



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistema en movilidad para la firma digital y gestión
documental de contratos en un entorno laboral

MEMORIA

Autor

Mario Navarro Claras

Director y ponente

Fernando Cortés Franco
Director/CEO (Endalia)

Santiago Velilla Marco

Departamento de Informática e Ingeniería de sistemas (Universidad de Zaragoza)

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2018

Tomo 1/2



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



Departamento de
Informática e Ingeniería
de Sistemas
Universidad Zaragoza

 **endalia**[®]
HR Consulting & Software

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Mario Navarro Claras

con nº de DNI 17458188-S en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Sistema en movilidad para la firma digital y gestión documental de contratos
en un entorno de negocio laboral

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 2 de Febrero de 2018

✓

Fdo: Mario Navarro Claras



MEMORIA

**SISTEMA EN MOVILIDAD PARA LA FIRMA
DIGITAL Y GESTIÓN DOCUMENTAL DE
CONTRATOS EN UN ENTORNO LABORAL**

VERSIÓN 1.7
PUBLICADO EL 31/01/2018

Copyright © 2016 Endalia, S.L. Todos los derechos reservados.

Este documento contiene información propietaria de Endalia, S.L. Se emite con el único propósito de informar proyectos Endalia, por lo que no se ofrece ninguna garantía explícita o implícita. Ninguna parte de esta publicación puede ser utilizada para cualquier otro propósito, y no debe ser reproducida, copiada, adaptada, divulgada, distribuida, transmitida, almacenada en un sistema de recuperación o traducida a cualquier lenguaje del ser humano o de programación, en cualquier forma, por cualesquiera medios, por entero o en parte, sin el consentimiento previo por escrito de Endalia, S.L.

Algunos productos o compañías que se mencionan son marcas de sus respectivos propietarios.



DESARROLLO DE UN MÓDULO DE GESTIÓN PARA LA FIRMA DIGITAL

RESUMEN

En el ámbito de los recursos humanos en las organizaciones existen múltiples procesos que requieren la firma de documentación tanto por parte de la empresa como por parte del empleado. Mayoritariamente, hasta el momento, esta documentación ha sido firmada en papel, con las dificultades y costes que ello conlleva a nivel de impresión, logística y custodia.

El objetivo del proyecto consiste en el desarrollo de una herramienta software que permita, de manera global, abordar la firma digital de documentación en los procesos de recursos humanos, haciendo uso de los certificados digitales. Esta herramienta debe integrarse dentro de una aplicación web destinada a la Gestión de Organización y Recursos Humanos, por lo que supone una ampliación de la misma y no un sistema independiente.

Para conseguir este objetivo, se ha implementado y desarrollado una aplicación web que consta de dos partes diferenciadas:

- Una parte donde el empleado pueda firmar documentación mediante un dispositivo electrónico y consultar el estado de la firma de sus documentos en todo momento, así como tener la posibilidad de descargarlos.
- Otra parte destinada a la custodia de dichos documentos, de tal forma que sean guardados de forma segura durante un intervalo prolongado de tiempo.

El proceso de la firma de documentación se ha diseñado de forma que sea parametrizable, permitiendo así que pueda ser utilizado por los diferentes procesos que requieren de firma de documentos, así como por diferentes clientes en función de sus necesidades.

El proyecto se ha desarrollado en diversas fases, que se ajustan al ciclo de vida definido en la empresa:

- Conocimiento y aprendizaje del entorno de trabajo de Endalia: tecnologías, herramientas, procesos y procedimientos.
- Estudio previo del alcance del proyecto.
- Gestión y planificación del proyecto.
- Análisis del sistema a desarrollar, comparando diferentes alternativas.
- Diseño y prototipado del sistema a desarrollar.
- Implementación del sistema de firma digital y del gestor documental.
- Realización de pruebas para comprobar el correcto funcionamiento y asegurar la calidad del sistema diseñado.
- Integración con el sistema de Endalia en los procesos que requieren firmar documentación, implantación en cliente y puesta en producción para los usuarios.

Esta aplicación se ha desarrollado de tal forma que se garantiza la seguridad, integridad y confidencialidad de los datos, ofreciendo así un software seguro para las empresas y usuarios que hagan uso de este.

La plataforma y soporte tecnológico utilizado ha sido Microsoft .Net Framework 4.5 con el entorno de programación Microsoft Visual Studio, el lenguaje de desarrollo C# y las librerías de Infragistics y NHibernate. Para realizar el control de cambios en el software se ha usado Microsoft Team Foundation Server 2010.

En cuanto a accesibilidad, se ha hecho hincapié en que el sistema sea compatible con diversos navegadores, como son Internet Explorer, Mozilla Firefox o Google Chrome, buscando mantener una apariencia similar en todos ellos.



Histórico de revisiones

Fecha	Versión	Descripción	Autor
02/01/2018	1.0	Creación del documento	Mario Navarro Claras
15/01/2018	1.1	Finalizar redacción del documento	Mario Navarro Claras
19/01/2018	1.2	Revisión de la memoria	Fabio Heras Cristóbal
21/01/2018	1.3	Aplicar cambios propuestos	Mario Navarro Claras
23/01/2018	1.4	Revisión de la memoria	Fernando Cortés Franco
25/01/2018	1.5	Aplicar cambios propuestos	Mario Navarro Claras
30/01/2018	1.6	Revisión de la memoria	Santiago Miguel Velilla Franco
31/01/2018	1.7	Aplicar cambios propuestos	Mario Navarro Claras



ÍNDICE

Resumen.....	3
Histórico de revisiones.....	4
Índice	5
1. Introducción.....	7
1.1 Marco y justificación del proyecto	7
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivos del proyecto.....	8
1.2.2 Desarrollo profesional	8
1.3 Documentación.....	9
1.3.1 Memoria	9
1.3.2 Anexos	9
1.4 Acrónimos.....	9
2. Información general del proyecto.....	10
2.1 Descripción del software desarrollado.....	10
2.2 Tecnologías y herramientas utilizadas	11
2.3 Métricas del proyecto	12
2.3.1 Hitos de la planificación.....	12
2.3.2 Coste en horas.....	12
2.3.3 Métricas del software.....	12
3. Fases del trabajo.....	13
3.1 Fase de adaptación	13
3.2 Fase de planificación	13
3.2.1 Planificación del proyecto	13
3.2.2 Estándares utilizados	14
3.3 Estudio de requerimientos del sistema.....	14
3.4 Estudio de mercado.....	14
3.5 Análisis.....	16
3.5.1 Casos de uso	17
3.5.2 Estructura de paquetes.....	19
3.5.3 Requerimientos especiales del sistema	19
3.6 Diseño y prototipado.....	19
3.6.1 Especificaciones tecnológicas	20
3.6.2 Arquitectura física del sistema	20
3.6.3 Arquitectura lógica del sistema	20



3.6.4	Estructura en subsistemas.....	20
3.6.5	Clases del sistema	21
3.6.6	Diseño de la base de datos.....	21
3.7	Implementación y pruebas.....	22
3.8	Integración en los diferentes módulos que requieren firma de documentos e implantación en cliente	22
4.	Resultados obtenidos.....	23
4.1.1	Página inicial del módulo	23
4.1.2	Página con la previsualización del documento a firmar	24
4.1.3	Ventana emergente para gestionar la firma de la documentación.....	24
4.1.4	Página del módulo indicando que la firma está en curso	25
4.1.5	Interfaz de firma en dispositivo móvil.....	26
4.1.6	Página del módulo indicando que la firma ha finalizado.....	27
5.	Conclusiones.....	28
5.1	Del proyecto.....	28
5.2	Ideas de mejora y trabajo futuro	29
5.3	Valoración personal	29
6.	Bibliografía	30
6.1	Referencias	30
6.2	Referencias web	30



1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta una descripción del proyecto de desarrollo de un sistema de gestión de firma digital de documentación, acompañado de un gestor documental que almacene los documentos durante un intervalo prolongado de tiempo. Dicho proyecto ha sido implementado dentro de un portal web de Gestión Integral de Organización y Recursos Humanos. Se utilizará la denominación de “módulo” a este sistema por el hecho de estar contenido en una aplicación más grande, integrado a su vez en aquellos módulos que requieren firmar y gestionar documentación.

En la primera sección de la memoria se comienza describiendo el contexto en el que se enmarca el proyecto, junto a una presentación de los objetivos que se pretenden conseguir.

En la segunda sección se proporciona información general del proyecto, indicando las tecnologías y herramientas utilizadas, además de ofrecer métricas del proyecto que den una orientación sobre el alcance del trabajo.

En la tercera sección se describen las diferentes fases por las que ha pasado el desarrollo del proyecto, comenzando por una fase de adaptación al entorno empresarial en el que se ha desarrollado, y terminando por la integración del módulo en la aplicación de Endalia y su implantación en los clientes.

En la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos del trabajo realizado, ofreciendo imágenes de la aplicación final desarrollada.

En la quinta sección se presentan las conclusiones del proyecto, realizando un balance de los objetivos planteados durante la fase inicial del proceso, acompañado de algunas líneas de trabajo para ofrecer mejoras. Para terminar, se ofrece una valoración personal de todo el trabajo realizado.

En la sexta y última sección se relacionan las referencias bibliográficas que se han utilizado en la elaboración de este documento. Se ha establecido un código por cada referencia que aparece en la bibliografía, para poder citarla de forma unívoca a lo largo de la presente memoria.

1.1 Marco y justificación del proyecto

En el ámbito de la gestión de los recursos humanos, existen múltiples procesos que requieren la firma de documentos, tales como contratos y acuerdos entre dos partes, normalmente entre el trabajador y la empresa. Hasta el momento, la firma de estos acuerdos se ha realizado en papel, de tal forma que el proceso resulta costoso y complejo, dada la cantidad de documentación impresa que se debe gestionar, así como a nivel de logística y de custodia.

Durante cierto tiempo, se ha intentado sin éxito que el uso de los certificados digitales formen parte del día a día en el contexto personal. Ante esta problemática, y dadas las dificultades que existen a la hora de gestionar y hacer uso de los mismos, surge este proyecto que pretende abordar de manera global a través de una herramienta software la firma digital y gestión documental en los procesos de recursos humanos.

Actualmente, puede observarse una clara tendencia por la cual el número de empresas que gestionan la firma digital de documentos va en aumento puesto que el proceso de firmado se simplifica. Esto permite ahorrar tiempo de gestión en ambas partes, tanto para los empleados como para la empresa, posibilitando así una mejora en la productividad por parte de la empresa, simplificando la gestión documental, y ofreciendo un proceso de firmado de documentación sencillo y guiado para los empleados.

La sencillez del proceso, tal y como se ha mencionado anteriormente, se debe a que los empleados de la organización pueden gestionar la firma de sus documentos en cualquier dispositivo electrónico, como son el ordenador o un teléfono móvil, entre otros. Esto hace que no sea necesario imprimir ningún documento, puesto que en la firma manuscrita se debe de firmar en papel y posteriormente ser entregado desplazándose hasta la propia organización, o bien escaneando el documento firmado para ser entregado en formato digital. Por otro lado, permite que los documentos puedan ser obtenidos en cualquier momento a través de los dispositivos electrónicos mencionados anteriormente.



