

SISTEMA DE VOTACIONES ELECTRÓNICO

MEMORIA

DATOS DEL ALUMNO

NOMBRE: MIKEL

APELLIDOS: NIETO IRURETA

DNI: 79046076K

DATOS DEL DIRECTOR

NOMBRE: JAVIER

APELLIDOS: ÁLVEZ GIMÉNEZ

DEPARTAMENTO: LSI

RESUMEN

El TFG (Trabajo de Fin de Grado) que se presenta a continuación fue propuesto por el alumno Mikel Nieto y revisado por el profesor Javier Álvez.

Este trabajo trata del desarrollo de un sistema de votaciones electrónico.

Un proceso electoral supone un gasto importante para el estado que lo realiza y la gran necesidad de personal. Con este sistema se pretende dinamizar dicho proceso tanto en el aspecto económico como en la utilización de personal.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.	JUSTIFICACIÓN Y PROPÓSITO.....	1
1.3.	DEFINICIONES, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	2
2.	DOCUMENTO DE OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
	OBJETIVOS	3
2.1.	ALCANCE.....	4
2.1.1.	<i>Recursos materiales.....</i>	4
2.1.2.	<i>Recursos humanos.....</i>	4
2.1.3.	<i>Método de trabajo.....</i>	5
2.2.	ARQUITECTURA.....	7
2.2.1.	<i>Herramientas.....</i>	8
2.2.2.	<i>Solución tecnológica.....</i>	9
2.2.3.	<i>Licencia.....</i>	9
2.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS.....	9
2.3.1.	<i>EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo).....</i>	10
2.3.2.	<i>Descripción de los procesos</i>	11
2.4.	PLANIFICACIÓN TEMPORAL.....	12
2.4.1.	<i>Diagrama de GANTT.....</i>	14
2.5.	EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	15
2.5.1.	<i>Descripción y Análisis según categoría</i>	15
2.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	19
2.6.1.	<i>Ingresos</i>	19

2.6.2.	<i>Salario del analista programador.....</i>	20
2.6.3.	<i>Amortización del equipo utilizado.....</i>	21
2.6.4.	<i>Alquiler lugar de trabajo.....</i>	21
2.6.5.	<i>Software.....</i>	21
2.6.6.	<i>Gastos Comunes.....</i>	22
2.6.7.	<i>Total.....</i>	22
3.	ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....	25
3.1.	SITUACIÓN ACTUAL.....	25
3.2.	ESTUDIO DE DIFERENTES ALTERNATIVAS.....	25
4.	CAPTURA DE REQUISITOS.....	31
4.1.	CASOS DE USO.....	32
4.2.	MODELO DE DOMINIO.....	33
5.	ANÁLISIS Y DISEÑO.....	35
5.1.	LIBRERÍAS Y PLANTILLAS.....	35
5.2.	PATRONES.....	35
5.3.	CLEAN CODE.....	36
5.4.	MODELO DE LA BASE DE DATOS.....	37
5.5.	DIAGRAMA DE CLASES.....	38
5.5.1.	<i>Administración.....</i>	39
5.5.2.	<i>Usuario.....</i>	41
6.	DESARROLLO.....	43
7.	VERIFICACIÓN Y EVALUACIÓN.....	49
8.	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	53
8.1.	PLANIFICACIÓN FINAL.....	53

