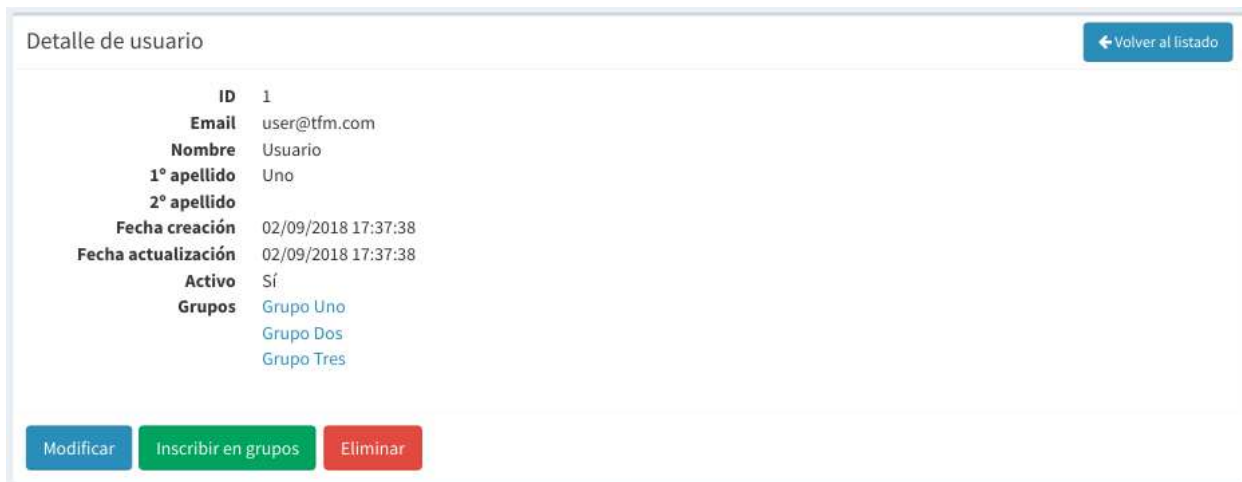
Crear usuario	← Volver al listado
Email	
<input type="text"/>	
Contraseña	
<input type="text"/>	
Nombre	
<input type="text"/>	
1º apellido	
<input type="text"/>	
2º apellido	
<input type="text"/>	
Activo	
<input checked="" type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
<input type="button" value="Crear"/>	

Ilustración 18 - Perfil administrador - Crear usuario

4.6.2.15. Detalles usuario

En esta página se muestran todos los datos del usuario. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de usuarios: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de modificación de usuario: clic en el botón “Modificar”.
- Ir a la página de inscripción de usuario en grupos: clic en el botón “Inscribir en grupos”.
- Ir a la página de confirmación de eliminación de usuario: clic en el botón “Eliminar”.



The screenshot shows a web form titled "Detalle de usuario". In the top right corner, there is a blue button labeled "Volver al listado". The form contains the following fields and values:

ID	1
Email	user@tfm.com
Nombre	Usuario
1° apellido	Uno
2° apellido	
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Activo	Sí
Grupos	Grupo Uno Grupo Dos Grupo Tres

At the bottom of the form, there are three buttons: "Modificar" (blue), "Inscribir en grupos" (green), and "Eliminar" (red).

Ilustración 19 - Perfil administrador - Detalles usuario

4.6.2.16. Modificación usuario

Desde esta página se puede modificar los datos de un usuario. Para ello se debe editar los campos deseados del formulario y hacer clic en el botón “Modificar” para confirmar la operación. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de usuarios: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del usuario: clic en el botón “Volver a detalles”.



The screenshot shows a web form titled "Modificar usuario". At the top right, there are two buttons: "Volver al listado" and "Volver a detalles". The form contains several input fields: "Email" with the value "user@tfm.com", "Contraseña" (empty), "Nombre" with the value "Usuario", "1º apellido" with the value "Uno", and "2º apellido" (empty). Below these is a section for "Activo" with two radio buttons: "Sí" (selected) and "No". At the bottom left is a blue "Modificar" button.

Ilustración 20 - Perfil administrador - Modificar usuario

4.6.2.17. Eliminación usuario

Desde esta página se puede confirmar la eliminación de un usuario. Para ello se debe hacer clic en el botón "Confirmar borrado". Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de usuarios: clic en el botón "Volver al listado".
- Ir a la página de detalles del usuario: clic en el botón "Volver a detalles".

The screenshot shows a web form titled "Eliminar usuario". At the top right, there are two buttons: "Volver al listado" and "Volver a detalles". The form displays user details in a table-like structure: ID 1, Email user@tfm.com, Nombre Usuario, 1º apellido Uno, 2º apellido (empty), Fecha creación 02/09/2018 17:37:38, Fecha actualización 02/09/2018 17:37:38, and Activo Sí. At the bottom left is a red "Confirmar borrado" button.

Ilustración 21 - Perfil administrador - Eliminar usuario

4.6.2.18. Inscribir usuario en grupos

En esta página se pueden asignar los grupos a los que tiene acceso el usuario. Para ello se debe marcar el check correspondiente del grupo y hacer clic en el botón “Actualizar” para confirmar los cambios. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de usuarios: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del usuario: clic en el botón “Volver a detalles”.

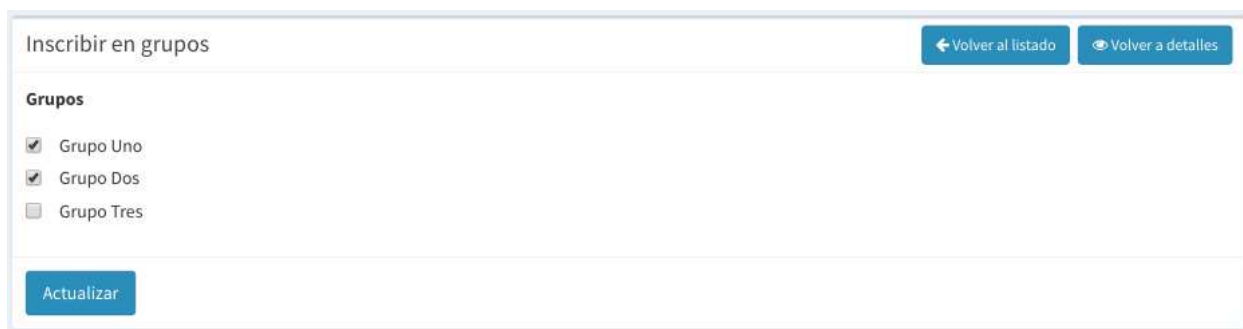
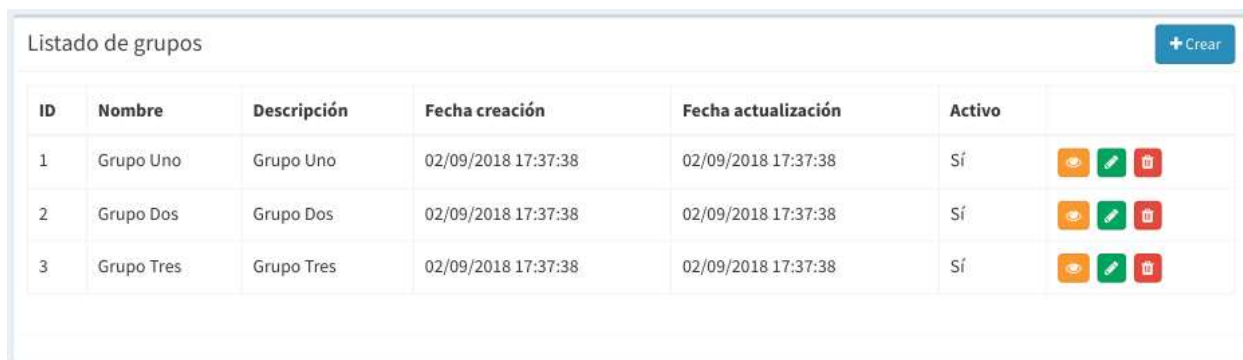


Ilustración 22 - Perfil administrador - Inscribir usuario en grupos

4.6.2.19. Listado de grupos

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los grupos creados en el sistema. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de crear grupo: clic en el botón “Crear”.
- Ir a la página de detalles de un grupo: clic en el botón de color amarillo correspondiente.
- Ir a la página de modificación de un grupo: clic en el botón de color verde correspondiente.
- Ir a la página de eliminación de un grupo: clic en el botón de color rojo correspondiente.






ID	Nombre	Descripción	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	Grupo Uno	Grupo Uno	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
2	Grupo Dos	Grupo Dos	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  
3	Grupo Tres	Grupo Tres	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	  

Ilustración 23 - Perfil administrador - Listado grupos

4.6.2.20. Crear grupo

Desde esta página se puede dar de alta un grupo. Para ello se debe completar el formulario correspondiente y hacer clic en el botón “Crear”. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Para volver al listado de grupos, se puede hacer clic en el botón “Volver al listado”.



Ilustración 24 - Perfil administrador - Crear grupo

4.6.2.21. Detalles grupo

En esta página se muestran todos los datos del grupo. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de modificación de grupo: clic en el botón “Modificar”.
- Ir a la página de inscribir instructores en el grupo: clic en el botón “Inscribir instructores”.
- Ir a la página de inscribir usuarios en el grupo: clic en el botón “Inscribir usuarios”.
- Ir a la página de confirmación de eliminación de grupo: clic en el botón “Eliminar”.

Ilustración 25 - Perfil administrador - Detalles grupo

4.6.2.22. Modificación grupo

Desde esta página se puede modificar los datos de un grupo. Para ello se debe editar los campos deseados del formulario y hacer clic en el botón “Modificar” para confirmar la operación. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Otras operaciones disponibles:



- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del grupo: clic en el botón “Volver a detalles”.

Ilustración 26 - Perfil administrador - Modificar grupo

4.6.2.23. Eliminación grupo

Desde esta página se puede confirmar la eliminación de un grupo. Para ello se debe hacer clic en el botón “Confirmar borrado”. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del grupo: clic en el botón “Volver a detalles”.

Ilustración 27 - Perfil administrador - Eliminar grupo

4.6.2.24. Inscribir instructores en grupo

En esta página se pueden asignar los instructores que tienen acceso al grupo. Para ello se debe marcar el check correspondiente del instructor y hacer clic en el botón “Actualizar” para confirmar los cambios. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del grupo: clic en el botón “Volver a detalles”.

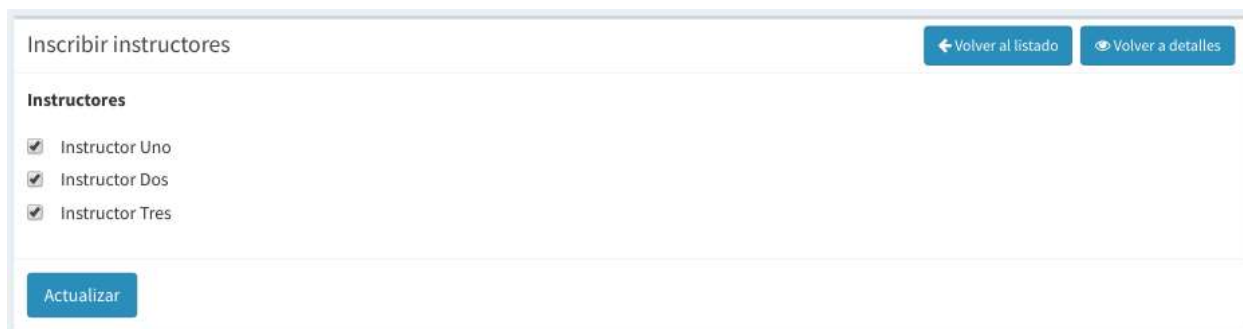


Ilustración 28 - Perfil administrador - Inscribir instructores en grupo

4.6.2.25. Inscribir usuarios en grupo

En esta página se pueden asignar los usuarios que tienen acceso al grupo. Para ello se debe marcar el check correspondiente del usuario y hacer clic en el botón “Actualizar” para confirmar los cambios. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del grupo: clic en el botón “Volver a detalles”.