Este trabajo se ha desarrollado en la entidad Endalia [\[W1\]](#), una empresa dedicada al desarrollo e implantación de sistemas software y de consultoría de dirección y gestión, especializado en el área de Organización y Recursos Humanos. A continuación, se van a enumerar algunos de los procesos dentro de la organización en los cuales puede ser integrado este módulo [\[W36\]](#), con la idea de dar una visión general de dónde va a focalizarse su uso:

- **Módulo de contratación y selección de personas:** Procesos de selección, reclutamiento, contratación de personal, etc.
- **Módulo de compensación:** Retribución variable, revisión salarial y promoción, y retribución flexible.
- **Módulo de formación:** Solicitudes de cursos de formación.
- **Módulo de viajes y gastos:** Notas de gastos, viajes profesionales, visitas a cliente, etc.
- **Módulo de workflows:** Tramitación de altas, bajas y reincorporaciones de empleados, tramitación de partes de accidente, etc.

1.2 Objetivos

A continuación, se detallarán los objetivos que se pretenden alcanzar mediante la realización de este proyecto: objetivos del proyecto, referente al sistema a implementar, y desarrollo profesional, reflejando la formación del responsable del desarrollo de este proyecto.

1.2.1 Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una aplicación web que permita firmar documentación a través de la firma digital. Pretende dar a los empleados una forma simple y guiada para gestionar la firma de sus documentos, ofreciendo en todo momento seguridad en cuanto a que su información nunca va a ser expuesta al exterior, cumpliendo así todos los estándares que dicta la LOPD (Ley Orgánica de Protección de Datos). Además, pretende ofrecer un gestor documental que se encargue de custodiar los documentos firmados en un entorno seguro, de tal forma que la información perdure en el tiempo y pueda ser consultada por los empleados o personal autorizado dentro de la organización.

Al ser parte de un sistema software de mayor alcance, el módulo deberá cumplir los estándares de calidad de la organización, adecuándose a su diseño. Además, la firma de documentación podrá implantarse en cualquier proceso que requiera de firmar documentación, siendo así parametrizable y configurable en función del proceso y del cliente en el cual se implante dicha solución. Por último, el sistema deberá asegurar la integridad, seguridad y confidencialidad de los datos utilizados y almacenados.

1.2.2 Desarrollo profesional

Uno de los principales motivos por los cuales se ha realizado este proyecto ha sido dotar a la aplicación de un importante valor añadido, puesto que le da más flexibilidad en cuanto a este tipo de procesos que suele resultar costoso, proporcionando a los empleados facilidades en este tipo de procesos, y a la organización en general, dado que agiliza el trabajo necesario a nivel de gestión. Además, el desarrollador de este proyecto tiene la oportunidad de:

- Conocer, valorar, utilizar y desarrollar las metodologías, procesos de control, estándares, planificaciones y herramientas adecuadas para llevar a cabo el trabajo.
- Obtener una visión global del proceso de desarrollo de un proyecto de software en todas sus fases, desde el análisis de requisitos y toma de decisiones, hasta su posterior implantación en un entorno real de ejecución.
- Integrarse en un entorno de trabajo empresarial real, obteniendo experiencia en actividades relacionadas con el desarrollo de este trabajo, como en el resto de aspectos relativos al funcionamiento y ámbito de la empresa.
- Conocer, utilizar y adaptarse a las tecnologías utilizadas en la empresa, las cuales serán utilizadas en el desarrollo del proyecto.
- Continuar con la formación de Ingeniero de Software, complementando la experiencia obtenida trabajando en una empresa con la formación obtenida en la Universidad.



1.3 Documentación

La documentación generada durante el proyecto, entregada en el momento del depósito, consta de dos tomos: memoria y anexos. Se ha realizado el depósito electrónico en DEPOSITA [\[W5\]](#), incluyendo ambos documentos en formato PDF.

1.3.1 Memoria

El primer tomo de la documentación corresponde a este documento, la memoria del trabajo. En ella se ha descrito una visión global y resumida del trabajo, con la intención de que el Tribunal obtenga una idea general de la totalidad del trabajo realizado sin necesidad de entrar en detalle. Esta memoria se apoya en el resto de la documentación, descrita a continuación, en caso de que el lector desee información detallada de los procesos llevados a cabo a lo largo del desarrollo del trabajo.

1.3.2 Anexos

El segundo tomo de la documentación corresponde a los anexos, que incluyen los siguientes documentos:

- **Plan de gestión de configuraciones:** Define el plan de gestión de configuraciones utilizado. En él se presenta la configuración del software y explica cómo se gestionan los cambios en él.
- **Especificación de requisitos:** Contiene la descripción y especificación de los requisitos funcionales y no funcionales basados en las necesidades de la empresa que el sistema debe cumplir.
- **Ánálisis:** Contiene un estudio de la arquitectura del sistema a desarrollar, identificando casos de uso y la estructura de paquetes, con el objetivo de estructurar el sistema para la posterior fase de diseño. Además, contiene un estudio de mercado, que incluye un análisis comparativo de algunas de las soluciones existentes que ofrecen apoyo para realizar la firma digital.
- **Diseño:** Describe el proceso de diseño del módulo de firma digital, junto a la integración del gestor documental y los mecanismos de recuperación de datos, presentando los requisitos, restricciones, arquitectura y tecnología obtenidos a partir del análisis previo.
- **Implementación:** Describe la fase de implementación del trabajo, a partir de las directrices establecidas en las fases de análisis y diseño, que permiten desarrollar una versión funcional del módulo de firma digital integrada dentro de los módulos que requieren de firmar documentación en la aplicación.
- **Pruebas:** Describe la fase de pruebas del módulo de firma digital desarrollado, al igual que del gestor documental, en la que se verifica el correcto funcionamiento y se asegura la calidad del software implementado, garantizando que se cumplen los requisitos planteados.
- **Presentación de producto:** Contiene una presentación con la intención de mostrar el nuevo módulo al cliente.

1.4 Acrónimos

LOPD: Ley Orgánica de Protección de Datos.

ASP: Active Server Pages.

HTML: HyperText Markup Language.

XML: eXtensible Markup Language.

ORM: Object Relational Mapping.

PDF: Portable Document Format.

SGBD: Sistema Gestor de Base de Datos.

WCAG: Web Content Accessibility Guidelines.

SQL: Structured Query Language.

T-SQL: Transact SQL.



2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En esta sección se van a tratar temas asociados con la información general asociada a un proyecto software. Después de presentar el software creado, se realiza una descripción de aquellas tecnologías que se han utilizado para llevarlo a cabo y se presentan unas métricas generales que permiten dar una visión global del tamaño y coste del trabajo realizado.

2.1 Descripción del software desarrollado

El software desarrollado consiste en un módulo integrado en el seno de una empresa que permite firmar digitalmente documentación en aquellos procesos que lo requieran, además de gestionar los documentos firmados en un Gestor Documental. En él, los empleados pueden crear solicitudes de firma para completar acuerdos con la empresa. Dichas solicitudes son gestionadas por los empleados, pudiendo ser éstas canceladas si el empleado lo cree conveniente.

Una solicitud de firma de documentación se compone principalmente de 2 fases sobre las que el empleado tendrá control completo hasta el momento de finalizar el proceso.

En la primera fase, el empleado obtiene una visualización del documento que desea firmar. Si verifica que es correcto, crea una solicitud para firmarlo. Esto genera el envío de un correo electrónico hacia el empleado en el cual se le proporciona un enlace a una web en la cual firmar la documentación.

En la segunda fase, el empleado debe abrir dicho enlace con un dispositivo electrónico. Es entonces cuando puede firmar la documentación siguiendo los pasos que se le indican ([Imagen 1](#)), teniendo en todo momento el documento visible para verificar que es el oportuno. Una vez ha completado el proceso, recibe un correo electrónico indicando que el proceso de firma ha finalizado, además de incluir una copia del documento firmado.

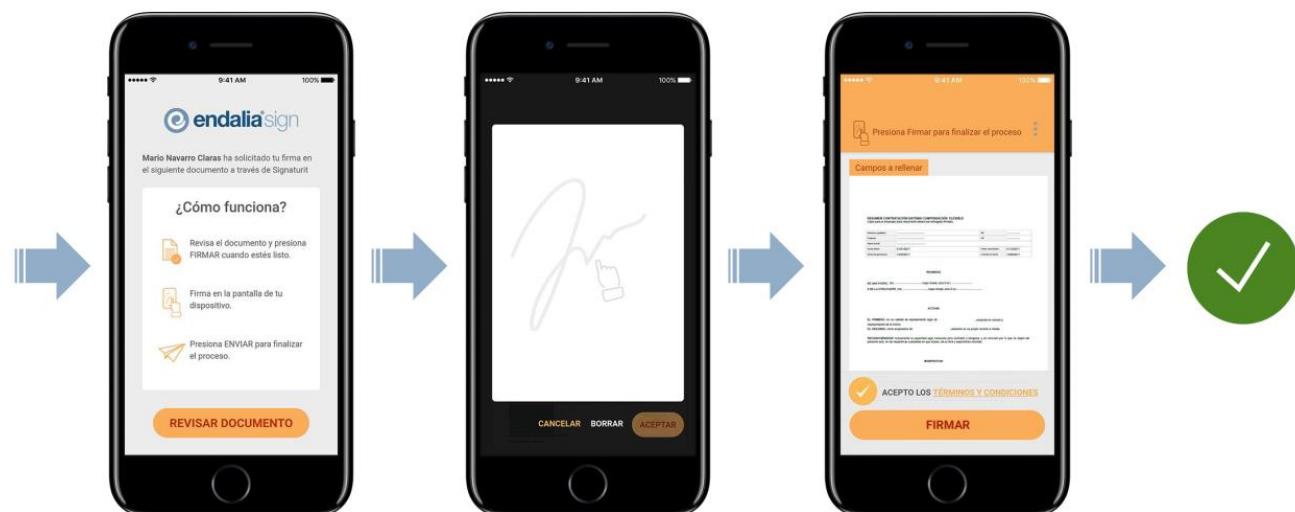


Imagen 1. Interfaz móvil para firmar documentación

Por otro lado, el empleado puede generar el envío de recordatorios de firma en caso de haber perdido el correo electrónico que se le envió en el momento de generar la petición de firma, lo que genera uno nuevo a modo de recordatorio. Esto es posible dado que cada módulo que tiene integrado el proceso ofrece información sobre qué documentos están pendientes de ser firmados, junto a la acción que permite enviar el recordatorio.

Dentro de la aplicación, en cualquier módulo en que esté integrada la firma digital, se puede visualizar el estado de sus peticiones de firma, gracias a que se permite la ejecución de acciones en los momentos de crear la petición de firma, de



cancelarla o de finalizarla. Además, la aplicación genera envíos de recordatorios automáticos con una periodicidad diaria en caso de que algún empleado no haya completado la firma de algún documento.

Otra funcionalidad que ofrece el módulo es la posibilidad de descargar la documentación. De esta forma, obtiene una copia en PDF del documento firmado.