8.2.	CONCLUSIONES	54
8.3.	MEJORAS	56
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
I.	ANEXO I.- CASOS DE USO EXTENDIDOS	58
1.1.	IDENTIFICARSE	58
1.2.	VOTAR.....	60
1.3.	GENERAR VOTACIÓN.....	62
1.4.	INICIAR VOTACIÓN	66
1.5.	FINALIZAR VOTACIÓN	68
1.6.	HISTÓRICO DE VOTACIONES	70
II.	ANEXO II.- DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	73
2.1.	IDENTIFICARSE	73
2.2.	INTRODUCIR PIN	74
2.3.	VOTAR.....	75
2.4.	GENERAR VOTACIÓN.....	76
2.5.	OBTENER RESULTADOS	77
III.	ANEXO III.- MANUAL DE USUARIO PARA LA VOTACIÓN.....	79
3.1.	IDENTIFICACIÓN	79
3.2.	VOTAR.....	80
IV.	ANEXO IV.- MANUAL DE GESTIÓN DE LA INTERFAZ DE ADMINISTRACIÓN	81
4.1.	PANTALLA INICIAL.....	81
4.2.	INICIAR VOTACIÓN	82
4.3.	FINALIZAR VOTACIÓN.....	82
4.4.	CREAR VOTACIÓN.....	83
4.5.	HISTÓRICO DE VOTACIONES.....	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Infraestructura Cliente/Servidor	7
Ilustración 2-Herramientas utilizadas	8
Ilustración 3. Tabla de herramientas	8
Ilustración 4- Descomposición del trabajo	10
Ilustración 5- Planificación temporal.....	12
Ilustración 6- Descripción de sprints	13
Ilustración 7- Tiempo en tareas	14
Ilustración 8- Diagrama de Gantt	14
Ilustración 9 - Riesgos baja médica	15
Ilustración 10 - Riesgos problemas suministro eléctrico.....	16
Ilustración 11 - Riesgos problemas de hardware.....	16
Ilustración 12 - Riesgos problemas de software	17
Ilustración 13 - Riesgos incumplimiento de requisitos	17
Ilustración 14 - Riesgos de errores en la planificación	18
Ilustración 15- Riesgos de nuevos requisitos.....	18
Ilustración 16- Coste Total Implantación.....	22
Ilustración 17- Coste total analista programador	23
Ilustración 18- Mapa países con implantación	25
Ilustración 19- Jerarquía de actores	31
Ilustración 20- Diagrama completo de Casos de Uso.....	31
Ilustración 21- Modelo de Dominio	33
Ilustración 22- Diagrama general de la base de datos	37
Ilustración 23- Diagrama de clases Administración	39
Ilustración 24- Diagrama de clases usuario	41
Ilustración 25- Pruebas	51
Ilustración 26- Planificación Final Real	53
Ilustración 27- Caso de Uso Extendido - Identificarse.....	58
Ilustración 28 - Pantalla inicial de identificación	59

Ilustración 29- Pantalla introducción del pin.....	59
Ilustración 30- Caso de Uso Extendido - Votar	60
Ilustración 31- Pantalla de voto	61
Ilustración 32- Caso de Uso Extendido - Generar Votación.....	62
Ilustración 33 -Actualizar censo	63
Ilustración 34- Formulario crear votación	63
Ilustración 35- Alternativas almacenadas	64
Ilustración 36- Pantalla inicial administración.....	64
Ilustración 37- Crear Alternativa	65
Ilustración 38- Caso de Uso Extendido - Iniciar Votación.....	66
Ilustración 39- Espera realización de votación	67
Ilustración 40- Caso de Uso Extendido - Finalizar Votación	68
Ilustración 41- Resultados de la votación.....	69
Ilustración 42- Caso de Uso Extendido - Histórico de Votaciones	70
Ilustración 43- Pantalla de histórico de votaciones	71
Ilustración 44- Diagrama de Secuencia - Identificarse	73
Ilustración 45- Diagrama de Secuencia - Introducir Pin	74
Ilustración 46- Diagrama de Secuencia - Votar.....	75
Ilustración 47- Diagrama de Secuencia - Generar Votación.....	76
Ilustración 48 - Diagrama de Secuencia - Obtener Resultados	77
Ilustración 49- Pantalla inicial de identificación	79
Ilustración 50- Pantalla introducción del pin.....	80
Ilustración 51 -Pantalla de voto	80
Ilustración 52- Pantalla inicial administración.....	81
Ilustración 53- Espera realización de votación	82
Ilustración 54- Resultados de la votación.....	83
Ilustración 55- Formulario crear votación	84
Ilustración 56- Actualizar censo	84
Ilustración 57- Alternativas almacenadas	85

Ilustración 58- Crear Alternativa	85
Ilustración 59- Pantalla de histórico de votaciones	86

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Existen varios países que han intentado implantar un sistema de votación electrónica, entre ellos se podrían destacar EEUU, Brasil, Venezuela y Filipinas. Sin embargo, en ninguno de ellos se ha implantado de forma completa, ya que estos sistemas solamente han sido utilizados por una parte de la población en el proceso electoral. Además, en varios casos han surgido problemas de funcionamiento y en el recuento final de los votos. En lo que se refiere a un sistema con características similares que pretenda contabilizar todos los votos de las elecciones de un estado, no se ha llegado a realizar. Es por eso que surge la posibilidad de desarrollar un sistema que se haga cargo por completo de un proceso electoral, ya que es evidente la necesidad de la tecnología en nuestra vida diaria y, además de ser más eficiente económicamente, se podrían evitar posibles amañes y obtener los resultados inmediatamente.