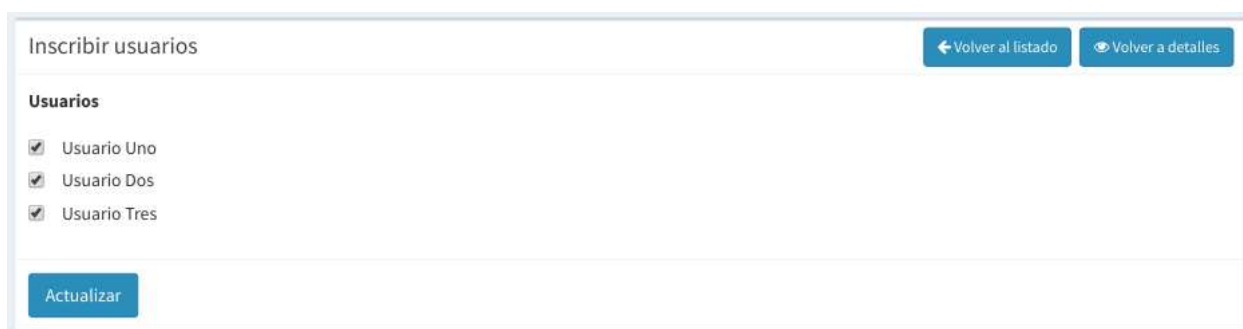


Ilustración 29 - Perfil administrador - Inscribir usuarios en grupo

4.6.3. Perfil Instructor

4.6.3.1. Panel

Esta es la página de inicio del perfil Instructor. En la parte superior izquierda tenemos el nombre de la aplicación y en la parte superior derecha tenemos la información del instructor que ha iniciado sesión. Si hace clic sobre su nombre se mostrará una sección con un botón para poder cerrar sesión.

La sección de color azul oscuro situada en la parte izquierda es el menú de navegación. Desde ella el instructor podrá acceder a las distintas páginas de la aplicación. El contenido de dichas páginas se mostrará en la parte central derecha.

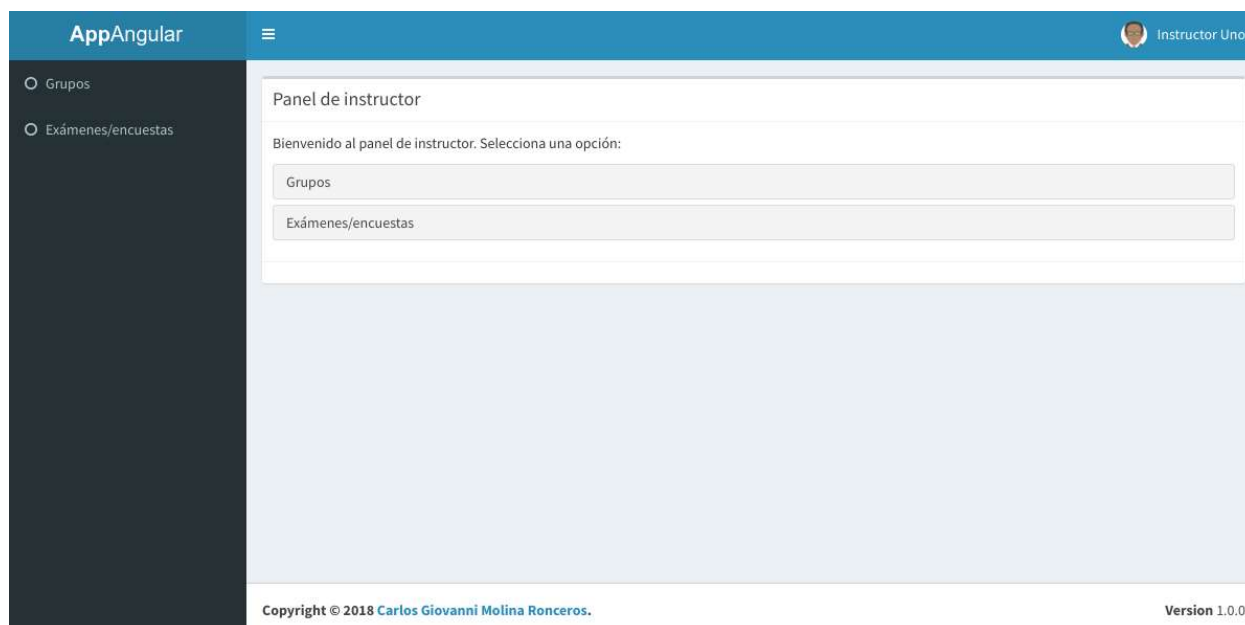


Ilustración 30 - Perfil instructor - Panel

4.6.3.2. Listado de grupos

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los grupos a los que tiene acceso el instructor. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

Ir a la página de detalles de un grupo: clic en el botón de color amarillo correspondiente.

ID	Nombre	Descripción	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	Grupo Uno	Grupo Uno	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	
2	Grupo Dos	Grupo Dos	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	
3	Grupo Tres	Grupo Tres	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	

Ilustración 31 - Perfil instructor - Listado grupos

4.6.3.3. Detalles grupo

En esta página se muestran todos los datos del grupo. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles de un instructor: clic en el enlace con el nombre del instructor.
- Ir a la página de detalles de un usuario: clic en el enlace con el nombre del usuario.
- Ir a la página de detalles de un examen: clic en el enlace con el nombre del examen.
- Ir a la página de crear examen: clic en el botón “Crear examen”.



Detalle de grupo

Volver al listado

Datos	Instructores inscritos	Usuarios inscritos	Exámenes/Encuestas disponibles
ID 1 Nombre Grupo Uno Descripción Grupo Uno Fecha creación 02/09/2018 17:37:38 Fecha actualización 02/09/2018 17:37:38 Activo Sí	Instructor Uno Instructor Dos Instructor Tres	Usuario Uno Usuario Dos Usuario Tres	Examen 1 - Grupo 1 Examen 2 - Grupo 1

Crear examen

Ilustración 32 - Perfil instructor - Detalles grupo

4.6.3.4. Detalles instructor

En esta página se muestran todos los datos de un instructor.

Detalle de instructor

ID	1
Email	instructor@tfm.com
Nombre	Instructor
1º apellido	Uno
2º apellido	
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Activo	Sí
Grupos	Grupo Uno Grupo Dos Grupo Tres

Ilustración 33 - Perfil instructor - Detalles instructor

4.6.3.5. Detalles usuario

En esta página se muestran todos los datos de un usuario.

Detalle de usuario									
Datos principales	Datos secundarios								
ID 1 Email user@tfm.com Nombre Usuario 1° apellido Uno 2° apellido Fecha creación 02/09/2018 17:37:38 Fecha actualización 02/09/2018 17:37:38 Activo Sí	<table> <tr> <th>Grupos a los que pertenece</th><th>Exámenes/encuestas realizados</th></tr> <tr> <td>Grupo Uno</td><td>Examen 1 - Grupo 1 Examen 2 - Grupo 1</td></tr> <tr> <td>Grupo Dos</td><td>Examen 1 - Grupo 2 Examen 2 - Grupo 2</td></tr> <tr> <td>Grupo Tres</td><td>Examen 1 - Grupo 3 Examen 2 - Grupo 3</td></tr> </table>	Grupos a los que pertenece	Exámenes/encuestas realizados	Grupo Uno	Examen 1 - Grupo 1 Examen 2 - Grupo 1	Grupo Dos	Examen 1 - Grupo 2 Examen 2 - Grupo 2	Grupo Tres	Examen 1 - Grupo 3 Examen 2 - Grupo 3
Grupos a los que pertenece	Exámenes/encuestas realizados								
Grupo Uno	Examen 1 - Grupo 1 Examen 2 - Grupo 1								
Grupo Dos	Examen 1 - Grupo 2 Examen 2 - Grupo 2								
Grupo Tres	Examen 1 - Grupo 3 Examen 2 - Grupo 3								

Ilustración 34 - Perfil instructor - Detalles usuario

4.6.3.6. Listado de exámenes

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los exámenes creados en el sistema para los grupos en los que está inscrito el instructor. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

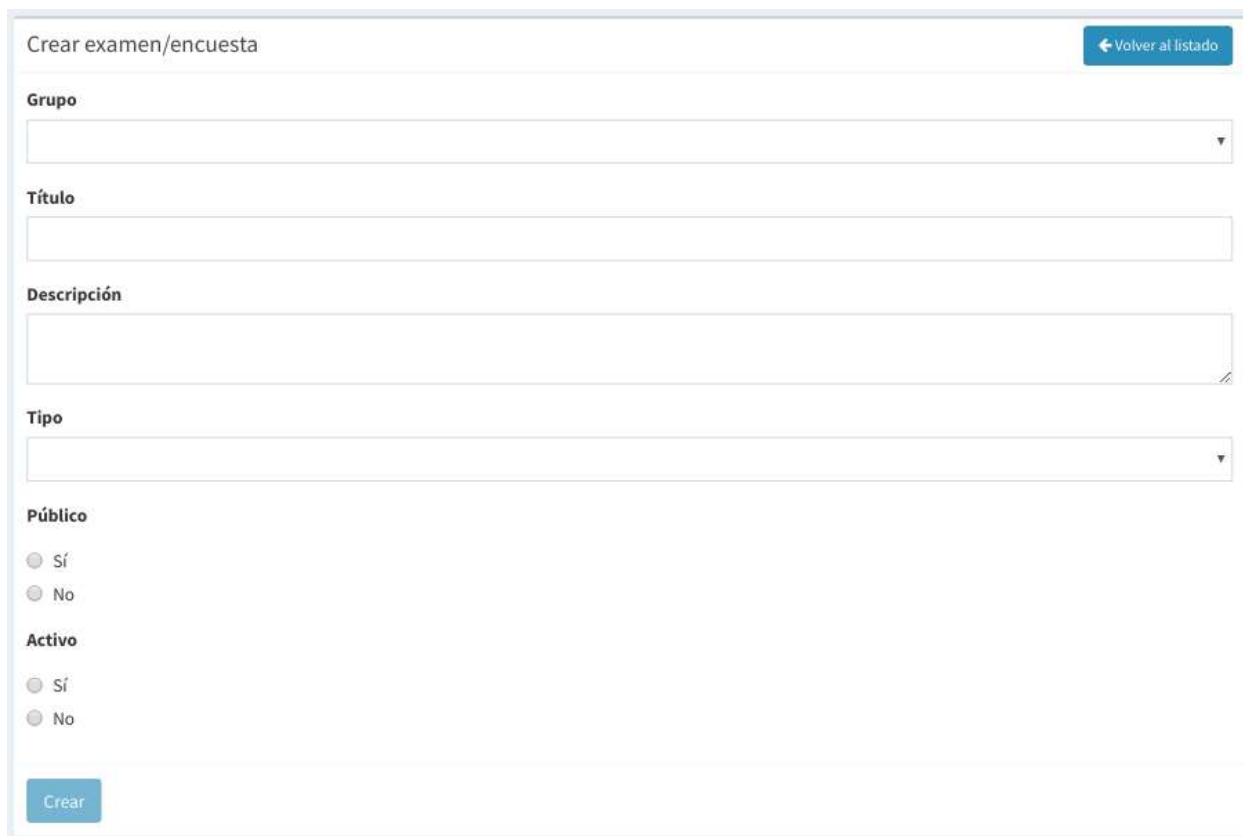
- Ir a la página de crear examen: clic en el botón “Crear”.
- Ir a la página de detalles de un examen: clic en el botón de color amarillo correspondiente.
- Ir a la página de modificación de un examen: clic en el botón de color verde correspondiente.
- Ir a la página de añadir preguntas a un examen: clic en el botón de color celeste correspondiente.
- Ir a la página de eliminación de un examen: clic en el botón de color rojo correspondiente.