Respecto al ámbito jurídico, es importante aclarar que a cada documento firmado se le asocia un documento probatorio [\[W9\]](#) que también queda almacenado dentro del Gestor Documental, el cual contiene evidencias de firma como son los datos del firmante, de su dispositivo electrónico, del documento a firmar y horas de apertura de correos electrónicos, apertura del documento y firma del documento. Además, recoge el lugar y momento exacto en que se realizó la firma. La integridad de las evidencias generadas queda garantizada gracias a que se utiliza un sello de tiempo oficial [\[W8\]](#), que permite garantizar que los datos del documento probatorio, así como la firma, no han sido alterados de forma posterior a la firma.

Además, se recogen datos biométricos del grafo del firmante: qué puntos integran el grafo, y con qué velocidad, aceleración y presión se realiza la firma, siendo este último dato recogido sólo si el dispositivo lo permite. [\[W11\]](#) [\[W12\]](#)

En caso de que se cuestione quién realmente firmó un determinado documento, los datos biométricos obtenidos pueden ser dispuestos como pruebas ante cualquier tribunal en caso de litigio, junto al documento probatorio, el cual contiene el resto de evidencias electrónicas. De esta manera se puede demostrar la identidad del firmante. [\[W10\]](#)

2.2 Tecnologías y herramientas utilizadas

Para el desarrollo del proyecto, se han utilizado las siguientes tecnologías y herramientas:

- Microsoft .NET Framework [\[W15\]](#) como plataforma de desarrollo y soporte tecnológico
- Microsoft SQL Server 2016 [\[W16\]](#) como SGBD utilizado para la gestión de la base de datos del sistema.
- C#, ASP, HTML, XML y JavaScript como lenguajes de programación.
- ASP .NET [\[W17\]](#) como plataforma de desarrollo de aplicaciones web, que se basa en ASP para la capa de presentación.
- ASP.NET Web API 2 [\[W18\]](#) como *framework* que hace fácil construir servicios HTTP. Es una plataforma para construir aplicaciones *RESTful* dentro de la plataforma .NET.
- Microsoft Visual Studio [\[W19\]](#) como entorno de programación y depuración de código de la plataforma .NET.
- Microsoft SQL Management Studio 2016 [\[W20\]](#) como herramienta gráfica que permite realizar tareas de mantenimiento y gestión de la base de datos sobre SQL Server 2016.
- Microsoft Team Foundation Server (TFS) [\[W6\]](#) como herramienta que permite de control de versiones del proyecto sobre Visual Studio.
- Microsoft Internet Information Services [\[W14\]](#) como servidor de aplicaciones.
- T-SQL [\[W21\]](#) como lenguaje de acceso a datos basado en SQL.
- NHibernate [\[W23\]](#) como framework de mapeo objeto-relacional que facilita la representación de entidades relacionales de base de datos en objetos accesibles desde la aplicación desarrollada.
- Infragistics NetAdvantage [\[W13\]](#) como librería para .NET que contiene controles para diversos entornos de desarrollo dentro de dicha plataforma, como ASP.NET o Windows Forms [\[W25\]](#).
- Log4Net [\[W22\]](#) como herramienta para ayudar en la generación de ficheros de registro del sistema.
- Microsoft Internet Explorer (versiones superiores a la 8.0), Mozilla Firefox y Google Chrome como navegadores con los que se ha desarrollado y testeado el sistema.
- Microsoft Windows 10 como Sistema Operativo.
- Microsoft Office 2015 como herramienta ofimática para crear la documentación del proyecto.



2.3 Métricas del proyecto

Para poder dar una visión global del proyecto, se presentan a continuación diversas métricas correspondientes a la planificación del proyecto, el tiempo necesario para su desarrollo y el software creado.

2.3.1 Hitos de la planificación

En esta sección se detalla la planificación seguida a lo largo del desarrollo del proyecto en cuanto a fechas de entrega, sesiones de seguimiento y posteriores actualizaciones del sistema.

Tras una fase previa de adaptación en la empresa se comienza el desarrollo del proyecto. La fase de requisitos comienza el lunes 3 de Julio de 2017, donde se estudian las necesidades que el módulo debe cumplir.

Poco tiempo después, comienza a realizarse un estudio de mercado, analizando las diferentes soluciones que ofrecen firmar documentos mediante firma electrónica avanzada. Tras varias reuniones y conversaciones con varios clientes, se comprende más a fondo el concepto de firma electrónica avanzada. Además, éstos presentan sus opciones de integración y el producto que ofrecen.

Una vez se han descartado aquellos clientes los cuales no encajan, bien por la integración que se quiere realizar, o bien por que ofrecen un producto que no se consideraba cualificado ante posibles litigios de empleados en las organizaciones, se decide hacer uso de *Signaturit* [\[W7\]](#).

A partir de este período de tiempo, y durante tres meses, se realizan diversas reuniones de seguimiento del proyecto con los diferentes equipos de la organización, dependiendo del tema a tratar. Se debe destacar la reunión del 18 de agosto, en la que se muestran los prototipos del sistema junto con una funcionalidad básica para firmar documentos. Por otro lado, con el módulo ya desarrollado, comienza la integración en el módulo de *Retribución Flexible* el 1 de octubre de 2017, un módulo que requiere de firmar documentación por parte de los empleados.

El 18 de octubre se realiza una reunión presentando el producto a personas de diferentes departamentos, para aportar ideas finales acerca del diseño de la interfaz. Finalmente, el módulo es puesto en cliente el día 23 de octubre.

2.3.2 Coste en horas

Endalia posee un sistema de registro de esfuerzos que consiste en asignar aquellas horas de trabajo realizadas a los diferentes proyectos que se realizan en la organización. De esta manera, se ha podido obtener que el coste total del desarrollo de este proyecto ha sido de 352 horas, lo cual se corresponde a 44 días de trabajo a tiempo completo. Es importante aclarar que durante todo el tiempo de desarrollo del proyecto se ha compaginado con otros proyectos de la organización, y es por esto que el desarrollo haya costado de cerca de cuatro meses en términos de tiempo.

2.3.3 Métricas del software

A continuación, se muestran otras métricas relacionadas con el desarrollo del proyecto y su código asociado, las cuales pueden servir de referencia para dar una idea de su magnitud:

- 1 formulario de aplicación web ASP.NET Web Forms.
- 1 controlador de ASP.NET Web API.
- 3 controles de servidor ASP.NET.
- 1.100 líneas de código de interfaz web, aproximadamente.
- 5.000 líneas de código C#, aproximadamente.
- 300 líneas de código T-SQL, aproximadamente.

Dentro de estas métricas se tiene en cuenta únicamente la parte asociada al desarrollo del módulo. Por lo tanto, no se han tenido en cuenta las métricas asociadas al código creado para la integración de este módulo en los módulos que requieren firmar documentación.



3. FASES DEL TRABAJO

En esta sección se detallan las diferentes etapas llevadas a cabo a lo largo del proceso, destacando los aspectos más importantes. El objetivo es proporcionar una visión global del desarrollo del proyecto, por lo que no se dan a conocer los detalles y especificaciones. Esto último se realiza en los anexos asociados a esta memoria, a los cuales se hacen referencias.

3.1 Fase de adaptación

Durante esta fase, previa al desarrollo del proyecto, se ha producido la adaptación al entorno empresarial y al uso de las tecnologías utilizadas en la empresa, tanto internas como de terceros. El objetivo perseguido ha sido adaptarse a los procesos y actividades habituales de la empresa, así como aprender a utilizar aquellas tecnologías que después han sido utilizadas en el desarrollo del proyecto (el lenguaje de programación C#, o el framework .NET, entre otros).

3.2 Fase de planificación

3.2.1 Planificación del proyecto

La etapa de planificación se ha realizado al comienzo del desarrollo del proyecto. En ella, se estima el coste de cada fase del trabajo plasmado en un diagrama de Gantt, con el objetivo de prever el tiempo de dedicación necesario para cada una de las fases del proyecto:



Imagen 2. Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto

La primera etapa del proyecto, relacionada con el estudio de los requerimientos necesarios del sistema, dura una semana. Posteriormente, la etapa del estudio de mercado con las diferentes herramientas que dan soporte a la firma digital dura dos semanas, y a mitad de la misma se comienza la etapa de análisis del sistema, con una duración de dos semanas.

Una vez ha finalizado la etapa de análisis, comienza la etapa de diseño y prototipado, la cual tiene planificada una reunión el último día, 18 de agosto de 2017, para mostrar los primeros prototipos funcionales, por lo que se debe comenzar con una primera implementación básica a lo largo de la última semana.

A partir de esa fecha se realiza toda la fase de implementación y pruebas, la cual ha resultado la fase más larga del proyecto. Durante esta fase, una vez el proyecto está avanzado en cuanto a implementación, se comienza a realizar la integración en un proceso de Endalia que requiera firmar documentación, para poder tener un primer módulo que haga uso de la firma digital. Además, durante todo el ciclo de vida de estas dos fases, se realizan pruebas del sistema para comprobar su correcto funcionamiento. Por último, cabe destacar una reunión planificada el 18 de octubre de 2017, en la cual se muestra un módulo con la firma digital implantada, de tal forma que se puedan aportar ideas finales acerca del diseño de la interfaz.

Finalmente, el 23 de octubre de 2017 se implanta el módulo desarrollado en cliente mediante una actualización de la aplicación.

3.2.2 Estándares utilizados

Otro objetivo de esta fase es el de presentar la metodología que se va a seguir a lo largo de la realización de este proyecto, algunos de ellos formando parte de los estándares de Endalia.

Por un lado, se ha redactado la documentación bajo un estándar propio de la organización, que contiene información sobre el formato y las plantillas utilizadas en Microsoft Word. Además, se ha programado bajo un estándar de codificación, siendo este también propio de la organización, el cual contiene normas y convenciones de programación para el código fuente del trabajo. Estos estándares no se muestran en la documentación debido al carácter académico de este documento.

Por otro lado, se ha utilizado un plan de gestión de configuraciones, el cual presenta la configuración software y se explica cómo se gestionan los cambios en él. Además, se describe la herramienta utilizada para este fin, el “Microsoft Team Foundation Server” [\[W6\]](#). Dicha documentación sí puede encontrarse en los anexos adjuntos a este documento.

3.3 Estudio de requerimientos del sistema

El objetivo de esta fase es recopilar los requerimientos del sistema que se va a desarrollar a partir de las necesidades tanto del cliente como de la empresa. Esto se realiza en la llamada especificación de requisitos.

En la especificación de requisitos se ha realizado un listado tanto de requisitos funcionales que el sistema debe cumplir como de requisitos no funcionales, que son las restricciones que debe cumplir el sistema. Además, se plantean las funciones generales del sistema y las características de los usuarios de la aplicación.