1.2. Justificación y propósito

En este proyecto se pretende desarrollar un sistema informático que facilite el proceso de votación de los ciudadanos en las elecciones. El funcionamiento general del sistema permite al usuario identificarse a través de su DNI electrónico para acto seguido mostrar por pantalla las diferentes opciones de voto donde el usuario elegiría, pulsando sobre el logotipo del partido,

hacía quien dirige su voto. Una vez realizada la votación se volvería a la pantalla inicial para que el siguiente usuario proceda a identificarse. En el momento en el que un usuario indicara a qué partido vota, el sistema actualizará automáticamente el recuento de los votos. El sistema se encargará de realizar el recuento final, además de crear y rellenar todas las actas de escrutinio necesarias a nivel local, provincial y autonómico. Además, cabe la posibilidad de ampliar esta funcionalidad del sistema añadiendo estadísticas o gráficos a partir de los resultados obtenidos.

1.3. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

BD: Base de datos

DNIe: Documento Nacional de Identidad Electrónico

TFG: Trabajo Fin de Grado

2. Documento de objetivos del proyecto

Objetivos

El objetivo principal de este proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación informática que implemente un sistema de voto electrónico seguro para ser utilizado en procesos electorales políticos y consultas populares.

El funcionamiento general del sistema deberá permitir al usuario identificarse a través de su DNI electrónico para acto seguido mostrar por pantalla las diferentes opciones de voto. Pulsando sobre una de las opciones, el usuario podrá elegir hacia cuál dirige su voto. Una vez realizada la votación, el sistema deberá volver a la pantalla inicial para que el siguiente usuario pueda votar. En el momento en el que un usuario vota, el sistema actualizará automáticamente el recuento de los votos.

La aplicación únicamente estará disponible para realizar el proceso de votación en el día y horario indicado en la convocatoria electoral.

Una vez finalizado el horario de votación, el sistema se encargará de enviar el recuento final, además de crear y rellenar todas las actas de escrutinio necesarias. También, cabe la posibilidad de ampliar esta funcionalidad del sistema añadiendo estadísticas o gráficos a partir de los resultados obtenidos.

Cabe destacar que este sistema mantendría el anonimato sobre los votos. Es decir, no quedaría guardado en ninguna parte qué persona a votado a qué partido, únicamente se podría saber si una persona a votado o no y cuantos votos a obtenido cada partido.

El fin de este sistema será el ahorro de material que se utiliza a la hora de imprimir las papeletas, los sobres, las delegaciones, etc. Además, también son objetivos importantes el evitar posibles amaños a la hora de realizar el escrutinio y, por último, no obligar a nadie a permanecer el día completo en una mesa electoral.

2.1. Alcance

2.1.1. Recursos materiales

Además de los materiales de oficina, tanto alumno como director emplearán ordenadores con un determinado software acordado para evitar incompatibilidades, una conexión a Internet para la comunicación, y la gestión del proyecto en un servidor web en la nube.

Todo el software que utilizaremos será de carácter gratuito o con licencia académica para alumnos de la universidad.

2.1.2. Recursos humanos

Los perfiles disponibles en la elaboración del siguiente proyecto son el alumno y el director. El alumno se encargará de la investigación, adquisición de los conocimientos necesarios y el desarrollo del proyecto. El cometido del director del proyecto será el de orientar y aconsejar al alumno.

El tiempo total estimado para la realización de este Trabajo Fin de Grado es de 360 horas.

2.1.3. Método de trabajo

La comunicación entre el alumno y su director se llevará a cabo de forma telemática y presencial usando los recursos online disponibles considerados óptimos para cada situación.

Se realizarán reuniones periódicas presenciales entre el director y el alumno para comentar el progreso del proyecto, la gran mayoría en la Escuela de Ingeniería de Bilbao-Sección ITI.

Se utilizará la metodología ágil de desarrollo Scrum¹ utilizando el ciclo de vida iterativo e incremental que proporciona mayor flexibilidad ante los cambios o nuevos requerimientos. Al estar inmerso dentro de un proyecto que incluye una tecnología inmadura que requiere una formación es muy probable que vayan surgiendo ampliaciones. Por su naturaleza la incertidumbre es elevada.