Listado de exámenes/encuestas									
ID	Título	Descripción	Tipo	Grupo	Fecha creación	Fecha actualización	Público	Activo	
1	Examen 1 - Grupo 1	Examen 1 - Grupo 1	Examen	Grupo Uno	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   
2	Examen 2 - Grupo 1	Examen 2 - Grupo 1	Examen	Grupo Uno	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   
3	Examen 1 - Grupo 2	Examen 1 - Grupo 2	Examen	Grupo Dos	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   
4	Examen 2 - Grupo 2	Examen 2 - Grupo 2	Examen	Grupo Dos	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   
5	Examen 1 - Grupo 3	Examen 1 - Grupo 3	Examen	Grupo Tres	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   
6	Examen 2 - Grupo 3	Examen 2 - Grupo 3	Examen	Grupo Tres	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	No	Sí	   

Ilustración 35 - Perfil instructor - Listado exámenes

4.6.3.7. Crear examen

Desde esta página se puede dar de alta un examen. Para ello se debe completar el formulario correspondiente y hacer clic en el botón “Crear”. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Para volver al listado de exámenes, se puede hacer clic en el botón “Volver al listado”.



The screenshot shows a web form titled "Crear examen/encuesta". In the top right corner, there is a blue button labeled "Volver al listado". The form contains several input fields: "Grupo" (a dropdown menu), "Título" (a text field), "Descripción" (a larger text area), and "Tipo" (a dropdown menu). Below these fields are two sections of radio buttons. The first section is labeled "Público" and has two options: "Sí" and "No". The second section is labeled "Activo" and also has two options: "Sí" and "No". At the bottom left of the form, there is a blue button labeled "Crear".

Ilustración 36 - Perfil instructor - Crear examen

4.6.3.8. Detalles examen

En esta página se muestran todos los datos de un examen. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de exámenes: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de modificación de examen: clic en el botón “Modificar”.
- Ir a la página de añadir preguntas a un examen: clic en el botón “Añadir”.
- Ir a la página de confirmación de eliminación de examen: clic en el botón “Eliminar”.

Si el examen ya tiene preguntas creadas o usuarios que lo han realizado, se pueden realizar las siguientes operaciones extra:

- Ver preguntas y respuestas actuales: sección “Preguntas y respuestas”.
- Ir a la página de detalles de las respuestas registradas por un usuario para el examen actual: clic en el enlace con el nombre del usuario.

Examen/encuesta

Volver al listado

Detalles

ID	1
Grupo	Grupo Uno
Título	Examen 1 - Grupo 1
Descripción	Examen 1 - Grupo 1
Tipo	Examen
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Público	No
Activo	Sí

Modificar

Eliminar

Preguntas y respuestas

- ¿Es Tirana la capital de Albania?
 - Sí ✓
 - No
- ¿Es Berlín la capital de Alemania?
 - Sí ✓
 - No
- ¿Es Viena la capital de Austria?
 - Sí ✓
 - No

Usuarios que lo han realizado

Usuario Dos

Usuario Tres

Usuario Uno

Ilustración 37 - Perfil instructor - Detalles examen

4.6.3.9. Modificación examen

Desde esta página se puede modificar los datos de un examen. Para ello se debe editar los campos deseados del formulario y hacer clic en el botón “Modificar” para confirmar la operación. Si se produce algún error, se mostrará el mensaje detallado. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de exámenes: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del examen: clic en el botón “Volver a detalles”.

Modificar examen/encuesta

Volver al listado

Volver a detalles

Título

Examen 1 - Grupo 1

Descripción

Examen 1 - Grupo 1

Público

☐ Sí
 ☒ No

Activo

☒ Sí
 ☐ No

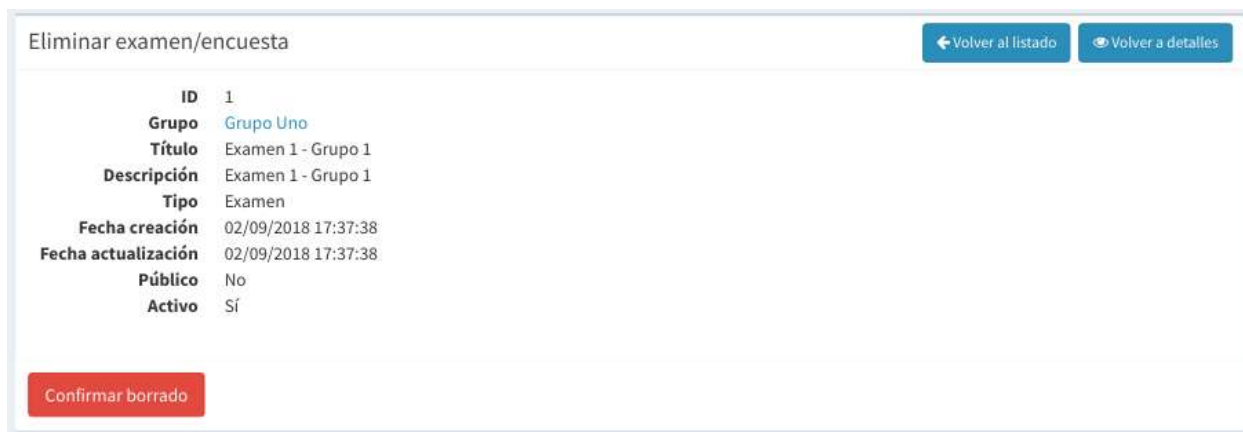
Modificar

Ilustración 38 - Perfil instructor - Modificar examen

4.6.3.10. Eliminación examen

Desde esta página se puede confirmar la eliminación de un examen. Para ello se debe hacer clic en el botón “Confirmar borrado”. Otras operaciones disponibles:

- Ir al listado de exámenes: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del examen: clic en el botón “Volver a detalles”.



Eliminar examen/encuesta	
ID	1
Grupo	Grupo Uno
Título	Examen 1 - Grupo 1
Descripción	Examen 1 - Grupo 1
Tipo	Examen
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Público	No
Activo	Sí

Confirmar borrado

Ilustración 39 - Perfil instructor - Eliminar examen

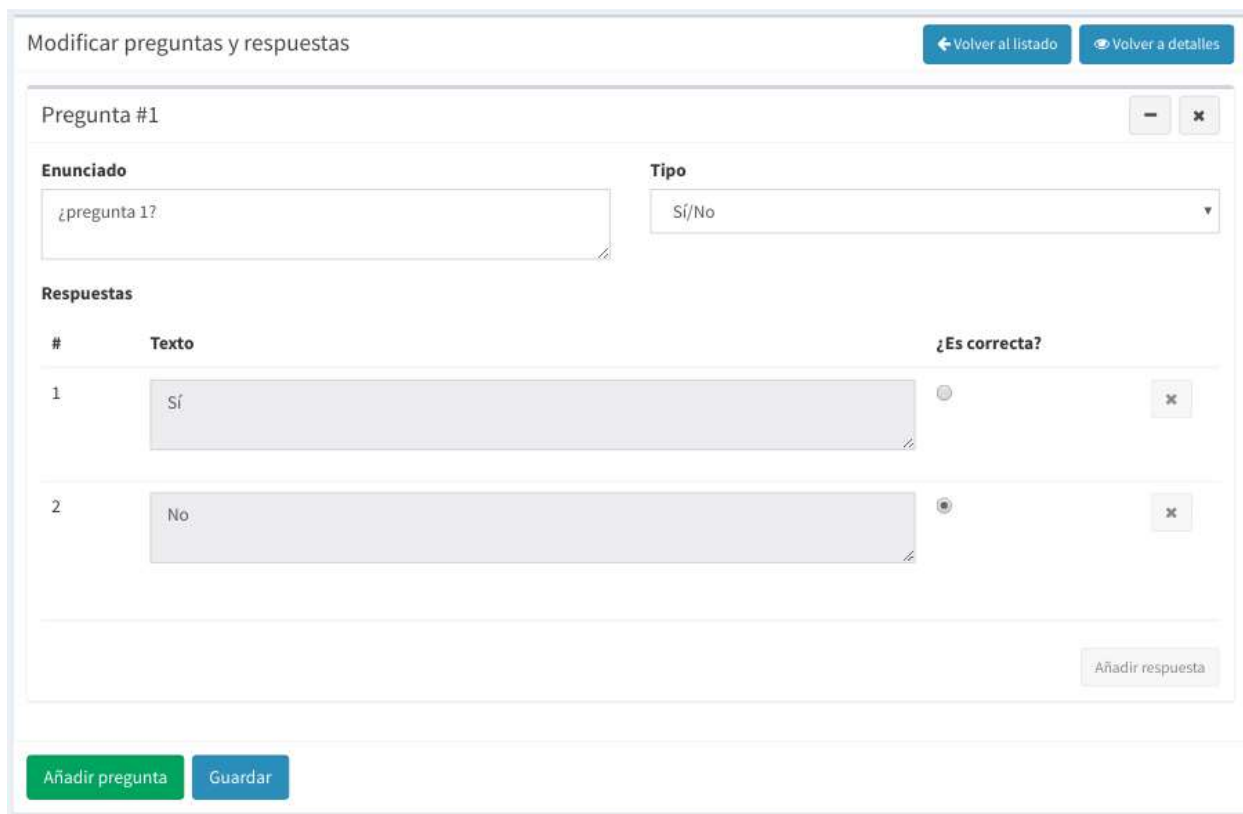
4.6.3.11. Añadir preguntas y respuestas a examen

En esta página se pueden definir todas las preguntas y respuestas que tendrá un examen. Es obligatorio que se defina por lo menos una pregunta por examen.

Para añadir más preguntas, se debe hacer clic en el botón “Añadir pregunta”. Las preguntas pueden ser del tipo Sí/No (2 respuestas predefinidas) y Test (2 a 4 respuestas personalizadas). Se debe indicar cuál es la respuesta correcta de cada pregunta. Para borrar una respuesta o una pregunta entera se debe utilizar el botón con aspa correspondiente. Para confirmar el guardado de las preguntas se debe hacer clic “Guardar”.

Finalmente existen algunas operaciones extra que se pueden hacer en esta página:

- Ir al listado de exámenes: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles del examen: clic en el botón “Volver a detalles”.



Modificar preguntas y respuestas

[← Volver al listado](#) [👁 Volver a detalles](#)

Pregunta #1

Enunciado

¿pregunta 1?

Tipo

Sí/No

Respuestas

#	Texto	¿Es correcta?
1	Sí	<input type="radio"/>
2	No	<input checked="" type="radio"/>

[Añadir respuesta](#)

[Añadir pregunta](#) [Guardar](#)

Ilustración 40 - Perfil instructor - Añadir preguntas y respuestas a examen

4.6.3.12. Detalles realización examen

En esta página se puede ver el resultado del examen realizado por algún usuario. Además se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de detalles del examen: clic en el botón “Volver a detalles examen”.
- Ir a la página de detalles del usuario: clic en el botón “Volver a detalles usuario”.

Detalles realización examen/encuesta

Volver a detalles examen
Volver a detalles usuario

Usuario

ID	2
Nombre	Usuario
1º apellido	Dos
2º apellido	

Examen/encuesta

ID	1
Grupo	Grupo Uno
Título	Examen 1 - Grupo 1
Descripción	Examen 1 - Grupo 1
Tipo	Examen

Resultado

1. ¿Es Tirana la capital de Albania?
1. Sí
2. No ✖

2. ¿Es Berlín la capital de Alemania?
1. Sí ✔
2. No

3. ¿Es Viena la capital de Austria?
1. Sí
2. No ✖

Fecha última respuesta guardada: 02/09/2018 17:37:39

Ilustración 41 - Perfil instructor - Detalles realización examen

4.6.4. Perfil Usuario

4.6.4.1. Panel

Esta es la página de inicio del perfil Usuario. En la parte superior izquierda tenemos el nombre de la aplicación y en la parte superior derecha tenemos la información del usuario que ha iniciado sesión. Si hace clic sobre su nombre se mostrará una sección con un botón para poder cerrar sesión.

La sección de color azul oscuro situada en la parte izquierda es el menú de navegación. Desde ella el usuario podrá acceder a las distintas páginas de la aplicación. El contenido de dichas páginas se mostrará en la parte central derecha.