Dada la naturaleza de este documento, se presentan únicamente los requisitos con mayor importancia dentro del módulo:

- El empleado será capaz de realizar solicitudes de firma.
- El empleado será capaz de cancelar solicitudes de firma.
- El empleado será capaz de generar recordatorios de firma.
- El empleado será capaz de firmar documentación en un dispositivo electrónico.
- El empleado será capaz de descargar sus documentos firmados.
- El empleado será capaz de visualizar el documento antes de realizar una petición de firma.
- El empleado recibirá recordatorios de firma automáticos.
- El sistema será capaz de notificar a los empleados de cualquier cambio de estado en su solicitud de firma.
- El sistema será capaz de ejecutar acciones si la solicitud de firma se ha creado correctamente.
- El sistema será capaz de ejecutar acciones si la solicitud de firma se ha cancelado correctamente.
- El sistema será capaz de ejecutar acciones si la solicitud de firma se ha completado correctamente.
- El sistema almacenará los documentos firmados de los empleados.

El listado completo de requisitos funcionales y no funcionales, junto con las descripciones de los mismos, puede consultarse en la sección de anexos adjunta a esta memoria.

3.4 Estudio de mercado

El estudio de mercado supone el punto de partida para las posteriores fases del proyecto, ya que permite tener una idea general de cómo funciona la firma digital tanto en aspectos de legalidad como de funcionamiento. En esa fase se han analizado los diferentes proveedores que ofrecen firma digital avanzada de documentación, actuando éstos como Terceros de Confianza.

Si se quiere obtener información completa acerca del estudio de mercado realizado para el desarrollo de este proyecto, éste puede ser consultado en el anexo correspondiente a esta memoria. Aquí se va a mostrar el proveedor elegido a través de dicho análisis, indicando qué ofrece.

Se ha decidido hacer uso de *Signaturit*, una empresa reconocida como Prestador de Servicios Electrónicos de Confianza [\[W27\]](#), la cual ofrece una solución de firma digital. Entre sus funcionalidades de almacenamiento de información relativa a



la firma, recoge datos biométricos del firmante, pudiendo así demostrar su identidad, además de evidencias electrónicas que se generan durante el proceso de firma (almacenadas en un documento probatorio). Ésta cumple la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD) [\[W26\]](#), y garantiza que se cumplen los principios básicos de la firma electrónica avanzada [\[W12\]](#), declarados en el Reglamento (UE) N.º 910/2014 (también conocido como reglamento eIDAS [\[W28\]](#)).

Los principios que forman el reglamento eIDAS son los siguientes:

- **Estar vinculada al firmante de manera única.** Esto se garantiza dado que en el momento de la firma se recopila información, utilizando una autoridad de sellado de tiempo para garantizar la integridad de la misma. [\[W8\]](#)
- **Permitir la identificación del firmante.** Esto se garantiza dado que se geolocaliza con exactitud el lugar en que se ha realizado la firma, la hora de la firma, se registran las direcciones de origen y destino de solicitud, y se capturan datos biométricos del grafo.
- **Haber sido creada utilizando los medios que el firmante puede mantener bajo su exclusivo control.** Esto se garantiza por la accesibilidad de la plataforma, que permite firmar documentos fácilmente desde cualquier dispositivo electrónico.
- **Estar vinculada a los datos a que se refiere de modo que cualquier cambio ulterior a los mismos sea detectable.** Esto se garantiza dado que se impide cualquier cambio ulterior en la forma, y por extensión, garantiza al solicitante y firmante que la firma obtenida no se puede modificar tras su realización. Para ello, la documentación generada es cifrada, garantizando su integridad. [\[W30\]](#)

La integración es realizada a través de una API REST que proporciona diferentes servicios [\[W29\]](#). Además, ofrece un panel de gestión de solicitudes de firmas y garantiza el guardado de los documentos durante 5 años [\[W31\]](#)[\[W32\]](#). Por último, ofrece a los usuarios una aplicación web para firmar la documentación en cualquier dispositivo electrónico [\[W33\]](#), y maneja las notificaciones en forma de correo electrónico para guiar al empleado durante todo el proceso de firma.

Además del uso de *Signaturit*, cabe destacar que la organización donde tiene lugar el desarrollo del proyecto es Prestador de Servicios Electrónicos de Confianza no cualificado. En concreto, el servicio que presta tiene como objetivo establecer los canales y aplicaciones necesarias para realizar, de forma válida y con arreglo a la Ley 59/2003 [\[W35\]](#), la generación de documentos de contratación entre dos partes (la empresa contratante y sus contratados). Se entiende por documentación los contratos, documentaciones anexas y reglamentos internos de la empresa contratante, así como cualquier documentación que vaya ligada a los procesos de empleados que tengan relación directa o indirecta con el prestador y el cliente. Esto permite que la organización pueda llevar a cabo dichos procesos de firma legalmente, así como la custodia de la documentación, posibilitando prestar un servicio complementario a la integración planteada en este proyecto.

Historial						
Docs. enviados		Docs. recibidos		Filtrar por		
NOMBRE DOCUMENTO	CREADO POR	DESTINATARIO	FECHA	ESTADO	ACCIONES	
20180102_Alonso_Medrano_Ra...	mario94almunia@gmail.com	mario.navarro@endalia.com	02/01/2018 18:02:52	COMPLETADO		
20180102_Alonso_Medrano_Ra...	mario94almunia@gmail.com	mario.navarro@endalia.com	02/01/2018 17:44:19	CANCELADO		

Imagen 3. Panel de gestión de solicitudes de firma



 Firma electrónica avanzada

Signaturit Solutions, S.L., CERTIFICA las siguientes evidencias electrónicas generadas durante el proceso de firma electrónica por parte de mario.navarro@endalia.com, con todas las garantías legalmente reconocidas.

Información del envío

Emisor: Endalia HR (mario94almunia@gmail.com)
 Destinatario: Alonso Medrano, Rafael (mario.navarro@endalia.com)
 Documento enviado: [20180102_Alonso_Medrano_Rafael.pdf](#)
 CRC del documento: 0b77dbcfe633241412acc85a2038a8de
 Localización: -
 Identificador privado del documento: 424a3647-efe0-11e7-aa80-0620c73c8b3c

Estado: COMPLETADO	 30	Fecha de la firma: 02/01/2018 17:15:27 (UTC)
---------------------------	---	--

Evidencias del proceso

En la siguiente tabla se muestran los diferentes estados registrados durante el proceso de certificación y firma del documento.

ACCIÓN	IP	FECHA Y HORA	REALIZADA DESDE	
Correo enviado	-	02/01/2018 17:14:03 (UTC)	*	
Correo entregado	167.89.75.22	02/01/2018 17:14:06 (UTC)	*	
Documento abierto	212.230.124.17 0	02/01/2018 17:15:05 (UTC)	Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/63.0.3239.84 Safari/537.36	
Documento firmado	212.230.124.17 0	02/01/2018 17:15:22 (UTC)	Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/63.0.3239.84 Safari/537.36	

Para poder visualizar los detalles avanzados de las diferentes acciones (eventos) que el firmante ha realizado durante el proceso de firma, es necesario abrir este documento con el programa Adobe Reader.

 Signaturit Solutions SL • C/Llacuna 162-164 08018 Barcelona, España
ESB66024167 Inscrita en el Registro Mercantil de Barcelona al Tomo 43724, Folio 195, Sección 195 Hoya B-436579

Imagen 4. Documento probatorio ofrecido por Signaturit

3.5 Análisis

La fase de análisis parte de los requisitos definidos mediante el estudio de requerimientos por parte del cliente y de la empresa para identificar los distintos casos de uso de la aplicación y los actores que interactúan con ella. Además, en esta fase se presenta la estructura de paquetes de la aplicación y los requisitos especiales del sistema. Los resultados del análisis son quienes van a marcar las pautas a seguir en las siguientes fases de desarrollo.

En este documento se ofrece un resumen de la totalidad del análisis desarrollado. Si se quiere entrar más en detalle, se puede consultar en la sección de anexos adjunta a esta memoria.



3.5.1 Casos de uso

En primera instancia se identifican los diferentes actores del sistema. Estos son tres: el empleado que firma documentación, el sistema que gestiona las solicitudes de firma de los empleados, y el Tercero de Confianza que da soporte a la firma digital. A continuación, se ha realizado el análisis de los casos de uso, en el cual se ofrece una visión global del funcionamiento del sistema desde el punto de vista del usuario:

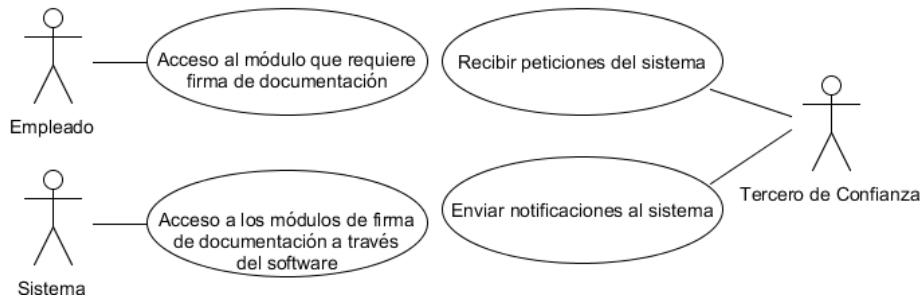


Imagen 5. Esquema general de los casos de uso

Los casos de uso se han dividido en función del actor que los realiza para obtener una visión más clara de las funcionalidades de cada uno de ellos. Cada caso de uso identificado se ha acompañado de un diagrama de caso de uso, un diagrama de secuencia y un diagrama de actividades, los cuales pueden consultarse en el anexo de esta memoria.

Diagrama de casos de uso del empleado

A continuación, se detallan los casos de uso asociados a un empleado del sistema. Es importante aclarar que todos los casos de uso presentados a continuación requieren tanto una autenticación previa en el sistema mediante usuario y contraseña, como tener privilegios para acceder al módulo sobre el cual se firma la documentación. No se ha considerado el registro y la autenticación de usuarios, ni la gestión de privilegios de los accesos a los diferentes módulos dentro de este proyecto, puesto que éste se engloba en una aplicación la cual ya tiene dicha funcionalidad. En la siguiente imagen se pueden observar cuales son los casos de uso de los que dispone el empleado.