Se divide la duración total del proyecto en diferentes sprints, tras los cuales se realizarán las reuniones de seguimiento con el director. El número de reuniones estará sujeto a modificaciones según necesidades del alumno.

En estas reuniones se revisan las tareas realizadas durante ese periodo de tiempo, y se deciden las tareas a desarrollar durante el siguiente sprint. Tras cada etapa, se irá consiguiendo un prototipo del proyecto final con más requisitos satisfechos.

¹ <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>

En general, los pasos a seguir son los siguientes:

- Identificar y especificar las tareas a realizar.
- Realizar un análisis de ellas, crear un diseño, implementar el diseño mediante componentes, y realizar las pruebas necesarias para verificar que los componentes satisfacen las tareas.
- Si una iteración cumple con sus objetivos, el desarrollo continúa con la siguiente.

Si no, se deben revisar las decisiones previas y probar con un nuevo enfoque.

El procedimiento para la toma de decisiones seguirá el siguiente formato:

- El director acuerda con el alumno el siguiente sprint.
- En caso de que el alumno aporte alguna idea más y al director le parezca correcto pasará a ser parte del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto podrían surgir nuevas tareas o ser modificadas las ya existentes. Los cambios que se puedan producir se estudiarán entre el alumno y el director, y no se podrán hacer modificaciones a no ser que las dos partes implicadas estén de acuerdo.

Cuando haya que entregar un documento oficial, este será elaborado en su totalidad con la aplicación Microsoft Word, utilizando el formato DOCX y para su entrega se utilizará el formato PDF.

El almacenamiento de los datos referentes al proyecto se realizará a través del servicio de alojamiento gratuito en la nube de Dropbox. Este servicio permite a los usuarios almacenar y sincronizar archivos en línea y entre ordenadores, y compartir archivos y carpetas con otros usuarios y otros

dispositivos. Este proyecto poseerá una estructura tal que permita mantener separados y ordenados los ficheros con documentos entregados, los que están siendo elaborados y los referentes a código de la aplicación en sus diferentes versiones.

2.2. *Arquitectura*

La aplicación estará dividida en roles, una parte de administración y otra de usuario. La parte de administración se encargará de generar las distintas votaciones y de iniciar una votación que previamente haya sido creada. Una vez iniciada, en cualquier momento podrá detener el proceso. El usuario tendrá una pantalla de inicio donde podrá identificarse para después realizar su voto en la siguiente pantalla. Todo el proceso de conteo de votos se realizará contra la base de datos MySQL. Se utilizará una estructura del tipo cliente/servidor.

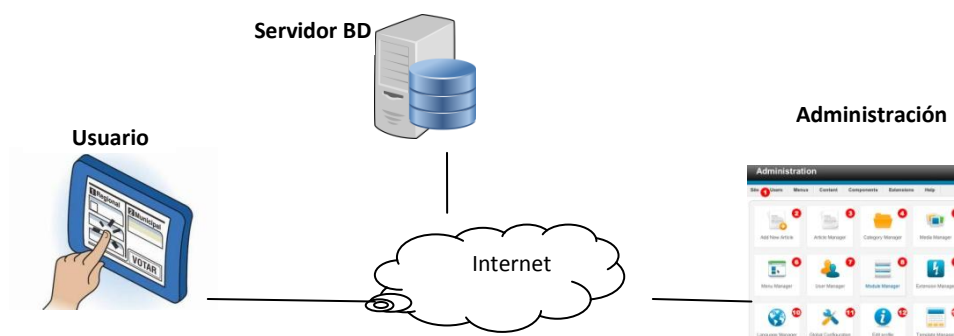


Ilustración 1- Infraestructura Cliente/Servidor

2.2.1. Herramientas

El software y plataformas online que se utilizan para llevar a cabo este proyecto se recogen en la tabla siguiente:

Eclipse²	Herramientas de programación.
Dropbox³	Servicio disponible para el almacenamiento de archivos en la nube. Se permite compartir estos archivos con uno o más usuarios en línea.
Microsoft Office⁴	Suite ofimática.
Github⁵	Plataforma de desarrollo colaborativo de software para alojar proyectos utilizando el sistema de control de versiones Git.
SublimeText⁶	Editor de texto.
Visual Paradigm⁷	Software de diseño.
MySQL⁸	Sistema de gestión de bases de datos relacionales. Workbench y panel de administración phpmyadmin

Ilustración 2-Herramientas utilizadas

² <https://www.eclipse.org/downloads/>

³ <https://www.dropbox.com/es/>

⁴ <https://www.office.com/>

⁵ <https://github.com/>

⁶ <https://www.sublimetext.com/>

⁷ <https://www.visual-paradigm.com/>

⁸ <https://www.mysql.com/>

2.2.2. Solución tecnológica

Como lenguaje de programación para el desarrollo de este proyecto se utilizará Java.