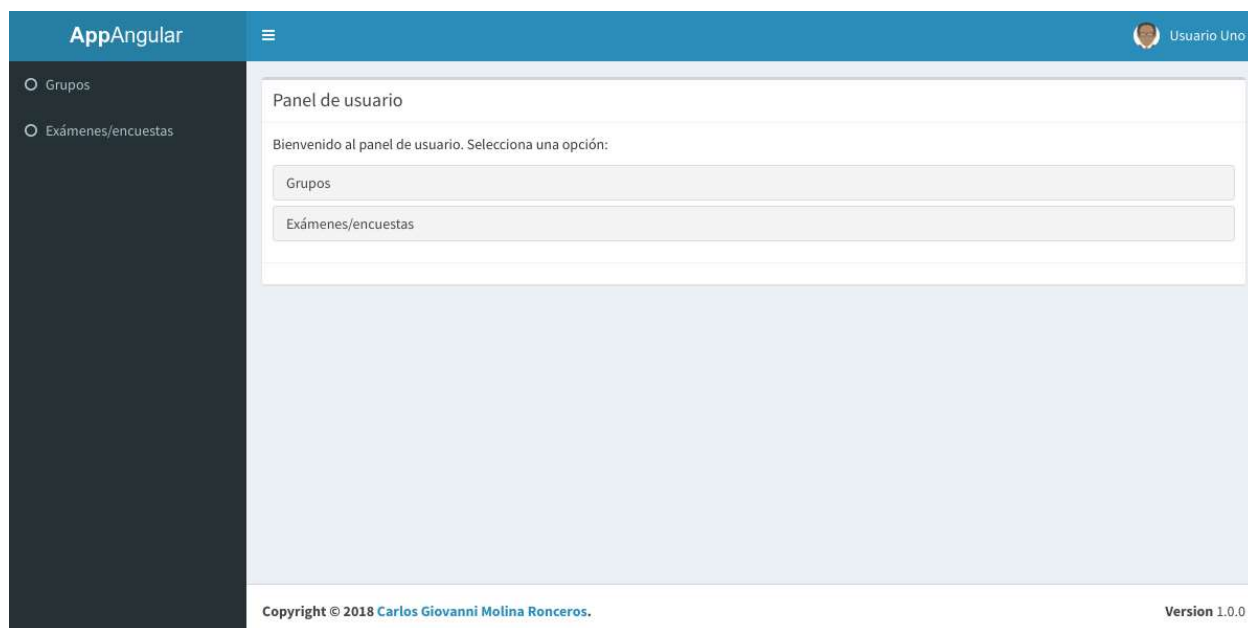


Ilustración 42 - Perfil usuario - Panel

4.6.4.2. Listado de grupos

Página donde se muestra el listado en formato tabla de todos los grupos a los que tiene acceso el usuario. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

Ir a la página de detalles de un grupo: clic en el botón de color amarillo correspondiente.

ID	Nombre	Descripción	Fecha creación	Fecha actualización	Activo	
1	Grupo Uno	Grupo Uno	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	
2	Grupo Dos	Grupo Dos	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	
3	Grupo Tres	Grupo Tres	02/09/2018 17:37:38	02/09/2018 17:37:38	Sí	

Ilustración 43 - Perfil usuario - Listado grupos

4.6.4.3. Detalles grupo

En esta página se muestran todos los datos del grupo. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de grupos: clic en el botón “Volver al listado”.
- Ir a la página de detalles de un instructor: clic en el enlace con el nombre del instructor.
- Ir a la página de detalles de un usuario: clic en el enlace con el nombre del usuario.
- Ir a la página de realización de examen: clic en el enlace con el nombre del examen en la sección “Exámenes pendientes”.



- Ir a la página de detalles de realización examen: clic en el enlace con el nombre del examen en la sección “Exámenes realizados”.

Detalle de grupo			
← Volver al listado			
Datos	Instructores inscritos	Usuarios inscritos	Exámenes/encuestas pendientes
ID 1 Nombre Grupo Uno Descripción Grupo Uno Fecha creación 02/09/2018 17:37:38 Fecha actualización 02/09/2018 17:37:38 Activo Sí	Instructor Uno Instructor Dos Instructor Tres	Usuario Uno Usuario Dos Usuario Tres	Examen 8 - Grupo 1
Exámenes/encuestas realizados			
Examen 1 - Grupo 1 Examen 2 - Grupo 1			

Ilustración 44 - Perfil usuario - Detalles grupo

4.6.4.4. Detalles instructor

En esta página se muestran todos los datos de un instructor.

Detalle de instructor	
ID	1
Email	instructor@tfm.com
Nombre	Instructor
1° apellido	Uno
2° apellido	
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Activo	Sí
Grupos	Grupo Uno Grupo Dos Grupo Tres

Ilustración 45 - Perfil usuario - Detalles instructor

4.6.4.5. Detalles usuario

En esta página se muestran todos los datos de un usuario.

Detalle de usuario	
ID	1
Email	user@tfm.com
Nombre	Usuario
1° apellido	Uno
2° apellido	
Fecha creación	02/09/2018 17:37:38
Fecha actualización	02/09/2018 17:37:38
Activo	Sí
Grupos	Grupo Uno Grupo Dos Grupo Tres

Ilustración 46 - Perfil usuario - Detalles usuario

4.6.4.6. Listado de exámenes

Página donde se muestran los listados en formato tabla de todos los exámenes que el usuario tiene pendiente de realizar y los que ha realizado ya. Se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir a la página de realización examen: clic en el botón verde correspondiente.
- Ir a la página de detalles de examen realizado: clic en el botón de color amarillo correspondiente.


Listado de exámenes/encuestas										
Exámenes/encuestas pendientes						Exámenes/encuestas realizados				
ID	Título	Descripción	Tipo	Grupo		ID	Título	Descripción	Tipo	Grupo
8	Examen 8 - Grupo 1	Examen 8 - Grupo 1	1	Grupo Uno		1	Examen 1 - Grupo 1	Examen 1 - Grupo 1	1	Grupo Uno
						2	Examen 2 - Grupo 1	Examen 2 - Grupo 1	1	Grupo Uno
						3	Examen 1 - Grupo 2	Examen 1 - Grupo 2	1	Grupo Dos

Ilustración 47 - Perfil usuario - Listado de exámenes

4.6.4.7. Realizar examen

En esta página el usuario puede registrar las respuesta de un examen que tiene pendiente realizar. Es obligatorio indicar una respuesta para cada examen. Para confirmar la realización del examen se debe hacer clic en el botón “Confirmar”.



Realizar examen/encuesta [← Volver al listado](#)

Detalles examen/encuesta +

Preguntas

- ¿Es Tirana la capital de Albania?
 - ☐ Sí
 - ☐ No
- ¿Es Berlín la capital de Alemania?
 - ☐ Sí
 - ☐ No
- ¿Es Viena la capital de Austria?
 - ☐ Sí
 - ☐ No

Confirmar

Ilustración 48 - Perfil usuario - Realizar examen

4.6.4.8. Detalles realización examen

En esta página se puede ver el resultado del examen realizado por el usuario. Además se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Ir al listado de exámenes: clic en el botón “Volver al listado”.

Detalles realización examen/encuesta [← Volver al listado](#)

Examen/encuesta

ID	1
Grupo	Grupo Uno
Título	Examen 1 - Grupo 1
Descripción	Examen 1 - Grupo 1
Tipo	Examen

Resultado

- ¿Es Tirana la capital de Albania?
 - Sí ☒
 - No ☐
- ¿Es Berlín la capital de Alemania?
 - Sí ☐
 - No ☒
- ¿Es Viena la capital de Austria?
 - Sí ☒
 - No ☐

Fecha última respuesta guardada: 02/09/2018 17:37:39

Ilustración 49 - Perfil usuario - Detalles realización examen



5. CRITERIOS DE COMPARACIÓN

5.1. Categoría A: Documentación disponible

5.1.1. Criterio A.1: Documentación oficial

Descripción: Indica si el framework dispone de documentación oficial creada por los desarrolladores de la herramienta.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.1.2. Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial

Descripción: Indica la calidad de la documentación oficial existente. Se tienen en cuenta aspectos como el volumen de información, explicación sobre el core y la arquitectura, ejemplos, etc.

Tipo de valor: cadena de texto (no computable, baja, media, alta).

5.1.3. Criterio A.3: Documentación no oficial

Descripción: Indica si el framework dispone de documentación no oficial creada por la comunidad de usuarios.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.1.4. Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial

Descripción: Indica la calidad de la documentación no oficial existente. Se tienen en cuenta aspectos como la cantidad de la información disponible, ejemplos prácticos, etc.

Tipo de valor: cadena de texto (no computable, baja, media, alta).

5.2. Categoría B: Comunidad de usuarios y desarrolladores

5.2.1. Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios

Descripción: Una gran comunidad de usuarios detrás de una tecnología significa que dicha tecnología goza de gran aceptación y popularidad, por lo que existirán más recursos disponibles para trabajar con ella. Se tienen en cuenta comunidad oficial y redes sociales.



Tipo de valor: cadena de texto (pequeña, mediana, grande).

5.2.2. Criterio B.2: Eventos organizados

Descripción: Indica si la comunidad o los desarrolladores de la herramienta organizan eventos para fomentar su uso, presentar nuevas funcionalidades, formar a los usuarios, etc. El valor se mide teniendo en cuenta que suficiente (normal) es que se realiza un evento importante por lo menos una vez al mes.

Tipo de valor: cadena de texto (escasos, suficientes, abundantes).

5.2.3. Criterio B.3: Representación en StackOverflow

Descripción: Indica el número de preguntas realizadas en StackOverflow. Cuantas más preguntas realizadas y respondidas, mejor.

Tipo de valor: entero (número de preguntas realizadas).

5.2.4. Criterio B.4: Búsquedas en Google

Descripción: Indica el número búsquedas realizadas a nivel mundial y durante los últimos 12 meses que contengan el nombre del framework. Para obtener las estadísticas se utilizará Google Trends.

Tipo de valor: entero (número de búsquedas realizadas).

5.2.5. Criterio B.5: Estrellas en GitHub

Descripción: Indica el número de estrellas que tiene el proyecto en GitHub. Cuantos más tenga, mejor, porque el proyecto está generando mucho interés en la comunidad de desarrolladores.

Tipo de valor: entero (número de estrellas).

5.3. Categoría C: Estado del proyecto

5.3.1. Criterio C.1: Actividad en GitHub

Descripción: Indica el nivel de actividad del proyecto en su repositorio de GitHub.

Tipo de valor: entero (commints/semana últimos 12 meses).



5.3.2. Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases

Descripción: Indica la frecuencia media de lanzamiento de una nueva release del proyecto en GitHub.

Tipo de valor: entero (número de releases lanzadas durante los últimos 12 meses).

5.4. Categoría D: Recursos necesarios para preparar un entorno de ejecución

5.4.1. Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución

Descripción: Indica el número de herramientas y software extra necesarios (aparte del framework) para poder ejecutar un proyecto. Cuantas menos dependencias se tenga, mejor.

Tipo de valor: cadena de texto (simple, normal, complejo).

5.4.2. Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico

Descripción: Indica si existen o no imágenes oficiales en Docker Hub que sirvan como base para ejecutar un proyecto.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.4.3. Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker

Descripción: Indica el nivel de complejidad para preparar la imagen final Docker que se utilizará para desplegar el proyecto.

Tipo de valor: cadena de texto (baja, media, alta).

5.5. Categoría E: Dificultad para crear proyecto “Hello world”

5.5.1. Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico

Descripción: Indica si existe documentación para crear un proyecto “Hello world”.

Tipo de valor: booleano (sí/no).



5.5.2.Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico

Descripción: Indica el número de pasos necesarios para crear un proyecto “Hello world”.

Tipo de valor: entero (número de pasos).

5.5.3.Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico

Descripción: Indica el tiempo empleado para crear un proyecto “Hello world”.

Tipo de valor: entero (minutos, horas).