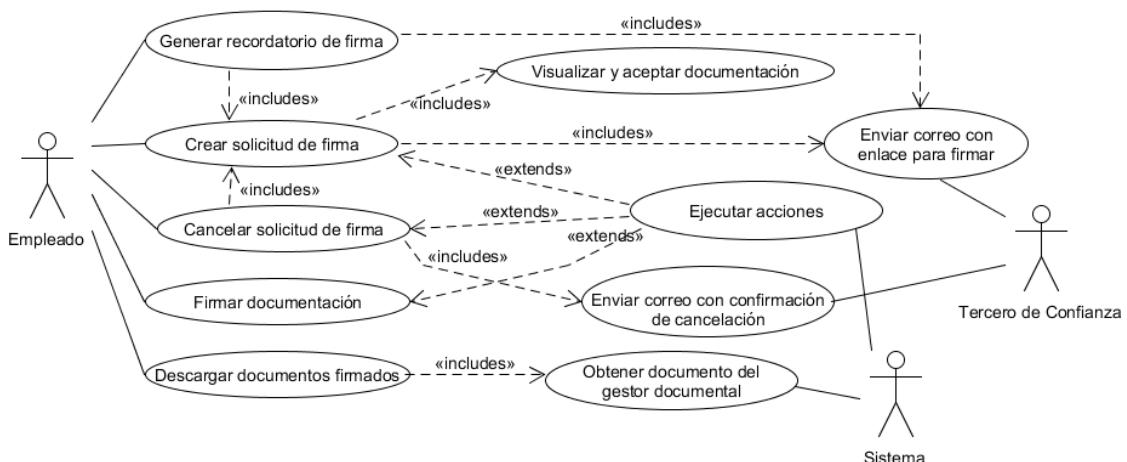


Imagen 6. Esquema de los casos de uso del empleado

Diagrama de casos de uso del sistema

A continuación, se detallan los casos de uso que posee el sistema. Entre sus responsabilidades están procesar las solicitudes de los empleados a través de la interfaz Web para realizar las llamadas correspondientes a la API del Tercero de Confianza (para crear solicitudes de firma, cancelar solicitudes de firma y enviar recordatorios de firma), y proveer a los empleados de sus documentos firmados obtenidos a través del Gestor Documental. Además, debe ser capaz de gestionar dentro del gestor cada uno de los documentos firmados, de forma que cuando un empleado finalice la firma de un documento reciba notificaciones del Tercero de Confianza, y posteriormente el Sistema se comunique con éste a través de la API para obtener tanto el documento firmado como el documento probatorio con todas las evidencias de firma, para poder así ser almacenado dentro del Gestor Documental. En la siguiente imagen se pueden observar los casos de uso que dispone el sistema.

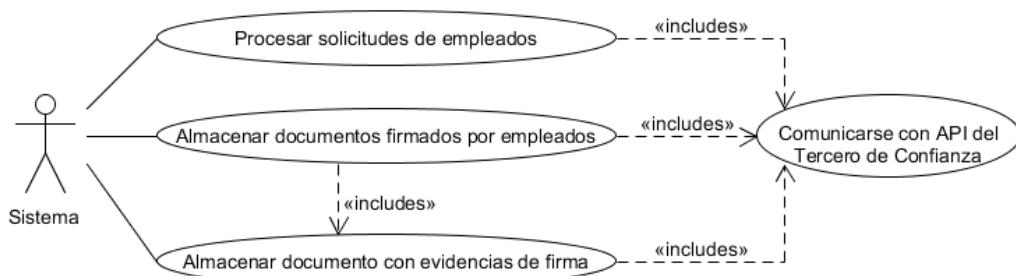


Imagen 7. Diagrama de los casos de uso del sistema

Diagrama de casos de uso del Tercero de Confianza

A continuación, se detallan los casos de uso que presenta el Tercero de confianza. Entre las funcionalidades que aporta al sistema están las relacionadas con las comunicaciones que realiza el Sistema con éste, además de la generación de correos cuando sucede algún evento provocado por un empleado. En la siguiente imagen se pueden observar los casos de uso que posee:

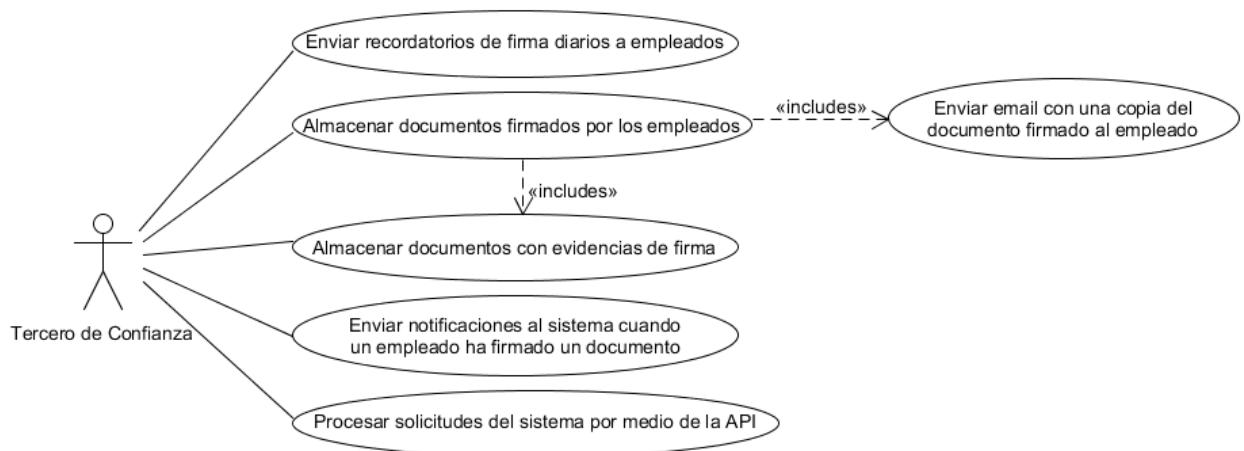


Imagen 8. Diagrama de los casos de uso del Tercero de Confianza



3.5.2 Estructura de paquetes

Tras analizar los casos de uso, se ha realizado un análisis de paquetes en el cual se identifican las entidades relevantes y sus relaciones. El objetivo es definir paquetes de análisis para organizar las diferentes entidades y funcionalidades del sistema en partes más manejables. En la siguiente imagen pueden observarse los paquetes de análisis identificados:

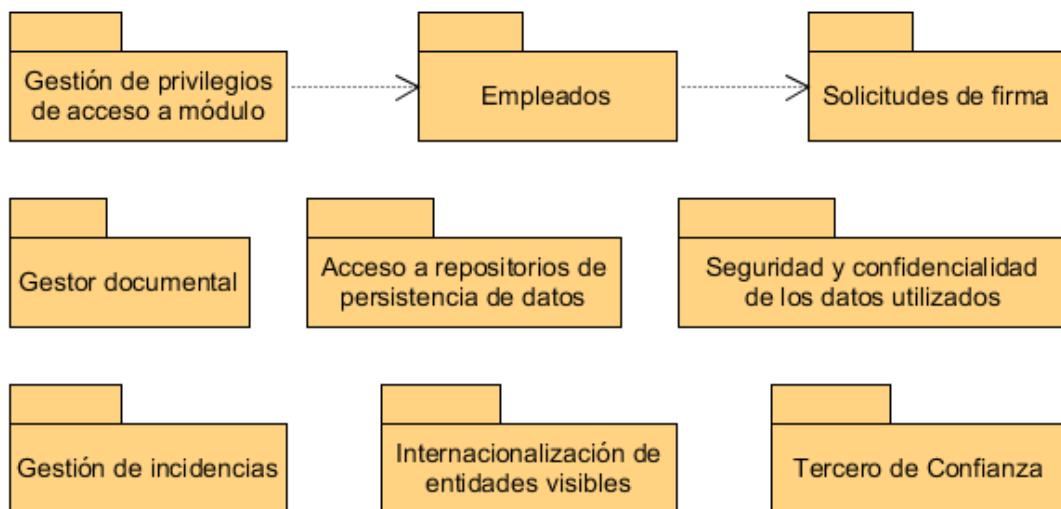


Imagen 9. Paquetes de análisis del módulo de gestión de firma digital de documentos

3.5.3 Requerimientos especiales del sistema

Por último, se han identificado ciertos requerimientos especiales que, si bien no suelen hacer referencia a la funcionalidad final de cada al usuario, presentan restricciones y necesidades propias del sistema, ya sea por su naturaleza o por los estándares de calidad de la organización en la que se desarrolla. Los requerimientos identificados son los siguientes:

- Persistencia de datos.
- Tolerancia a fallos.
- Internacionalización del idioma y la cultura.
- Seguridad de los datos.
- Disponibilidad del sistema.

3.6 Diseño y prototipado

El objetivo de la fase de diseño y prototipado es el de obtener un punto de partida para las actividades de implementación, gracias a los resultados obtenidos en la fase de análisis. En esta fase se ha realizado una descripción de la arquitectura del sistema, tanto a nivel físico como a nivel de organización. A continuación, se detallan las clases identificadas, así como el diseño de la base de datos. Por otro lado, se presentan los diferentes prototipos de la interfaz del módulo con la que interactuará el usuario. Este documento también ofrece un listado de especificaciones tanto tecnológicas como de diseño, en el que se presentan y describen las tecnologías a utilizar durante el desarrollo del proyecto.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos de esta fase. El documento íntegro puede consultarse en la sección de anexos adjuntos a esta memoria.

3.6.1 Especificaciones tecnológicas

Dado que este trabajo se realiza en la organización de Endalia, algunas de las tecnologías utilizadas en el proyecto son condicionadas debido a la necesidad de integrar el módulo en el resto de la aplicación de la entidad. Es por esto que se debe utilizar la plataforma .NET de Microsoft como la base de desarrollo del módulo de firma digital, utilizando el lenguaje de programación C# y el *Framework ASP.NET Web Forms* [\[W24\]](#). Para la gestión de los datos se ha utilizado el SGBD Microsoft SQL Server, así como NHibernate para el mapeo objeto-relacional (ORM) de las entidades en base de datos. Por otro lado, se ha hecho uso de ASP.NET Web API 2 para la gestión de las peticiones de firma del empleado y su comunicación con la API REST que ofrece el Tercero de Confianza.

3.6.2 Arquitectura física del sistema

La arquitectura física del sistema se compone de las siguientes partes:

- El módulo de gestión de firma digital que, integrado en los distintos procesos que requieren de firmar documentación dentro de la aplicación Endalia, es accesible desde cualquier navegador.
- La base de datos, el banco de la información relativo a las solicitudes de firma, al Gestor Documental y a las personas que gestionan sus firmas en los diferentes módulos. Está implementada desde el SGBD SQL Server.

3.6.3 Arquitectura lógica del sistema

El sistema está basado en la siguiente arquitectura multicapa:

- **Capa de cliente.** Formada por los componentes que se ejecutan en el cliente. En este caso es el navegador web desde el que se accede a la plataforma y el código JavaScript que se ejecuta en algunas páginas de la aplicación.
- **Capa de presentación.** Es la capa que se encarga de crear el interfaz gráfico que renderiza la capa cliente y de gestionar las interacciones de éste con el sistema. Esto se corresponde en el sistema con las páginas ASPX, controles ASCX y su código subyacente.
- **Capa de lógica de negocio.** Contiene los objetos que representan los datos almacenados en el repositorio de datos, así como la lógica necesaria para procesarlos. En el sistema se corresponde con la capa de acceso a datos, realizada a través del *Framework NHibernate*.
- **Capa de integración.** Contiene objetos que automatizan el acceso a datos. Esto se corresponde con los procedimientos almacenados en la base de datos y las consultas a nivel de código C#, apoyadas por NHibernate.
- **Capa de datos.** Contiene los sistemas de información de la aplicación, habitualmente una base de datos. En el sistema se corresponde con los archivos de recursos de la aplicación, y la base de datos, que contiene la información sobre los empleados, sus solicitudes y sus documentos firmados.
- **Capa de servicios web.** Contiene los puntos finales “*endpoints*”, los cuales son interfaces a través de las cuales la aplicación puede enviar y recibir mensajes para ejecutar acciones específicas, normalmente acompañadas de su lógica de negocio. Dichos *endpoints* están situados dentro de controladores en la *Web API*.