Se utilizará una base de datos MySQL. Se conectará con la aplicación a través del conector JDBC (Java Database Connectivity) usando JCA (Java Connector Architecture).

2.2.3. Licencia

La documentación de este proyecto y su código estará protegido bajo licencia de Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported⁹.

2.3. Descripción de las tareas

A continuación, se presentan las tareas que se realizarán a lo largo del proyecto. Para una visualización más amable, se representan en un diagrama y se describen en profundidad.

⁹ <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

2.3.1. EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo)

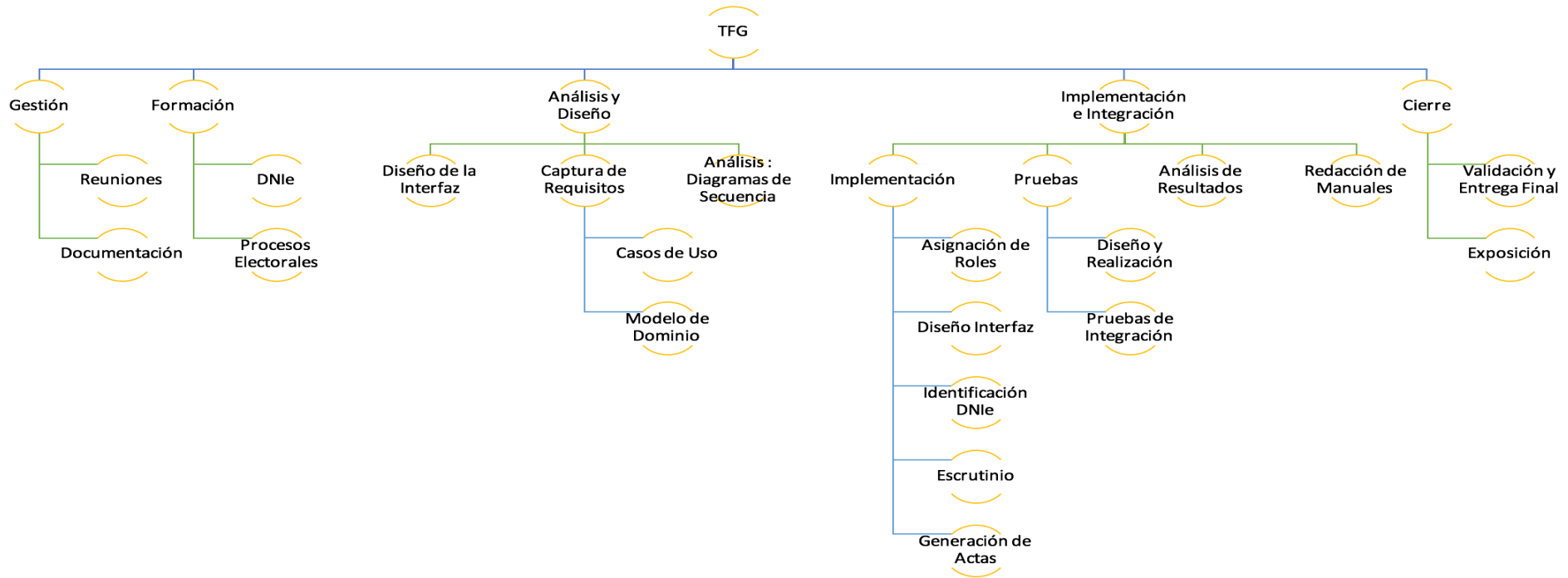


Ilustración 4- Descomposición del trabajo

2.3.2. Descripción de los procesos

PROCESOS DE GESTIÓN

1. Reuniones periódicas con el tutor del proyecto.
2. Documentación de la memoria del proyecto.

PROCESOS DE FORMACIÓN

3. Tecnología DNIE, acceso a los datos públicos a través de un lector de tarjetas.
4. Estudio de la normativa en los procesos electorales.

PROCESOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO

5. Diseño de la interfaz.
6. Captura de requisitos - Casos de uso.
7. Captura de requisitos - Modelo de dominio y arquitectura.
8. Análisis - Diagramas de secuencia.