5.6. Categoría F: Recursos y funcionalidades que provee el framework

5.6.1. Criterio F.1: Routing

Descripción: Indica si el framework provee un módulo para crear rutas simples y parametrizadas, que acepten los distintos tipos de métodos HTTP y que manejen el tratamiento de la respuesta directamente o que lo redirijan a una clase o módulo controlador.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.2.Criterio F.2: HTTP Middlaware (API)

Descripción: Indica si el framework provee clases o módulos para crear e introducir en la aplicación middlawares HTTP. Estos componentes sirven para construir mecanismos que filtren las peticiones HTTP que ingresan en la aplicación, por ejemplo para verificar si un usuario ha iniciado sesión, para comprobar si la petición contiene una cabecera HTTP obligatoria, etc.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.3.Criterio F.3: Clases/módulos Controller

Descripción: Indica si el framework provee clases o módulos para implementar componentes controller, donde se implementará la lógica de negocios de la aplicación.

Tipo de valor: booleano (sí/no).



5.6.4.Criterio F.4: Manejo de Request y Response

Descripción: Indica si el framework provee clases, librerías o módulos para realizar el tratamiento de las peticiones HTTP que llegan a la aplicación. También si existen métodos para construir la respuesta que se enviará, ya sea en HTML, JSON o el formato deseado.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.5.Criterio F.5: Autorización y Autenticación

Descripción: Indica si el framework provee clases, librerías o módulos para implementar la capa de autorización y autenticación dentro de la aplicación.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.6.Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)

Descripción: Indica si el framework provee clases, librerías o módulos para el manejo de sesiones de usuario dentro de la aplicación.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.7.Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)

Descripción: Indica si el framework provee clases, librerías o módulos para abstraer la conexión con la base de datos.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.6.8.Criterio F.8: Validaciones

Descripción: Indica si el framework provee clases, librerías o módulos para realizar validaciones sobre los datos que se envían a la aplicación.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.7. Categoría G: Curva de aprendizaje

Hace referencia al nivel de dificultad para aprender todo lo necesario del framework que nos sirva para satisfacer los requisitos del proyecto.



5.7.1. Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework

Descripción: Indica el tiempo que llevó aprender cada uno de los módulos necesarios para implementar las funcionalidades de la aplicación.

Tipo de valor: entero (horas totales empleadas).

5.7.2. Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación

Descripción: Indica el tiempo total que llevó implementar cada aplicación (API y cliente web) utilizando un framework en concreto.

Tipo de valor: entero (horas totales empleadas).

5.8. Categoría H: Rendimiento

5.8.1. Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción

Descripción: Indica si existen métodos y documentación detallada para optimizar el rendimiento de la aplicación cuando se despliega en el entorno de producción.

Tipo de valor: booleano (sí/no).

5.8.2. Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización

Descripción: Indica el nivel de dificultad que tiene el proceso de optimización del entorno de producción. Se tiene en cuenta el tiempo empleado, las dependencias, etc.

Tipo de valor: cadena de texto (fácil, normal, difícil).

5.8.3. Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)

Descripción: Indica el número de peticiones que es capaz de atender la aplicación (API) en el espacio de tiempo de un segundo.

Tipo de valor: decimal (número de peticiones).

5.8.4. Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)

Descripción: Indica el número máximo de peticiones concurrentes que soporta la aplicación antes de que quede fuera de servicio.



Tipo de valor: decimal (número de conexiones concurrentes).

5.8.5.Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)

Descripción: Indica el tiempo medio que tardan en cargar las páginas del cliente web.

Tipo de valor: decimal (segundos que tardan de media en cargar las páginas).

5.9. Categoría I: Coste despliegue en producción

5.9.1. Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios

Descripción: Indica el nivel de dificultad para encontrar un proveedor de servicios que nos permita desplegar nuestro proyecto (API y cliente web) en sus sistemas, por un precio razonable.

Tipo de valor: cadena de texto (baja, media, alta).

5.9.2.Criterio I.2: Coste plan estándar

Descripción: Indica el coste de un plan estándar para desplegar nuestra proyecto en el entorno de producción.

Tipo de valor: decimal (euros/mes).



6. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE COMPARACIÓN

6.1. Lumen 5.6

Criterio	Resultado	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Media	Es una documentación bastante resumida (aunque suficiente). Para realizar cosas más complejas, siempre te remite a la documentación de Laravel.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	
Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Existen multitud de tutoriales y vídeos donde se puede aprender a implementar desde funcionalidades concretas hasta aplicaciones completas.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Pequeña	Contribuidores GitHub: 48 Watch GitHub: 364 Como Lumen está muy relacionado a Laravel, se tiene en cuenta la comunidad de usuarios de éste: Twitter Laravel: 88100 Twitter Laracast: 47400 Twitter Laravel.io: 33900 Google Plus Laravel: 14418 Larachat (Slack): 24637
Criterio B.2: Eventos	Escasos	No se realizan eventos oficiales



organizados		centrados en este framework. Lo único localizado son eventos tipo meetup organizados por la comunidad de usuarios.
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	1446	41 preguntas etiquetadas el último mes.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	14300000 de resultados	En Google Trends el interés por el término (lumen php) se ha mantenido constante durante los últimos 12 meses, con un pico máximo de popularidad durante abril del 2018.
Criterio B.5: Estrellas en GitHub	5769	
Criterio C.1: Actividad en GitHub	1,58 commints/mes de media	19 commits durante los últimos 12 meses
Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases	2 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	V5.5.0 el 05/09/17 V5.6.0 el 08/02/18
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Normal	Únicamente se necesita PHP7.2 instalado en el sistema operativo, algunas extensiones extra de PHP, Composer y un servidor web (en este caso, Nginx).
Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de PHP, diferenciadas entre la versión de PHP que utilizan y la distribución de Linux sobre la que están instaladas.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker	Media	Integrar la instalación de Nginx en la imagen base de PHP resultó un procedimiento un poco tedioso.
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	En la documentación oficial.



Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	2	Es necesario disponer de PHP 7.2 y composer instalados en el equipo. 1. Dirigirse al directorio donde queramos crear el proyecto y ejecutar: <code>composer create-project --prefer-dist laravel/lumen hello</code> 2. Servir la aplicación con: <code>php -S localhost:8000 -t public</code>
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	3 minutos	Tarda unos minutos en instalar las dependencias del framework.
Criterio F.1: Routing	Sí	
Criterio F.2: HTTP Middleware (API)	Sí	
Criterio F.3: Clases/módulos Controller	Sí	
Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	
Criterio F.5: Autorización y Autenticación	Sí	
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	-	-
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	Sí	MySQL, Postgres, SQLite y SQL Server.
Criterio F.8: Validaciones	Sí	
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	7 horas	Para este proyecto se necesitó aprender a utilizar los módulos de routing, middleware, controller, request, response, database y validation. De media se tardó una hora en leer la documentación de cada módulo



		e integrarlo de manera correcta en la aplicación.
Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	45 horas	Se trabajó en el desarrollo de la API con Lumen durante 15 días, con una media de 3 horas de desarrollo por día.
Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción	Sí	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar extensión OPcache o APC. - Utilizar una caché intermedia como Memcache. - Utilizar la última versión de PHP (7.2). - Utilizar la máquina virtual HHVM, que se encarga de precompilar el código PHP.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Normal	Existe mucha documentación para implementar las mejoras.
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	115,67	<p>Se utilizó Apache Benchmark.</p> <p>Se limitó la memoria del contenedor a 1GB.</p> <p>El endpoint probado fue /administrator (GET).</p>
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	1000 usuarios realizando 200000 peticiones: completado	<p>El contenedor tramitó las 200000 peticiones de los 1000 usuarios, aunque en 6062 de ellas no terminaron correctamente.</p> <p>Tardó 64,50 segundos en completar la tarea (3100,66 peticiones por segundo).</p>
Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	-	-
Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud.



Criterio I.2: Coste plan estándar	34,28 € / mes	Coste medio de alojar un stack LAMP de alta disponibilidad en AWS.
--	---------------	--

6.2. Express 4.16

Criterio	Resultado	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Media	Se trata de una documentación bastante resumida, sin demasiados ejemplos prácticos.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	
Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Existen muchos tipos de tutoriales para implementar todo lo que puede ofrecer Express.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Mediana	<p>Google Groups: 2000</p> <p>Gitter: 4215</p> <p>Twitter MEAN.io: 4531</p> <p>Google Plus: 266</p> <p>Contribuidores GitHub: 217</p> <p>Watch GitHub: 1866</p> <p>Como Express está muy relacionado al stack MEAN, se tiene en cuenta la comunidad de usuarios de Node.js:</p> <p>Twitter Node.js: 535000</p> <p>Google Plus Node.js: 76938</p> <p>Contribuidores GitHub: 2092</p> <p>Watch GitHub: 2875</p>



Criterio B.2: Eventos organizados	Escasos	<p>No se realizan eventos oficiales centrados en este framework.</p> <p>Lo único localizado son eventos tipo meetup organizados por la comunidad de usuarios.</p> <p>Por otro lado, si se trata de eventos relacionados con Node.js, sí que se realizan multitud de ellos a lo largo del año en distintas ciudades del mundo.</p>
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	45250	229 preguntas etiquetadas el último mes.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	114000000 de resultados	En Google Trends el interés por el término (express.js) se ha mantenido muy alto y constante durante los últimos 12 meses, con un pico máximo de popularidad durante marzo del 2018.
Criterio B.5: Estrellas en GitHub	39952	
Criterio C.1: Actividad en GitHub	6,08 commints/mes de media	73 commits durante los últimos 12 meses
Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases	5 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	<p>V4.15.5 el 25/09/17</p> <p>V4.16.0 el 05/10/17</p> <p>V4.16.1 el 05/10/17</p> <p>V4.16.2 el 19/10/17</p> <p>V4.16.3 el 12/03/18</p>
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Simple	Únicamente se necesitan Node.js y el gestor de paquetes npm.
Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de Node.js, diferenciadas entre la versión de



		Node.js que utilizan y la distribución de Linux sobre la que están instaladas.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker	Baja	Únicamente se necesitan instalar algunos paquetes extra al sistema operativo y añadir a Node.js express-generator y nodemon.
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	En la documentación oficial.
Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	5	Es necesario disponer de Node.js y npm instalados en el equipo. 1. Crear carpeta proyecto. 2. Ejecutar “npm init” e indicar en el punto “entry point” el valor “app.js”. 3. Ejecutar “npm install express –save”. 4. Crear el archivo app.js y copiar el código indicado en el tutorial. 5. Arrancar aplicación con “node app.js”.
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	5 minutos	
Criterio F.1: Routing	Sí	
Criterio F.2: HTTP Middlaware (API)	Sí	
Criterio F.3: Clases/módulos Controller	No	No tienes clases ni módulos que se puedan reutilizar, pero sí que admite organizar nuestros propios módulos para que hagan esta función y puedan trabajar junto al router.



Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	
Criterio F.5: Autorización y Autenticación	No	El framework no los incluye, pero se pueden instalar paquetes que sí, o podemos implementarlos con middlewares.
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	-	-
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	No	No las incluye por defecto, pero existen multitud de módulos Node.js para conectar con distintas bases de datos.
Criterio F.8: Validaciones	No	No las incluye por defecto, pero existen multitud de módulos Node.js para añadir esta funcionalidad, por ejemplo express-validator.
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	12 horas	<p>Para este proyecto se necesitó aprender a utilizar los módulos de routing, middleware, request, response; y estudiar como implementar los controller. Por otro lado también se tuvo que ver documentación específica de los módulos de Node.js “express-validator”, “mysql” y “bcrypt”.</p> <p>De media se tardó 1,5 horas en leer la documentación de cada módulo e integrarlo de manera correcta en la aplicación.</p>
Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	45 horas	Se trabajó en el desarrollo de la API con Lumen durante 15 días, con una media de 3 horas de desarrollo por día.
Criterio H.1: Métodos para	Sí	- Utilizar compresión gzip.



optimizar entorno producción		<ul style="list-style-type: none"> - No utilizar funciones síncronas. - Manejar excepciones correctamente. - Setear la variable de entorno NODE_ENV a "production". - Implementar reinicio automático de la aplicación. - Ejecutar la aplicación en un cluster. - Usar sistemas de caché. - Usar balanceadores de carga. - Usar un proxy inverso.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Difícil	<p>La optimización que tiene que ver con buenas prácticas en el código es sencilla de implementar.</p> <p>La parte de optimizar el funcionamiento utilizando herramientas externas (caché, balanceadores, etc.) es complicada porque es necesario aprender a configurar correctamente dichas herramientas.</p>
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	356,78	<p>Se utilizó Apache Benchmark.</p> <p>Se limitó la memoria del contenedor a 1GB.</p> <p>El endpoint probado fue /administrator (GET).</p>
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	1000 usuarios realizando 200000 peticiones: test completado	<p>El contenedor tramitó correctamente las 200000 peticiones de los 1000 usuarios.</p> <p>Tardó 285,62 segundos en completar la tarea (700,23 peticiones por segundo).</p>



Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	-	-
Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud.
Criterio I.2: Coste plan estándar	23,50 € / mes	Coste medio por desplegar una aplicación Node.js en AWS.