3.6.4 Estructura en subsistemas

Los subsistemas son un medio para organizar el modelo en partes más pequeñas y manejables. Una de las opciones para realizar esta actividad se basa en la identificación de subsistemas de diseño a partir de los paquetes definidos en la fase de análisis. A continuación, se presenta un listado con los subsistemas identificados para el módulo de gestión de firma digital, los cuales se detallan en profundidad en el documento de diseño adjunto en la sección de anexos de esta memoria:

- Subsistema de comunicación con Tercero de Confianza para las peticiones de firma.
- Subsistema de empleados.
- Subsistema de gestor documental.
- Subsistema de gestión de incidencias.
- Subsistema de acceso a base de datos.
- Subsistema de internacionalización de entidades visibles.
- Subsistema de seguridad de los datos utilizados.



3.6.5 Clases del sistema

Las diferentes clases que se han desarrollado para el módulo de gestión de firma digital se dividen en cuatro grupos diferenciados:

- **Clases de acceso a datos:** Son las encargadas de gestionar la persistencia de los datos del sistema y la interacción con la base de datos.
- **Clases de servicios web:** Son las relacionadas con los controladores existentes en la Web API que realiza las llamadas a la API REST de *Signaturit* y escucha tanto las peticiones de empleados como las notificaciones de *Signaturit*.
- **Clases de mapeo objeto-relacional de datos:** Son las encargadas de crear una representación de los datos persistentes en la base de datos en forma de objetos utilizables desde el código de la aplicación.
- **Clases auxiliares.**

Los detalles de estas clases se encuentran el documento de diseño adjunto a esta memoria.

3.6.6 Diseño de la base de datos

En este apartado se presenta una vista global del diseño de la base de datos resultante de las entidades identificadas en el análisis, adecuado al repositorio de datos que utiliza la aplicación. También se describen las tablas de la base de datos junto con sus atributos y las relaciones existentes entre ellas.

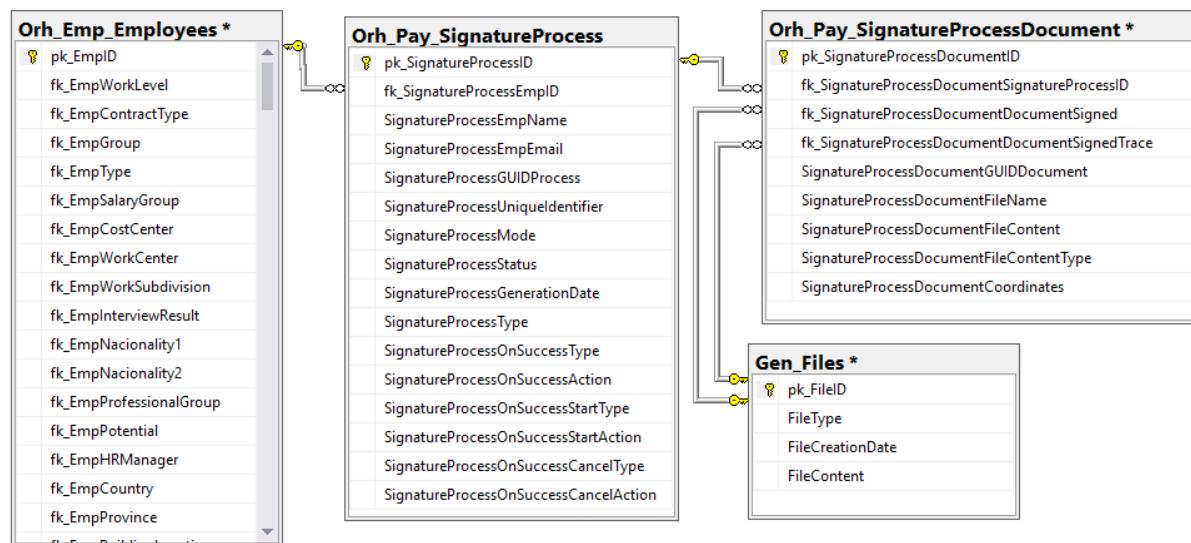


Imagen 10. Diseño relacional de la base de datos

En primer lugar, cabe destacar que todas las solicitudes de firma están relacionadas con un empleado en la tabla *Orh_Emp_Employees*, lo que indica quien ha sido su creador. Por otro lado, se tiene la tabla *Orh_Pay_SignatureProcess*, la cual se encarga de almacenar las peticiones de firma de los empleados. Finalmente, se tienen las tablas *Orh_Pay_SignatureProcessDocument* y *Gen_Files*; la primera almacena tanto una referencia al documento firmado como al documento que recoge todas las evidencias de firma, los cuales están guardados dentro de la tabla *Gen_Files*.

Adicionalmente a estas tablas, se tienen procesos que verifican periódicamente si la información almacenada es correcta, a modo de garantizar la seguridad de los datos, puesto que en este proyecto la seguridad es primordial.

La información más detallada de las tablas, sus atributos y sus relaciones se encuentra en el documento de diseño adjunto a esta memoria, ya que en este apartado se pretende únicamente dar una idea de los elementos básicos de la base de datos diseñada.



3.7 Implementación y pruebas

En la fase de implementación se parte del trabajo realizado en las fases de análisis y diseño con el fin de desarrollar una versión funcional del módulo de gestión de firma digital, siendo éste integrado en los diferentes módulos que requieren firmar documentación en el sistema de Gestión y Organización de Recursos Humanos de la organización Endalia.

El documento correspondiente a dicha fase se encuentra en la sección de anexos adjunta a esta memoria. En él se detallan las tecnologías, herramientas y lenguajes utilizados durante la implementación del sistema, mientras se describen los procesos seguidos para la implementación del módulo, la internacionalización de la aplicación, la gestión de incidencias, el acceso a datos, la implementación de la gestión de la firma digital, el gestor documental y la interfaz del usuario.

Dentro del proceso de implementación se pueden identificar las siguientes partes:

- Implementación de la base de datos: Creación de las tablas y las relaciones necesarias para el nuevo sistema en la base de datos, junto a las clases que permiten el acceso a los datos correspondientes y el correspondiente mapeo objeto-relacional.
- Implementación de los subsistemas identificados en el diseño, adecuándose a la interfaz definida previamente en la fase de diseño.

Una vez finalizada la implementación del sistema se pasa a la realización de pruebas del sistema. El objetivo de esta fase es el de detectar las partes del proceso que deben ser repetidas debido a que no alcanzan los estándares de calidad necesarios. Se han realizado tanto pruebas unitarias como pruebas del sistema. Esta fase está detallada en el anexo correspondiente adjunto a esta memoria, el cual contiene una descripción de las pruebas realizadas, así como los criterios de aceptación y el resultado de cada una.

3.8 Integración en los diferentes módulos que requieren firma de documentos e implantación en cliente

Tras haber implementado y validado el módulo de Gestión de firma digital, se procede a integrarlo en aquellos procesos dentro de la organización que requieren firmar documentación.

Por otro lado, y tras haber sido integrado en dichos procesos, se realiza la implantación del sistema en el entorno del cliente. Para ello, se ha programado una actualización del sistema en aquellos clientes que utilicen cualquiera de los procesos que requieren firmar documentación, en cuyos cambios de versión se incluía el módulo objeto de este trabajo. Antes de hacer efectiva la actualización, se han implementado unos scripts SQL de configuración para inicializar los datos necesarios en el entorno del cliente, así como para poder adaptar las tablas relacionadas con el Gestor Documental. Estos scripts están relacionados con la asignación de privilegios a los diferentes usuarios, crear una configuración inicial para los datos que serán gestionados en el Gestor Documental, etc.



4. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se muestran los resultados de este proyecto, a través de capturas de pantalla de la aplicación que ilustran el comportamiento conseguido. Dichas capturas se han realizado sobre un módulo sobre el cual se ha implantado el sistema de gestión de firma digital, en concreto el módulo de *Retribución Flexible*, el cual requiere que los empleados firmen documentación para establecer acuerdos con la empresa.

Dada la naturaleza de esta memoria no se ha incluido la totalidad de capturas de pantalla de la aplicación. Éstas se encuentran disponibles en el documento de implementación, adjunto a esta memoria. En el caso concreto de los correos electrónicos que se le envían al empleado, las imágenes pueden encontrarse en el documento de diseño, adjuntado también a esta memoria.

4.1.1 Página inicial del módulo

A continuación, se ofrece una vista de la página inicial del módulo, la cual consta de las siguientes partes:

- En la sección *Mi plan flexible* se pueden observar aquellos productos de los cuales se generará el documento a firmar por parte del empleado cuando solicite la firma. En su *estado* se puede observar que todavía están *pendientes de tramitar*.
- Aparece un mensaje informativo en la parte posterior de color amarillo que se actualiza periódicamente mostrando el estado en que se encuentra la firma digital. Estos mensajes son configurables a nivel de cada módulo en que se inserte la firma digital.
- En la sección de la izquierda, en *Pasos de la contratación*, se puede observar que se está en la fase de *Añadir productos*. Cuando el usuario realice la petición de firma la fase avanzará y estará en *Contratación y firma*.

Imagen 11. Página inicial del módulo



4.1.2 Página con la previsualización del documento a firmar

A continuación, se muestra la página en la que aparece una previsualización del documento que se enviará en la petición de firma si el empleado lo considera correcto. En caso contrario, modificará los productos correspondientes y regresará a esta pantalla para comprobar que todo es correcto. Por otro lado, podrá descargar dicho documento si lo desea.

Firma de la documentación

RESUMEN CONTRATACION SISTEMA COMPENSACIÓN FLEXIBLE

DETALLES

REUNIDOS

ACTUAR

RECONOCIMIENTO

BIMPUESTAR

FIRMAR AHORA

FIRMAR MÁS TARDE

DESCARGAR

Imagen 12. Pantalla de previsualización del documento a firmar

4.1.3 Ventana emergente para gestionar la firma de la documentación

A continuación, se muestra la ventana emergente cuando se haga clic sobre el botón *Firmar ahora* de la imagen anterior. Desde esta ventana puede gestionarse la petición de firma. En un primer lugar, dado que la petición todavía no ha sido creada, sólo aparece la opción de *Firmar*, la cual crea una petición de firma, junto a una descripción de cómo realizar el proceso. Si la petición se realiza de manera correcta, se le redirige al usuario a la ventana inicial del módulo y ejecuta las acciones de creación de petición de firma correcta en forma de *procedimiento almacenado*, si tuviera alguna. Además, gracias a la integración con *Signaturit*, el empleado recibe un correo automático con el enlace para firmar en la aplicación web que proporciona. En caso de que hubiera problemas tanto al ejecutar las acciones como al crear la petición de firma, muestra un error en forma de alerta dentro de la ventana emergente.