PROCESOS DE IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN

9. Asignación de roles, dividir los privilegios entre los usuarios y el administrador.
10. Interfaz de administración, desarrollo del panel de administración.
11. Identificación DNIE usuario, obtener los datos públicos a través del lenguaje Java.
12. Proceso de escrutinio, método que permita obtener el resultado final de la votación.
13. Generación de actas, creación de los informes que indican detalladamente el número de votos de cada alternativa en la votación.
14. Diseño y realización de las pruebas.
15. Pruebas de integración, simulación de votación a gran escala.
16. Análisis de resultados.
17. Manuales de la aplicación, tanto para la interfaz de usuario como para la de administración.

PROCESOS DE CIERRE DEL PROYECTO

18. Validación y entrega final.
19. Exposición del proyecto.

2.4. Planificación temporal

Las tareas del proyecto se dividen en 5 fases que no coinciden con los sprints sino con la naturaleza de los procesos. Cabe destacar que la fase de gestión, si bien tendrá una especial dedicación al comienzo, se irá desarrollando a lo largo de todo el proyecto.

En la siguiente tabla se recogen de forma esquemática las fases con sus tareas, subtareas con sus códigos de identificación, la duración y la relación de tareas precedentes a cada una de ellas.

Fases	Tareas	Sub-Tareas	Esfuerzo
Gestión		Reuniones	18
		Documentación	30
Formación	Tecnología DNle	Obtención datos públicos	10
		Pin de seguridad	15
		Normativa P.Electorales	15
Análisis y Diseño	Captura de requisitos	Diseño de la interfaz	20
		Casos de uso	10
		Modelo de Dominio	10
		Diagramas de secuencia	10
Implementación e Integración	Implementación	Asignación de roles	27
		Interfaz de administración	30
		Identificación DNle	35
		Proceso de escrutinio	40
		Generación de actas	40
		Diseño y realización	10
	Pruebas	Pruebas de Integración	10
		Análisis de resultados	4
		Manuales	12
Cierre		Validación y entrega final	2
		Exposición	2
			350

Ilustración 5- Planificación temporal

A continuación, una vez descritos los procesos y subprocesos, se describen los sprints marcados de forma inicial. Cabe recordar que por la naturaleza misma de la

metodología ágil de desarrollo, esta planificación es cambiante y sólo se detalla de manera orientativa. Por lo tanto, los sprints finales pueden diferir de los inicialmente configurados, proporcionando una mayor flexibilidad a imprevistos.

Sprint 1	Se compone de la fase 1 o de formación, tanto en el marco teórico en el que se enmarca el proyecto como las tecnologías a usarse, realizando las reuniones necesarias para introducir al alumno en el ámbito del proyecto a realizar.
Sprint 2	Establecer los objetivos del proyecto para terminar de definir de forma concisa el alcance y la manera de abordarlo.
Sprint 3	Integra la primera parte de Análisis y Diseño, diseño de la interfaz y de los diagramas de casos de uso y de modelo de dominio.
Sprint 4	Integra la segunda parte de Análisis y Diseño, en la cual, se definirán los diagramas de secuencia y se revisarán.
Sprint 5	Incluye la implementación de la interfaz de administración y de la identificación con el DNIe.
Sprint 6	Incluye la implementación del proceso de escrutinio y de la generación de las actas resultantes.
Sprint 7	Realización de las pruebas en local e integración en el servidor.
Sprint 8	Cierre del proyecto. Últimas reuniones para la validación del proyecto, concluir la documentación y preparar la presentación y las gestiones necesarias para su finalización.

Ilustración 6- Descripción de sprints

2.4.1. Diagrama de GANTT

Diagrama que expone el tiempo de dedicación previsto para las diferentes tareas del proyecto, en el gráfico se pueden observar las precedencias e interrelaciones entre actividades. La línea de tiempo muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y la estimación de fecha de finalización del proyecto.