6.3. Laravel 5.6

Criterio	Resultado	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Alta	La documentación disponible es muy extensa, detallada y con multitud de ejemplos.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	
Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Existen miles de recursos en formato tutorial, vídeos o cursos completos para aprender a desarrollar aplicaciones con Laravel.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Grande	Twitter: 88100 Twitter Laracast: 47400 Twitter Laravel.io: 33900 Google Plus: 14418 Larachat (Slack): 24637 Gitter: 6498 Contribuidores GitHub: 451 Watch GitHub: 4620
Criterio B.2: Eventos	Abundantes	Se realizan eventos oficiales



organizados		<p>centrados en el framework (Laracon) a lo largo de todo el año en distintas partes del mundo.</p> <p>Por otro lado, la comunidad de usuarios también suele organizar eventos centrados en Laravel o en el ecosistema PHP en general.</p>
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	96060	637 preguntas etiquetadas el último mes.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	14200000 de resultados	En Google Trends el interés por el término (laravel) se ha mantenido muy alto y constante durante los últimos 12 meses, con un pico máximo de popularidad durante agosto del 2018.
Criterio B.5: Estrellas en GitHub	45353	
Criterio C.1: Actividad en GitHub	13,5 commints/mes de media	162 commits durante los últimos 12 meses
Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases	6 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	<p>V5.5.0 el 06/09/17</p> <p>V5.5.22 el 07/02/18</p> <p>V5.5.28 el 07/02/18</p> <p>V5.6.0 el 07/02/18</p> <p>V5.6.7 el 08/05/18</p> <p>V5.6.12 el 08/05/18</p>
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Normal	Únicamente se necesita PHP7.2 instalado en el sistema operativo, algunas extensiones extra de PHP, Composer y un servidor web (en este caso, Nginx).
Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de PHP, diferenciadas entre la versión de PHP que utilizan y la distribución de



		Linux sobre la que están instaladas.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker	Media	Integrar la instalación de Nginx en la imagen base de PHP resultó un procedimiento un poco tedioso.
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	En la documentación oficial.
Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	2	Es necesario disponer de PHP 7.2 y composer instalados en el equipo. 1. Dirigirse al directorio donde queramos crear el proyecto y ejecutar: <code>composer create-project --prefer-dist laravel/laravel hello</code> 2. Servir la aplicación con: <code>php -S localhost:8000 -t public</code>
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	3 minutos	Tarda unos minutos en instalar las dependencias del framework.
Criterio F.1: Routing	Sí	
Criterio F.2: HTTP Middleware (API)	Sí	
Criterio F.3: Clases/módulos Controller	Sí	
Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	
Criterio F.5: Autorización y Autenticación	Sí	
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	Sí	
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	-	Aunque para cliente web no se tiene en cuenta, cabe destacar



		que Laravel si dispone de módulos y utilidades para conectar con bases de datos.
Criterio F.8: Validaciones	Sí	
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	10 horas	Para este proyecto se necesitó aprender a utilizar los módulos de routing, middleware, controller, request, response, autorización, autenticación, sesiones, validación y templates (blade). De media se tardó una hora en leer la documentación de cada módulo e integrarlo de manera correcta en la aplicación.
Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	39 horas	Se trabajó en el desarrollo de la API con Laravel durante 13 días, con una media de 3 horas de desarrollo por día.
Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción	Sí	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar extensión OPcache o APC. - Utilizar una caché intermedia como Memcache. - Utilizar la última versión de PHP (7.2). - Utilizar la máquina virtual HHVM, que se encarga de precompilar el código PHP.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Normal	Existe mucha documentación para implementar las mejoras.
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	-	-
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	-	-
Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	707,9 ms	La prueba fue hecha con Google Chrome, desactivando la caché.



		La URL consultada fue “/administrator/administrator”. Se realizaron 10 consultas, se tomo nota del tiempo de carga total y se calculó la media.
Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud.
Criterio I.2: Coste plan estándar	34,28 € / mes	Coste medio de alojar un stack LAMP de alta disponibilidad en AWS.

6.4. Angular 6.1

Criterio	Resultado	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Alta	Dispone de una documentación muy completa, con un tutorial para implementar una aplicación, descripción a fondo de los fundamentos del framework y sus distintas funcionalidades y una API para consulta rápida.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	
Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Existen miles de recursos para aprender a trabajar con la última versión de Angular.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Grande	Twitter: 290000 Twitter Angular News: 91500 Google Plus: 88643 Gitter: 17219 Contribuidores GitHub: 721



		Watch GitHub: 3191
Criterio B.2: Eventos organizados	Abundantes	<p>Se realizan eventos oficiales centrados en el framework a lo largo de todo el año en distintas partes del mundo.</p> <p>Por otro lado, la comunidad de usuarios también suele organizar muchos eventos centrados en Angular.</p>
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	129092	1372 preguntas etiquetadas el último mes.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	81100000 de resultados	En Google Trends el interés por el término (angular) se ha mantenido muy alto y constante durante los últimos 12 meses, con un pico máximo de popularidad durante enero del 2018.
Criterio B.5: Estrellas en GitHub	40135	
Criterio C.1: Actividad en GitHub	226,75 commints/mes de media	2721 commits durante los últimos 12 meses
Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases	47 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	<p>V4.4.0 el 15/09/17</p> <p>V5.0.0 el 01/11/17</p> <p>V5.1.0 el 06/12/17</p> <p>V5.2.0 el 10/01/18</p> <p>V6.0.0 el 03/05/18</p> <p>V6.1.0 el 25/07/18</p> <p>V6.1.6 el 29/09/18</p>
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Simple	<p>Para el entorno de desarrollo únicamente se necesitan Node.js y el gestor de paquetes npm.</p> <p>Para el entorno de producción se necesita un servidor web como Nginx o Apache.</p>



Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de Node.js, diferenciadas entre la versión de Node.js que utilizan y la distribución de Linux sobre la que están instaladas. Por otro lado también existen imágenes oficiales para Nginx y Apache.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker	Baja	Para la imagen de desarrollo únicamente es necesario añadir el paquete “angular/cli” e indicar la forma correcta de arrancar la aplicación (ng serve --host 0.0.0.0). Para la imagen de producción únicamente hay que copiar la carpeta dist del proyecto a la carpeta pública del servidor web y configurar la reescritura de URLs.
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	En la documentación oficial.
Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	3	Es necesario disponer de Node.js y npm instalados en el equipo. También es necesario instalar globalmente el paquete “angular/cli”: 1. Ejecutar: ng new angular-hello 2. Entrar a la carpeta del proyecto: cd angular-hello 3. Arrancar aplicación: ng serve --open
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	3 minutos	
Criterio F.1: Routing	Sí	



Criterio F.2: HTTP Middlaware (API)	-	
Criterio F.3: Clases/módulos Controller	Sí	En Angular la lógica de negocios va en cada componente.
Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	
Criterio F.5: Autorización y Autenticación	Sí	<p>Para la autorización, Angular provee los conocidos como “route guards”.</p> <p>Para la autenticación es necesario implementar un servicio específico que almacene los datos de sesión y nos diga si el usuario se a autenticado o no.</p>
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	No	Es necesario implementar nuestro propio servicio para interactuar con el Local Storage.
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	-	-
Criterio F.8: Validaciones	Sí	Angular provee bastantes validadores predefinidos y nos da la posibilidad de ampliarlos.
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	16 horas	<p>Para este proyecto se necesitó aprender en primer lugar la arquitectura de componentes, módulos y servicios de Angular.</p> <p>Posteriormente se tuvo que aprender a utilizar las funcionalidades routing, http client, manejo de request, response, validación de formularios.</p> <p>Finalmente se tuvo que estudiar como implementar el manejo de sesiones y la interacción con ella mediante servicios.</p>



Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	21 horas	Se trabajó en el desarrollo del cliente web con Angular durante 7 días, con una media de 3 horas de desarrollo por día.
Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción	Sí	<ul style="list-style-type: none"> - Construir la aplicación final con el comando “ng build --prod --build-optimizer”. - Implementar “lazy loading” en la forma de trabajo del router de Angular. - Todas las mejoras de rendimiento que se puedan implementar al servidor web.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Normal	<p>La optimización que tiene que ver con buenas prácticas en el código es sencilla de implementar.</p> <p>Para la parte de optimizar el servidor web, es necesario un estudio previo.</p>
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	-	-
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	-	-
Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	22,75 ms	<p>La prueba fue hecha con Google Chrome, desactivando la caché.</p> <p>La aplicación tarda una media de 1,06 segundos en cargar la primera vez.</p> <p>Posteriormente, al acceder a cualquiera de las URLs, el tiempo de carga se ve drásticamente reducido, ya que se realizan llamadas directas a la API.</p> <p>La URL consultada fue</p>



		“/administrator/administrator”. Se realizaron 10 consultas, se tomo nota del tiempo de carga total y se calculó la media.
Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud.
Criterio I.2: Coste plan estándar	2,57 € / mes	Coste medio por alojar un sitio web estático en AWS.



7. COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

7.1. Implementación API REST: Lumen contra Express

Criterio	Lumen 5.6	Express 4.16	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	Sí	Ambos frameworks poseen páginas web con su respectiva documentación oficial.
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Media	Media	La documentación disponible para Lumen y Express es bastante resumida, pero suficiente para empezar a trabajar.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	Sí	Existen multitud de tutoriales, artículos y vídeos donde se puede aprender a utilizar ambos frameworks.
Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Alta	La calidad de la documentación no oficial es bastante alta. Se puede aprender a implementar desde funcionalidades concretas hasta aplicaciones muy complejas.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Pequeña	Mediana	Express goza de más popularidad en la comunidad de desarrolladores porque es una herramienta importante dentro del ecosistema de Node.js. Aparte, muchos otros frameworks JavaScript se basan en él. Por otro lado, Lumen es un framework más dentro del amplio abanico de opciones existentes para desarrollar aplicaciones PHP.