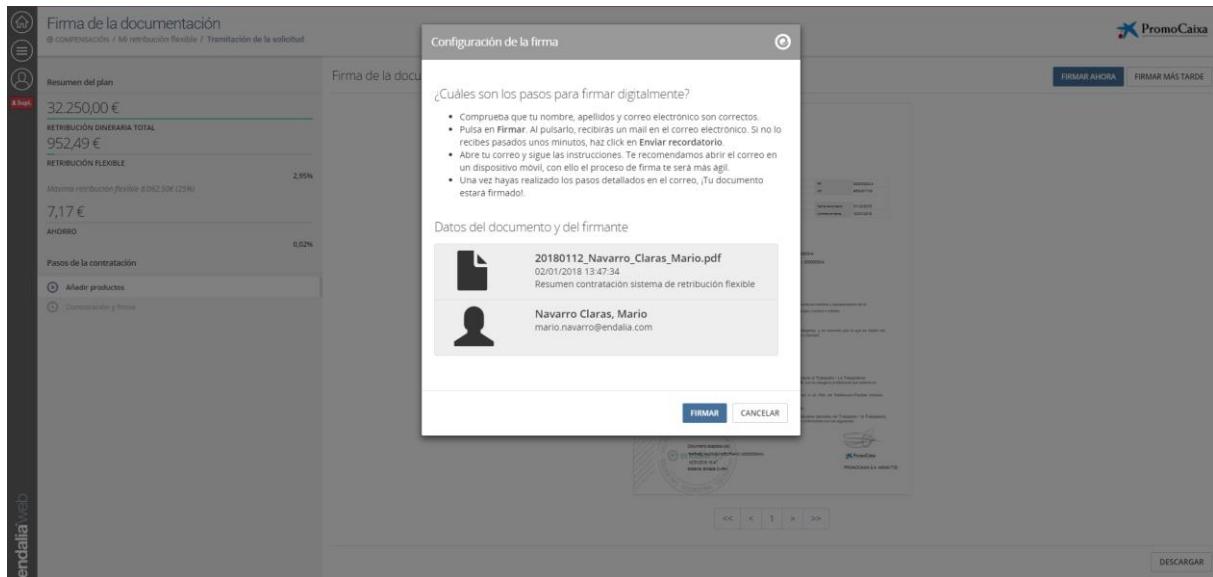


Imagen 13. Ventana emergente para gestionar la firma de documentación

A continuación, se pueden observar las opciones de firma si una petición de firma se ha creado correctamente. Dichas opciones son las relativas a poder enviar un recordatorio de petición de firma, o bien cancelarla.

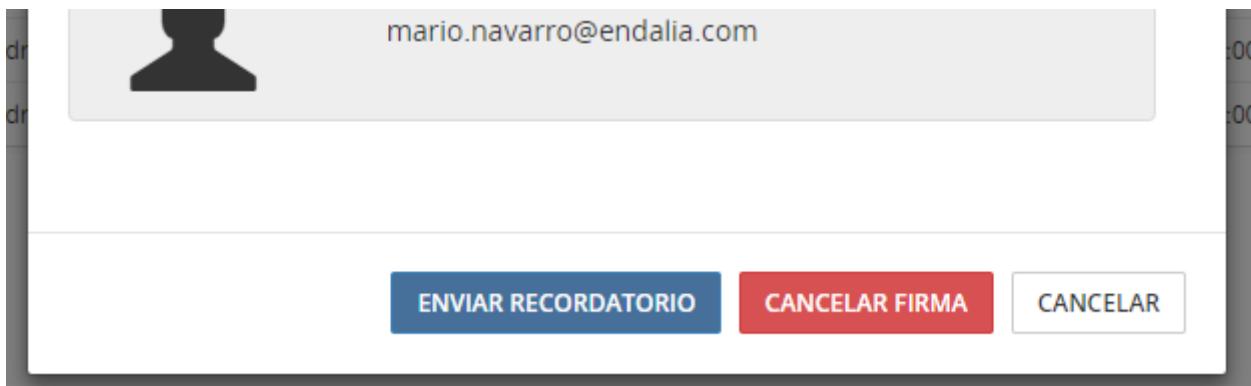


Imagen 14. Opciones de la ventana emergente para cancelar firma y enviar recordatorio

4.1.4 Página del módulo indicando que la firma está en curso

A continuación, se muestra la pantalla inicial del módulo indicando mediante el mensaje que anteriormente se ha comentado (el cual se actualizaba periódicamente), que hay un proceso de firma activo esperando a que la documentación sea firmada. Además, puede abrirse mediante el botón *Ver estado* la ventana emergente para gestionar la firma, por si deseara cancelarla u obtener un recordatorio.

Como se ha comentado al principio, los *Pasos de la contratación* han avanzado y ahora se encuentra en la fase de *Contratación y firma*, además del estado de los productos (*Pendiente de firma*). Esto se ha conseguido ejecutando una serie de acciones bajo un *procedimiento almacenado* cuando se ha generado la petición de firma.



Imagen 15. Página inicial del módulo indicando que la firma está en proceso

4.1.5 Interfaz de firma en dispositivo móvil

A continuación, se muestra la interfaz que tiene el empleado a la hora de realizar la firma de documentación en su dispositivo electrónico. Como se ha comentado anteriormente, a esta interfaz se accede a través del enlace proporcionado en el correo electrónico que recibe el empleado cuando genera una petición de firma correctamente.

En dicha interfaz web, el empleado puede firmar la documentación siguiendo los pasos que se le indican. Una vez que completa el proceso, recibe un correo electrónico indicando que proceso de firma ha finalizado, incluyendo una copia del documento firmado.

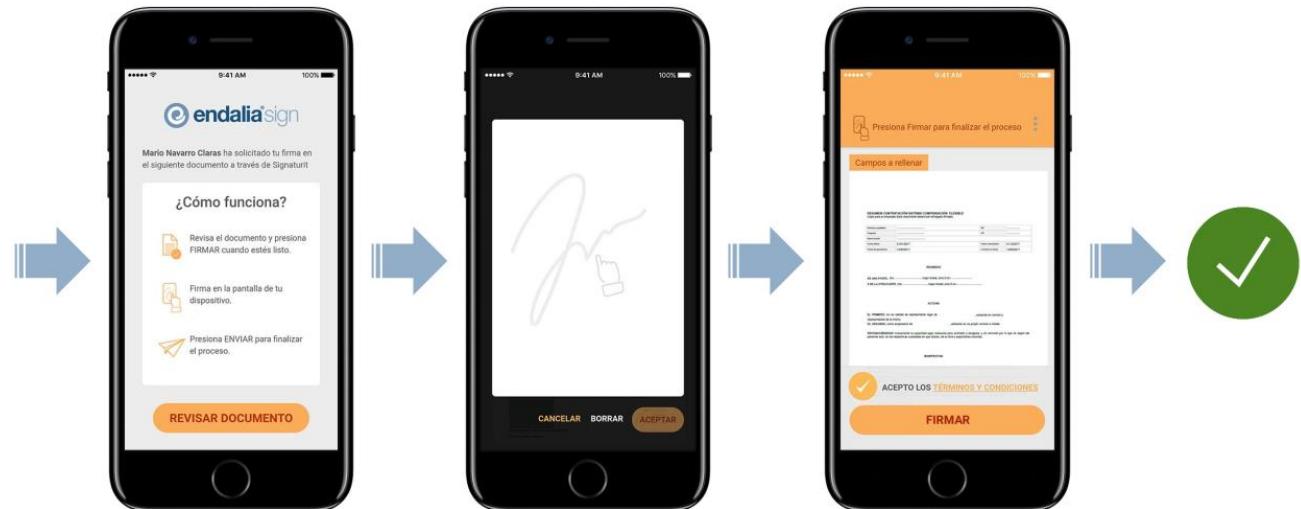


Imagen 16. Interfaz móvil para firmar documentación



4.1.6 Página del módulo indicando que la firma ha finalizado

A continuación, se muestra la pantalla inicial del módulo cuando el empleado ha finalizado la firma de su documentación. Mediante el mensaje de actualización periódica se ha actualizado su texto indicando que puede seguir añadiendo productos para poder así generar otra petición de firma en un futuro.

Además, los *Pasos de la contratación* han variado de nuevo y vuelve a estar en la primera fase de *Añadir productos*. Por otro lado, los productos que aparecen también han variado y ahora están en estado *Contratado*. Esto se ha conseguido ejecutando una serie de acciones bajo un *procedimiento almacenado* cuando ha terminado el proceso de firma (que tiene lugar después de haber almacenado en el Gestor Documental el documento firmado y el probatorio).

Finalmente, ha aparecido la sección de *Registro de contratos firmados*. Desde aquí, el empleado puede descargar cualquiera de los documentos firmados con anterioridad, obtenidos a partir del Gestor Documental.



The screenshot shows the 'Mi retribución flexible' module for the period 'Enero - Diciembre 2018'. The main summary table includes:

Resumen del plan	32.250,00 €
RETRIBUCIÓN DINERARIA TOTAL	952,49 €
RETRIBUCIÓN FLEXIBLE	2,95% Maxima retribución flexible 8.062,50€ (25%)
AHORRO	7,17 € 0,02%

Under 'Pasos de la contratación', there are buttons for 'Añadir productos' and 'Contratación y firma'. The 'GESTIÓN DE PRODUCTOS' section shows a table for 'Mi plan flexible' with one item:

Producto	Meses	Beneficiarios	Importe flexible	Estado
Adeslas Extra	Feb. - Dic.	Mario Navarro Claras	952,49 €	Contratado

The 'REGISTRO DE CONTRATOS FIRMADOS' section shows a table with one entry:

Fichero	Empleado	Fecha de tramitación
20180102_Navarro_Claras_Mario.pdf	Navarro Claras, Mario	02/01/2018 18:15:00

Buttons for 'AÑADIR' and 'TRAMITAR' are also present.

Imagen 17. Página principal del módulo indicando que el proceso de firma ha concluido



5. CONCLUSIONES

En los siguientes apartados se van a presentar las conclusiones de este trabajo. Primero se estudia el grado de cumplimiento de los diferentes objetivos definidos en el apartado [1.2](#), de tal manera que se obtengan conclusiones objetivas del proyecto. A continuación, se presentan tanto las líneas de trabajo futuro en relación con este proyecto como unas ideas de mejora que, si bien no habían sido requeridas por el cliente, de implementarlas darían mayor valor al sistema. Por último, se realiza una pequeña valoración personal sobre el trabajo y su desarrollo.

5.1 Del proyecto

Para valorar el desarrollo del trabajo y obtener conclusiones sobre éste se va a proceder a analizar los resultados obtenidos en función de los objetivos definidos en la sección [1.2](#) y de los requisitos definidos en el anexo *Especificación de requisitos*.

El objetivo principal de este proyecto era el de crear una aplicación web que permitiera firmar documentación a través de la firma digital, de tal forma que los empleados tuvieran una forma simple y guiada de firmar su documentación. El sistema desarrollado cumple este objetivo ofreciendo un completo sistema de gestión de firma de documentos para aquellos módulos en los cuales sea preciso ser integrado, además de resolver todas las necesidades que se plantearon inicialmente por el cliente.

Otro objetivo, esta vez relacionado con el Gestor Documental, era el de poder custodiar los documentos firmados en un entorno seguro, de tal forma que la información perdure en el tiempo y pueda ser consultada por los empleados en cualquier momento. El sistema desarrollado cumple este objetivo, en primer lugar, gracias a la política de copias de seguridad que existe dentro de la organización Endalia. Además, posee un segundo nivel de seguridad, que se trata de la custodia documental que ofrece *Signaturit*, el cual tiene el derecho y obligación de almacenar los documentos por un periodo mínimo de 5 años.