Criterio B.2: Eventos organizados	Escasos	Escasos	<p>No se realizan eventos oficiales centrados únicamente en Lumen o Express. Sólo se ha podido localizar eventos tipo charlas o meetup organizados por la comunidad de usuarios.</p> <p>Cabe destacar que al estar Lumen muy relacionado con Laravel y Express con Node.js, sí que se puede llegar a hablar de ellos en los eventos organizados para dichas tecnologías.</p>
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	1446	45250	Express supera ampliamente a Lumen en este criterio. Al tener una comunidad de usuarios más grande y ser parte importante de las herramientas relacionadas con Node.js, es normal que existan más preguntas realizadas en la web de StackOverflow.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	14300000 de resultados	114000000 de resultados	<p>Existen más resultados relacionados con Express al realizar búsquedas en Google Search.</p> <p>Por otro lado, aunque la popularidad de ambos términos (“lumen php” y “express.js”) en Google Trends se ha mantenido constante durante los últimos 12 meses, Express vuelve a superar a Lumen porque su porcentaje de interés es mucho más alto (alrededor del 90%).</p>
Criterio B.5: Estrellas en GitHub	5769	39952	Express es mucho más popular que Lumen en la web de GitHub.
Criterio C.1: Actividad en GitHub	1,58 commints/mes de media	6,08 commints/mes de media	Los desarrolladores que trabajan en el proyecto de Express son mucho más activos que los de Lumen.
Criterio C.2: Frecuencia	2 releases lanzadas durante	5 releases lanzadas durante	Express ha lanzado más versiones que Lumen durante los



de lanzamiento de releases	los últimos 12 meses	los últimos 12 meses	últimos meses. Esto significa que están mejorando constantemente el framework y solucionando bugs.
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Normal	Simple	<p>Para Lumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PHP \geq 7.1.3 y extensiones extra • Composer • Servidor web <p>Para Express:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Node.js <p>Gana Express porque necesita menos herramientas extra y configuración para tener un entorno de ejecución similar al que se utilizará en producción.</p>
Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de PHP y Node.js, diferenciadas entre la versión que utilizan y la distribución de Linux sobre la que están instaladas. En este criterio ambos frameworks quedan empatados.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final Docker	Media	Baja	<p>Para crear una imagen Docker que ejecute una aplicación desarrollada con Express, solo necesitamos añadir nuestro código a la imagen base de Node.js.</p> <p>Para la aplicación desarrollada con Lumen, es necesario utilizar la imagen base de PHP, añadirle un servidor web (Nginx, Apache, etc.), configurarlo e importa el código.</p> <p>En conclusión, gana Express porque es más fácil crear y</p>



			ejecutar la imagen Docker que contendrá la aplicación definitiva.
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	Sí	Ambos frameworks disponen en su documentación oficial de las instrucciones necesarias para crear un proyecto básico. Una vez que se tiene el entorno de ejecución configurado, crear un proyecto básico con Lumen lleva menos pasos que hacerlo para Express.
Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	2	5	Una vez que se tiene el entorno de ejecución configurado, crear un proyecto básico con Lumen lleva menos pasos que hacerlo para Express.
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	3 minutos	5 minutos	Al tener menos pasos, se tarda menos tiempo en crear un proyecto básico para Lumen.
Criterio F.1: Routing	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.
Criterio F.2: HTTP Middlaware (API)	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.
Criterio F.3: Clases/módulos Controllor	Sí	No	Solo Lumen tiene integrada esta funcionalidad. Por otro lado cabe destacar que aunque Express no tiene clases ni módulos que se puedan reutilizar de esta manera, si que admite organizar nuestros propios módulos para que hagan esta función y puedan trabajar junto al router.
Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.



Criterio F.5: Autorización y Autenticación	Sí	No	Solo Lumen tiene integrada esta funcionalidad. Aunque Express no los incluye, se pueden instalar paquetes que sí, o podemos implementarlos con middlewares.
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	-	-	-
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	Sí	No	Solo Lumen tiene integrada esta funcionalidad y permite conexiones con MySQL, Postgres, SQLite y SQL Server. Además incluye el ORM Eloquent para facilitar el trabajo. Express no incluye por defecto este tipo de utilidad, pero existen multitud de módulos/paquetes Node.js para conectar con distintas bases de datos. También existen paquetes de tipo ORM/ODM, como Mongoose o Sequelize.
Criterio F.8: Validaciones	Sí	No	Solo Lumen tiene integrada esta funcionalidad y además de manera muy completa. Por otro lado, aunque Express no las incluye por defecto, existen multitud de módulos/paquetes Node.js para añadir esta funcionalidad (por ejemplo express-validator), pero no son tan completos como las validaciones de Lumen.
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	7 horas	12 horas	Se tardó más en aprender a utilizar Express porque muchas de las funcionalidades necesarias para implementar la API no estaban incluidas por defecto en el framework. Se tuvo que buscar los módulos/paquetes de Node.js necesarios y aprender a integrarlos y utilizarlos. Por otro lado, la forma de trabajar de Node.js difiere mucho



			de las típicas arquitecturas MVC, por lo que se tuvo que aprender todo lo relacionado a ES6 (ECMAScript v6) y programación asíncrona para JavaScript (callbacks, promesas, etc.).
Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	45 horas	45 horas	El tiempo empleado para desarrollar la API con cada framework no fue exactamente igual, pero si muy similar, ya que llevó los mismos días de trabajo: 15 días, con 3 horas de media por día.
Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción	Sí	Sí	Los entornos de ejecución de ambos frameworks disponen de muchas opciones de optimización del rendimiento orientados a despliegues en producción.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Normal	Difícil	Ambos entornos de ejecución cuentan con documentación para implementar las mejoras de rendimiento. La diferencia radica en que optimizar un entorno basado en Node.js es bastante más complejo, ya que son necesarias más herramientas externas, que hay que aprender a utilizar y configurar correctamente.
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	115,67	356,78	<p>Detalles de la prueba:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizó Apache Benchmark. • Se limitó la memoria de los contenedores a 1GB. • El endpoint probado fue /administrator (GET). • Las peticiones fueron hechas por un solo usuario, que quiere decir que una vez terminada una petición se empezaba con la siguiente.



			<p>Resultados:</p> <p>La aplicación desarrollada con Express y ejecutada sobre Node.js 8.11 fue capaz de procesar el triple de peticiones que la desarrollada con Lumen, ejecutada sobre PHP 7.2 y servida por Nginx 1.12.</p>
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	<p>1000 usuarios realizando 200000 peticiones: completado.</p> <p>Tardó 64,50 segundos en completar la tarea (3100,66 peticiones por segundo).</p>	<p>1000 usuarios realizando 200000 peticiones: test completado.</p> <p>Tardó 285,62 segundos en completar la tarea (700,23 peticiones por segundo).</p>	<p>Los detalles de la prueba son los mismos que para el criterio anterior, con la única diferencia que ahora se realizaron 200000 peticiones por 1000 usuarios concurrentes.</p> <p>Resultado:</p> <p>Ganó el entorno Lumen + PHP 7.2 + Nginx 1.12, a pesar de que el entorno Express + Node.js es capaz de tramitar más peticiones por segundo.</p> <p>La explicación es que el servidor web utilizado (Nginx) está mucho más optimizado para el manejo de peticiones concurrentes que Node.js.</p> <p>Si se hubiera puesto un servidor Nginx como balanceador de carga delante de un cluster de aplicaciones Node.js, la victoria hubiese sido para Express + Node.js.</p>
Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	-	-	-



Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud (IaaS y PaaS) para ambos entornos de ejecución de los frameworks.
Criterio I.2: Coste plan estándar	34,28 € / mes Coste medio de alojar un stack LAMP de alta disponibilidad en AWS.	23,50 € / mes Coste medio por desplegar una aplicación Node.js en AWS.	Es más barato desplegar en AWS (Amazon Web Services) una aplicación que se ejecutará sobre Node.js.

7.2. Implementación aplicación web que interactúa con una API: Laravel contra Angular

Criterio	Laravel 5.6	Angular 6.1	Comentarios
Criterio A.1: Documentación oficial	Sí	Sí	Ambos frameworks poseen páginas web con su respectiva documentación oficial.
Criterio A.2: Calidad de la documentación oficial	Alta	Alta	La documentación disponible para Laravel y Angular es muy extensa, detallada y con multitud de ejemplos. También disponen de una sección donde se describe a fondo los fundamentos de cada uno de los frameworks, y sus distintas funcionalidades.
Criterio A.3: Documentación no oficial	Sí	Sí	Existen multitud de tutoriales, artículos y vídeos donde se puede aprender a utilizar ambos frameworks.



Criterio A.4: Calidad de la documentación no oficial	Alta	Alta	La calidad de la documentación no oficial es bastante alta. Se puede aprender a implementar desde funcionalidades concretas hasta aplicaciones muy complejas.
Criterio B.1: Tamaño de la comunidad de usuarios	Grande	Grande	Tanto Laravel como Angular tienen una comunidad de usuarios muy grande. De los frameworks PHP, Laravel es uno de los más populares; al igual que Angular dentro del ecosistema JavaScript.
Criterio B.2: Eventos organizados	Abundantes	Abundantes	Para ambos frameworks se realizan eventos oficiales a lo largo de todo el año en distintas partes del mundo, por ejemplo Laracon (para Laravel) y NG Conf (para Angular). Por otro lado, sus comunidades de usuarios también suele organizar muchos eventos de tipo charla, meetup o hackathon.
Criterio B.3: Representación en StackOverflow	96060	129092	Aunque ambos frameworks gozan de mucha popularidad en StackOverflow, Angular supera a Laravel.
Criterio B.4: Búsquedas en Google	14200000 de resultados	81100000 de resultados	Existen más resultados relacionados con Angular al realizar búsquedas en Google Search. Por otro lado, la popularidad de ambos términos (“laravel” y “angular”) en Google Trends se ha mantenido muy alta y constante durante los últimos 12 meses.
Criterio B.5: Estrellas en	45353	40135	Laravel supera por poco a Angular en la web de GitHub.



GitHub			
Criterio C.1: Actividad en GitHub	13,5 commints/mes de media	226,75 commints/mes de media	Los desarrolladores que trabajan en el proyecto de Angular son muchísimo más activos que los de Laravel.
Criterio C.2: Frecuencia de lanzamiento de releases	6 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	47 releases lanzadas durante los últimos 12 meses	Angular ha lanzado más versiones que Laravel durante los últimos meses. Esto significa que están mejorando constantemente el framework y solucionando bugs.
Criterio D.1: Stack necesario entorno de ejecución	Normal	Simple	<p>Para Laravel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PHP \geq 7.1.3 y extensiones extra • Composer • Servidor web <p>Para Angular:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En desarrollo: Node.js • En producción: servidor web <p>Gana Angular porque necesita menos herramientas extra y configuración para tener un entorno de ejecución.</p>
Criterio D.2: Imágenes oficiales Docker para desplegar entorno básico	Sí	Sí	Existen multitud de imágenes oficiales de PHP, Node.js, Nginx y Apache, diferenciadas entre la versión que utilizan y la distribución de Linux sobre la que están instaladas. En este criterio ambos frameworks quedan empatados.
Criterio D.3: Dificultad para crear imagen final	Media	Baja	Para crear una imagen Docker que ejecute un entorno de desarrollo Angular necesitamos instalar el paquete



Docker			<p>“angular/cli” en la imagen base de Node.js y añadir posteriormente el código fuente.</p> <p>Si hacemos el proceso para un despliegue en producción, generamos el código definitivo desde la imagen de desarrollo y lo añadimos a la imagen base de Nginx o Apache.</p> <p>Para la aplicación desarrollada con Laravel, es necesario utilizar la imagen base de PHP, añadirle un servidor web (Nginx, Apache, etc.), configurarlo e importar el código.</p> <p>En conclusión, gana Angular porque es más fácil crear y ejecutar la imagen Docker que contendrá la aplicación definitiva.</p>
Criterio E.1: Documentación para crear proyecto básico	Sí	Sí	Ambos frameworks disponen en su documentación oficial de las instrucciones necesarias para crear un proyecto básico.
Criterio E.2: Número de pasos necesarios para crear proyecto básico	2	3	Una vez que se tiene el entorno de ejecución configurado, crear un proyecto básico con Laravel lleva menos pasos que hacerlo para Angular.
Criterio E.3: Tiempo empleado creación proyecto básico	3 minutos	3 minutos	Aunque crear un proyecto base con Angular lleva más pasos que hacerlo con Laravel, instalar las dependencias de éste último lleva más tiempo. Al final ambos tardan un tiempo muy similar.
Criterio F.1: Routing	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.
Criterio F.2: HTTP	-	-	Para implementar la aplicación web no se tiene en cuenta este criterio, pero cabe destacar que Laravel si dispone de



Middlaware (API)			esta funcionalidad.
Criterio F.3: Clases/módulos Controller	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad, aunque en Angular la lógica de negocios va en cada componente.
Criterio F.4: Manejo de Request y Response	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.
Criterio F.5: Autorización y Autenticación	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen métodos para implementar estas funcionalidades.
Criterio F.6: Manejo de Sesiones (Cliente web)	Sí	No	Solo Laravel ofrece una manera sencilla de trabajar con sesiones. Para Angular es necesario implementar nuestro propio servicio para interactuar con el Local Storage.
Criterio F.7: Conexión con Base de Datos (API)	-	-	Para implementar la aplicación web no se tiene en cuenta este criterio, pero cabe destacar que Laravel si dispone de esta funcionalidad.
Criterio F.8: Validaciones	Sí	Sí	Ambos frameworks ofrecen esta funcionalidad.
Criterio G.1: Tiempo empleado en aprender a utilizar el framework	10 horas	16 horas	Se tardó más en aprender a utilizar Angular porque su arquitectura de componentes, módulos y servicios difiere bastante de los típicos frameworks MVC como es Laravel.
Criterio G.2: Tiempo empleado en desarrollar la aplicación	39 horas	21 horas	Se tardó muchas más horas en implementar la aplicación con Laravel.