El siguiente objetivo consistía en cumplir todos los estándares que dicta la LOPD (Ley Orgánica de Protección de Datos [\[W26\]](#)), además de los dictados por el Reglamento (UE) Nº 910/2014 (eIDAS [\[W28\]](#)). El sistema desarrollado cumple este objetivo gracias a la subcontratación del servicio que proporciona *Signaturit*, el Tercero de Confianza. Además, la información almacenada y utilizada en la aplicación de Endalia también ofrece mecanismos que garantizan la seguridad, confidencialidad e integridad de los datos.

En el ámbito de desarrollo profesional, existía un objetivo relacionado con conocer, utilizar y adaptarse a las tecnologías utilizadas en la empresa, y que serían utilizadas en el desarrollo de este proyecto. Se puede decir que el objetivo, siendo únicamente conocer, utilizar y adaptarse a las tecnologías, se ha cumplido con éxito. Sin embargo, todavía existe margen de mejora en este ámbito, dado que ser un experto en dichas tecnologías en el tiempo de desarrollo y la duración de este proyecto resulta demasiado ambicioso.

Lo mismo se puede decir acerca del objetivo relacionado con comprender, analizar y justificar las metodologías, procesos, planificaciones y herramientas utilizadas en la organización, y cómo de adecuadas son para el trabajo a desarrollar. Si bien este proyecto ha bastado para tener una comprensión general de todos estos aspectos, se requiere de trabajo en el futuro para dominar este ámbito.

En cuanto a los últimos objetivos, referentes a formar parte de un equipo de desarrollo de software en un entorno empresarial, de forma que complemente la formación recibida en la Universidad, también se puede decir que se han cumplido. En los meses que ha tenido lugar este proyecto, se ha tenido la oportunidad de poner a prueba todo lo aprendido y de complementarlo de la mano del resto de profesionales del equipo, lo que tiene un gran valor en la formación de un ingeniero.



5.2 Ideas de mejora y trabajo futuro

Como se ha explicado a lo largo de esta memoria, el proyecto ha sido desarrollado prestando especial atención en la adaptabilidad del módulo tanto a otros clientes de la organización, así como a cualquiera de los procesos que requieren de firmar documentación. Por esto, el trabajo más inmediato a realizar es implantar el sistema en todos los clientes que lo necesiten, realizando las tareas de configuración e implantación detalladas en el punto [3.8](#). Por otro lado, y dado que la integración de este módulo se ha realizado únicamente en un proceso que requiere firmar documentación (el módulo de *Retribución Flexible*), resulta de interés implantar este nuevo sistema al resto de módulos, por las ventajas que ofrece la firma digital frente a la firma manuscrita, en la medida que sea posible.

Como consecuencia de esto, se espera ampliar el módulo con las futuras peticiones provenientes de otros clientes, añadiendo más funcionalidades al conjunto del proyecto.

Además, se considera que el sistema tiene margen de mejora en el aspecto de accesibilidad. Se espera que en el futuro el sistema sea compatible con el estándar internacional “Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web” (WCAG 2.0 [\[W34\]](#)), en el que se detallan una serie de pautas que debe cumplir una aplicación web para tener un alto grado de accesibilidad. Entre éstas destacan, por ejemplo, el hecho de facilitar el uso de la aplicación a personas con algún tipo de discapacidad visual mediante la escucha.

5.3 Valoración personal

En esta última sección se pretende abandonar el estilo formal de redacción del resto del documento para dar así una valoración personal del proyecto realizado.

Por lo general, estoy satisfecho del proyecto que he tenido la oportunidad de desarrollar. Principalmente porque ha supuesto una experiencia en mi formación como ingeniero, complementando lo que he tenido oportunidad de aprender en la universidad. Haber tenido la posibilidad de integrarme en un equipo profesional de desarrolladores de software y poder participar en la totalidad de un proyecto empresarial ha sido uno de los aspectos más enriquecedores que he tenido a lo largo de toda mi formación. Esto me ha permitido tener un primer contacto con el mundo empresarial, y por tanto aislarme de la “burbuja” universitaria, donde no tenemos una experiencia real con clientes.

El trabajo en Endalia ha sido satisfactorio y gratificante a nivel personal, ya que he tenido la ocasión de conocer las dinámicas de la organización y de trabajar adaptándome a cada una de las tecnologías y herramientas con las que se desenvuelve la empresa. Además, la relación con mis compañeros de equipo ha sido excepcional, de forma que fue muy sencillo integrarme en la organización, puesto que se han preocupado de darme ánimos para realizar el proyecto y solucionar determinadas dudas que me surgieron a lo largo del mismo.

Por otro lado, me ha gustado conocer más a fondo cómo funciona todo lo relacionado con la firma digital, ya que ha supuesto un reto saber realmente cuándo un proveedor ofrecía realmente lo que decía y cuando no (sobre todo en la fase del estudio de mercado). Es ahí cuando me di cuenta de que algunas empresas venden un producto que no es tan bueno como dice ser, y de que un contrato con un proveedor externo debe ser bien leído antes de firmarse, para evitar sorpresas en un futuro.

Como conclusión, me siento orgulloso del trabajo realizado y satisfecho por haberlo sacado adelante cumpliendo con los plazos y objetivos marcados dentro de la organización. Realizar este Trabajo de Fin de Grado en una empresa como Endalia ha sido una experiencia positiva que recomiendo a todos aquellos que busquen una manera de comenzar el mundo del desarrollo de software.



6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 Referencias

[R1] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh. 2000. "El Proceso Unificado de Desarrollo de Software". Pearson Education.

6.2 Referencias web

[W1] Endalia. *Organización sobre la cual se desarrolla el modulo.* <http://www.endalia.com> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W2] Microsoft. *Consulta de información asociada al Proyecto.* <http://www.microsoft.com/net> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W3] Wikipedia. *Consulta de información asociada al Proyecto.* <http://www.wikipedia.org> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W4] UML. *Object Management Group.* <http://www.uml.org> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W5] DEPOSITA. *Repositorio Institucional de Documentos.* <https://deposita.unizar.es/?ln=es> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W6] TFS. *Microsoft Team Foundation Server.* <https://www.visualstudio.com/es/tfs/> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W7] Signaturit. *Tercero de Confianza que firma y certifica documentos.* <https://www.signaturit.com/es> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W8] Signaturit. *El sellado de tiempo y su relación con la firma electrónica.* <https://blog.signaturit.com/es/la-autoridad-de-sellado-de-tiempo-un-cierre-hermético-para-brindar-mayor-seguridad-a-la-firma-electrónica> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W9] Signaturit. *¿Qué es y qué evidencias electrónicas recoge el documento probatorio?*

<https://blog.signaturit.com/es/que-es-y-que-evidencias-electronicas-recoge-el-documento-probatorio> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W10] Signaturit. *¿Cómo se analizan las firmas dudosas en un proceso judicial?* <https://blog.signaturit.com/es/como-se-analizan-las-firmas-dudosas-en-un-proceso-judicial> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W11] Signaturit. *Los datos biométricos en el nuevo Reglamento de Protección de Datos*

<https://blog.signaturit.com/es/el-impacto-del-nuevo-reglamento-de-protección-de-datos-en-el-tratamiento-de-datos-biometricos> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W12] Signaturit. *Firma electrónica simple, avanzada y cualificada* <https://blog.signaturit.com/es/firma-electronica-simple-vs-avanzada> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W13] Infragistics NetAdvantage. <https://www.infragistics.com/> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W14] Microsoft. *Internet Information Services.* <https://www.iis.net/> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W15] Wikipedia. *Microsoft .NET Framework.* https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_.NET [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W16] Microsoft. *SQL Server 2016.* <https://www.microsoft.com/es-es/sql-server/sql-server-2016> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W17] Microsoft. *Introducción a ASP.NET.* <https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/overview> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W18] Microsoft. *ASP.NET Web API 2.* <https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/web-api/> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W19] Microsoft. *Visual Studio 2015.* <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd831853.aspx> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W20] Microsoft. *SQL Server Management Studio (SSMS).* <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms> [Accedido el 2 Ene. 2018].

[W21] Microsoft. *Referencia de Transact SQL (T-SQL).* [https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms189826\(v=sql.90\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms189826(v=sql.90).aspx) [Accedido el 2 Ene. 2018].



- [W22] Logging Apache. *Log4Net*. <https://logging.apache.org/log4net/> [Accedido el 2 Ene. 2018].
- [W23] NHibernate. *Documentación*. <http://nhibernate.info/doc/index.html> [Accedido el 2 Ene. 2018].
- [W24] Microsoft. *Formularios Web Forms de ASP.NET*. <https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/web-forms/> [Accedido el 2 Ene. 2018].
- [W25] Microsoft. *Información general sobre formularios Windows Forms*. [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/8bxxv49h\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/8bxxv49h(v=vs.110).aspx) [Accedido el 2 Ene. 2018].
- [W26] Signaturit. *Privacidad y cumplimiento de la LOPD*. <https://www.signaturit.com/es/privacidad> [Accedido el 2 Ene. 2018].
- [W27] Signaturit. *¿Qué es un prestador de servicios electrónicos de confianza?* <https://blog.signaturit.com/es/que-es-un-prestador-de-servicios-electronicos-de-confianza> [Accedido el 3 Ene. 2018].
- [W28] Signaturit. *elDAS: nuevos tiempos para la firma electrónica en Europa* <https://blog.signaturit.com/es/eidas-nuevos-tiempos-para-la-firma-electronica-en-europa> [Accedido el 3 Ene. 2018].
- [W29] Signaturit. *API REST para desarrolladores*. <https://docs.signaturit.com/api/latest> [Accedido el 3 Ene. 2018].
- [W30] Signaturit. *Seguridad y privacidad*. <https://www.signaturit.com/es/seguridad> [Accedido el 3 Ene. 2018].
- [W31] Signaturit. *Vista general del panel de control*. <https://help.signaturit.com/hc/es/articles/115001472529-Vista-general-del-panel-de-control> [Accedido el 6 Ene. 2018].
- [W32] Signaturit. *Vista general del menú de configuración*. <https://help.signaturit.com/hc/es/articles/115001668745-Vista-general-del-men%C3%BA-de-configuraci%C3%B3n> [Accedido el 6 Ene. 2018].
- [W33] Signaturit. *Cómo firmar un documento*. <https://help.signaturit.com/hc/es/articles/207071209-Firmar-un-documento-con-firma-digital-avanzada> [Accedido el 6 Ene. 2018].
- [W34] WCAG. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. <http://www.sidar.org/traducciones/wcag20/es/> [Accedido el 7 Ene. 2018].
- [W35] BOE. *Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-23399&b=5&tn=1&p=20151002#a1> [Accedido el 25 Ene. 2018].
- [W36] Endalia. *Software de recursos humanos*. <https://www.endalia.com/software/> [Accedido el 25 Ene. 2018].