Criterio H.1: Métodos para optimizar entorno producción	Sí	Sí	Los entornos de ejecución de ambos frameworks disponen de muchas opciones de optimización del rendimiento orientados a despliegues en producción.
Criterio H.2: Dificultad para implementar optimización	Normal	Normal	Ambos entornos de ejecución cuentan con mucha documentación para implementar las mejoras de rendimiento.
Criterio H.3: Peticiones por segundo (API)	-	-	-
Criterio H.4: Máximas conexiones concurrentes (API)	-	-	-
Criterio H.5: Velocidad carga páginas (cliente web)	707,9 ms	22,75 ms	<p>Detalles de la prueba:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las peticiones se realizaron con Google Chrome, desactivando la caché. Se limitó la memoria de los contenedores a 1GB. La URL consultada fue “/administrator/administrator”. Se realizaron 100 peticiones, se tomó nota del tiempo de carga total y se calculó la media. <p>Resultados:</p> <p>La aplicación web desarrollada con Angular supera ampliamente a la desarrollada con Laravel. Esto se debe a</p>



			que una vez la aplicación Angular ha realizado la carga inicial y renderizado la vista, va haciendo llamadas asíncronas a la API para actualizar únicamente los datos necesarios. En cambio la aplicación Laravel, para cada petición que recibe, tiene que ejecutar todo su circuito interno, lo que ralentiza su tiempo de respuesta final.
Criterio I.1: Ofertas de proveedores de servicios	Alta	Alta	Existen multitud de opciones tanto en hosting tradicional como en cloud (IaaS y PasS) para ambos entornos de ejecución de los frameworks.
Criterio I.2: Coste plan estándar	34,28 € / mes Coste medio de alojar un stack LAMP de alta disponibilidad en AWS.	2,57 € / mes Coste medio por alojar un sitio web estático en AWS.	Es muchísimo más barato desplegar en AWS (Amazon Web Services) una aplicación desarrollada con Angular, ya que solo se necesita un servidor web que sirva archivos estáticos.



8. CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados obtenidos en el punto anterior, llegamos a las siguientes conclusiones respecto a las tecnologías utilizadas.

En la implementación de una API REST se establecieron 32 criterios de comparación, en los cuales Lumen ganó en 9, Express en 10 y terminaron empatando en 13 de dichos criterios. Express se lleva la victoria, pero por muy poco.

Entrando en detalle acerca de cada uno de los frameworks comparados, las principales ventajas que ofrece Lumen son las siguientes:

- Más completo y con más funcionalidades sin necesidad de instalar módulos extra.
- Mucho más sencillo de aprender y optimizar cuando se despliega en producción.
- Mejor rendimiento en peticiones concurrentes, aunque esto es gracias a Nginx.
- Si necesitamos construir una aplicación más compleja, puede migrar fácilmente a Laravel.

Respecto a Express, nos encontramos con las siguientes:

- Tiene una mejor comunidad de usuarios.
- Es un proyecto bastante maduro y activo.
- Tiene mejor rendimiento al ser capaz de procesar más peticiones por segundo, incluso utilizando una base de datos relacional como MySQL. Y si se configura en modo cluster con un balanceador de carga delante, termina superando a Lumen en manejo de peticiones concurrentes.
- Más barato de desplegar en servicios de tipo PaaS e IaaS, como AWS (Amazon Web Services).

Como conclusión podemos decir que para implementar una API REST, Express junto a Node.js son más recomendables que Lumen sobre LEMP, si lo que se busca es un buen rendimiento de trabajo y una gran comunidad de usuarios y recursos como apoyo.

En la implementación de una aplicación web de tipo GUI que interactúa con una API REST se establecieron 30 criterios de comparación, en los cuales Laravel ganó en 4, Angular en 9 y terminaron empatando en 17 de dichos criterios. Angular se lleva la victoria claramente en este tipo de aplicación.

Entrando en detalle acerca de cada uno de los frameworks comparados, las principales ventajas que ofrece Laravel son las siguientes:

- Mucho más sencillo de aprender y optimizar cuando se despliega en producción.
- Mucho más completo que Angular. Se puede desarrollar cualquier tipo de aplicación web.
- Es el framework PHP más popular actualmente. Tiene una enorme comunidad de usuarios y es un proyecto muy activo en GitHub.
- Si se utiliza únicamente Blade (su motor de plantillas) se puede quedar muy corto para crear interfaces de usuario complejas, pero por suerte en sus últimas versiones viene muy bien integrado con el framework frontend Vue.js.

Respecto a Angular, nos encontramos con las siguientes:



- Es uno de los framework frontend más populares actualmente (aunque por detrás de React y Vue.js).
- Es un proyecto con una gran comunidad de usuarios y muy activo en GitHub (publican muchas releases al mes).
- Su proceso de despliegue es muy sencillo.
- Para implementar interfaces de usuario es una herramienta muy potente, y supera ampliamente en rendimiento a un GUI desarrollado únicamente con Laravel.
- Es muchísimo más barato de desplegar en producción, ya que solo es necesario un servidor web que sirva ficheros estáticos. Si se aplica renderizado en el lado del servidor (con Node.js) sigue siendo más barato que desplegar un stack LEMP en AWS.

Como conclusión podemos decir que para implementar una aplicación web de tipo GUI que interactúa con una API REST, Angular es mucho más recomendable que Laravel si lo que se busca es una interfaz de usuario fluida y que puede llegar a ser muy compleja sin penalizar su rendimiento o la dificultad de implementarla por parte de los desarrolladores.

Finalmente vamos a hacer una valoración global de cada uno de los stacks tecnológicos. En un sistema que tenga la combinación API REST + aplicación web GUI, MEAN se lleva la victoria claramente, pero esto no significa que sea mejor que LEMP en todos los escenarios posibles. Además, el rendimiento del stack LEMP se ha visto un poco mermado porque se ha decidido utilizar únicamente PHP en el desarrollo del cliente web, cuando se podría haber utilizado Vue.js y las cosas hubieran quedado más igualadas (aunque MEAN seguiría ganando).

Entre las principales ventajas de utilizar el stack LEMP, tenemos las siguientes:

- Todos los elementos del stack son open source.
- Es muy fácil de aprender y podemos tener un producto funcional en poco tiempo.
- Está ampliamente probado en entornos reales de producción, ya que existe desde hace bastantes años. Grandes empresas como Facebook siguen utilizando este stack para algunas partes de sus sistemas.
- Es muy flexible, ya que podemos elegir que tecnologías utilizar en cada capa. Algunos ejemplos son LAMP, WAMP, LAPP, etc.
- Si somos una empresa y buscamos empleados que hayan trabajado con este stack no tendremos dificultades en encontrar perfiles con una amplia experiencia y con sueldos razonables.

Y entre sus principales desventajas tenemos:

- Aunque en principio es fácil de aprender, si queremos desarrollar una aplicación compleja y que vaya a prestar servicio a un gran número de usuarios, debemos contar con expertos en diversas áreas: configuración de servidores web como Nginx o Apache, desarrolladores backend especializados en PHP, desarrolladores frontend que dominen JavaScript, HTML y CSS, administradores de bases de datos, etc. En conclusión, necesitamos contratar una gran variedad de perfiles.



- PHP ha mejorado mucho en sus últimas versiones, pero sigue siendo un lenguaje que no proporciona un gran rendimiento en comparación con otros lenguajes similares como Python o Ruby.
- En servicios cloud, no escala tan bien como MEAN.

Respecto al stack MEAN, entre sus principales ventajas tenemos:

- Solo es necesario aprender JavaScript para dominar el backend y frontend de nuestras aplicaciones. Todo está implementado con dicho lenguaje.
- La transferencia de datos entre capas es muy rápida, ya que se utiliza el mismo formato (JSON) en todas ellas.
- Es posible implementar interfaces de usuario muy potentes, ya que el uso de frameworks que proveen esta funcionalidad está muy integrado en el stack.
- Node.js está preparado para escalar horizontalmente. Además dispone de una gran comunidad de usuarios que va creando nuevas funcionalidades cada día.
- Las grandes empresas tecnológicas y las nuevas startups están apostando por este stack para implementar partes críticas de sus sistemas.

Y entre sus principales desventajas tenemos:

- El stack es relativamente nuevo, así que no tenemos el mismo soporte técnico ofrecido por LEMP.
- Es más difícil encontrar expertos en este stack, por lo que los sueldos que habrá que pagar por ellos será más alto que la media.

Como conclusión final, no recomendaría la utilización de uno de los dos stacks en detrimento del otro, ya que cada uno tiene sus propias fortalezas, que pueden ser aprovechadas dependiendo del tipo de proyecto software que se quiere implementar.

Por ejemplo recomendaría LEMP para los siguientes tipos de proyectos:

- Soluciones empresariales en las que no se dé tanta importancia a la interfaz de usuario pero sí a que el sistema funcione como se espera y que se asegure la integridad de los datos almacenados.
- Servicios web que no trabajen con datos tipo JSON (por ejemplo SOAP).
- Proyectos en los que se disponga de un presupuesto económico moderado.

Por otro lado recomendaría MEAN para los siguientes tipos de proyectos:

- Aplicaciones que necesitan manejar una gran cantidad de operaciones I/O, streaming, etc.
- APIs REST que trabajan con JSON.
- SPA (Single Page Applications).
- Aplicaciones que necesiten una gran experiencia de usuario.
- Aplicaciones que se van a desplegar en sistemas cloud.
- Proyectos en los que el aspecto económico no sea un impedimento y demos más importancia a trabajar con las últimas tecnologías.



Y para terminar, como observación y consejo personal para un ingeniero del software, recomendaría que se aprendiese ambos stacks y, siempre que fuese posible, se combinaran elementos de los dos para crear sistemas más robustos y completos. Por ejemplo usar un framework frontend junto al stack LEMP, introducir Nginx en un cluster MEAN o utilizar React en vez de Angular.



9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEBS, Escuela de Negocios de la Innovación y los Emprendedores. Profesiones digitales mejor pagadas y más demandadas 2018. <https://www.iebschool.com/blog/profesiones-digitales-mas-demandados-digital-business/>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [2] Business Insider. Estos son los empleos emergentes con más futuro de España y su salario. <https://www.businessinsider.es/estos-son-empleos-emergentes-mas-futuro-espana-su-salario-253528>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [3] Business Insider. Information technology is one of the fastest-growing industries in America - here are the 13 best IT jobs of the future. <https://www.businessinsider.es/it-jobs-information-technology-2018-5>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [4] Wikipedia. LAMP. <https://es.wikipedia.org/wiki/LAMP>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [5] Wikipedia. MEAN. <https://es.wikipedia.org/wiki/MEAN>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [6] GitHub. Roadmap to becoming a web developer in 2018. <https://github.com/kamranahmedse/developer-roadmap>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).
- [7] ValueCoders. 15 Top PHP Frameworks For Startups In 2018. <https://www.valuecoders.com/blog/technology-and-apps/top-popular-php-frameworks-web-dev/>. (Consultado el 13 de septiembre de 2018).