Tarea	Comienzo	Fin	Duración (días)
Reuniones	01/03/2017	1/09/2017	183
Documentación	22/03/2017	1/09/2017	162
Formación	03/03/2017	20/03/2017	20
Diseño Interfaz	01/04/2017	12/04/2017	18
Captura de Requisitos	12/03/2017	21/03/2017	10
Diag. De Secuencia	20/04/2017	30/04/2017	20
Implementación	01/05/2017	20/07/2017	81
Pruebas	23/07/2017	28/07/2017	10
Análisis de resultados	29/07/2017	31/07/2017	6
Manuales	02/08/2017	05/08/2017	4
Validación y entrega final	17/08/2017	24/08/2017	8
Exposición	26/08/2017	1/09/2017	7

Ilustración 7- Tiempo en tareas

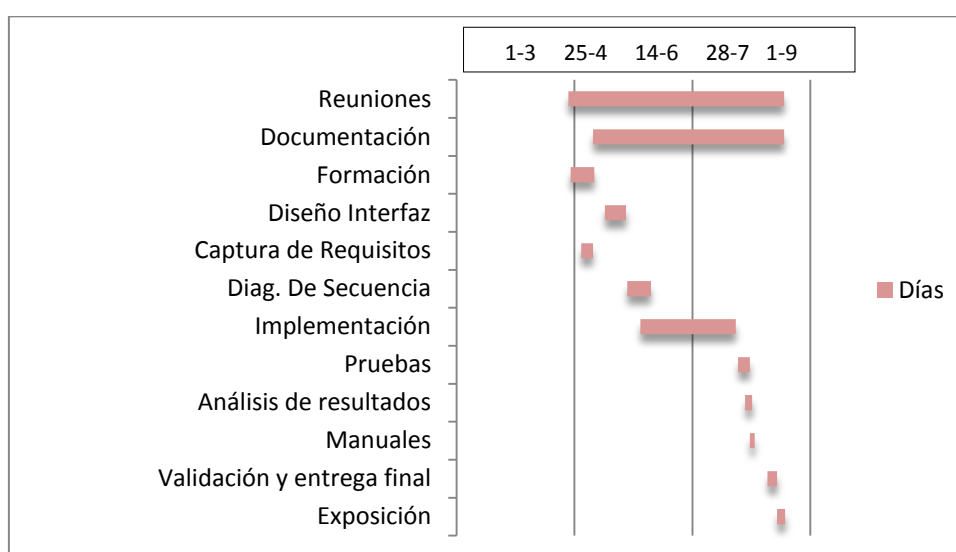


Ilustración 8- Diagrama de Gantt

2.5. Evaluación de riesgos

En esta sección, se tratará de identificar los riesgos que puedan aparecer en el transcurso del proyecto, analizar la probabilidad de los sucesos, crear planes de prevención para intentar evitarlos y planes de contingencia para que una vez ocurrida la incidencia se logre minimizar las posibles consecuencias que se deriven de ese riesgo.

Los posibles impactos podrían tomar los valores : muy baja, baja, media, alta, muy alta. Se analizan los riesgos de las siguientes categorías: personal, hardware, software y planificación.

2.5.1. Descripción y Análisis según categoría

2.5.1.1. Personal

Bajas médicas del personal

Descripción	El alumno cae enfermo y no puede trabajar en el proyecto.
Prevención	Tratar de seguir puntualmente con los plazos de entrega para que el impacto sea mínimo.
Plan de contingencia	Cuando se reincorpore priorizar la realización del proyecto.
Probabilidad	Muy Baja
Impacto	Muy alto, ya que podría retrasar el plazo de entrega
Prioridad	Muy alta

Ilustración 9 - Riesgos baja médica

2.5.1.2. Hardware

Corte de suministro eléctrico

Descripción	El suministro eléctrico se corta y los sistemas caen.
Prevención	Copias de seguridad periódicas.
Plan de contingencia	Restablecer el suministro eléctrico. Restaurar la información con las copias de seguridad en caso de pérdida.
Probabilidad	Muy baja, la instalación eléctrica es adecuada.
Impacto	Bajo ya que se realizan copias frecuentes de seguridad, el tiempo de pérdida del servicio será mínimo.
Prioridad	Baja

Ilustración 10 - Riesgos problemas suministro eléctrico

Problemas hardware

Descripción	Rotura del ordenador o fallo de funcionamiento de alguno de sus componentes o de otro elemento hardware utilizado.
Prevención	Dar un uso responsable al material utilizado.
Plan de contingencia	Reponerlo por otro nuevo si no es posible repararlo y reinstalar el software necesario.
Probabilidad	Baja
Impacto	Alto, ya que podría retrasar el proyecto
Prioridad	Muy alta

Ilustración 11 - Riesgos problemas de hardware

2.5.1.3. Software

Problemas software

Descripción	Virus, caída de servidores, problemas con el software del ordenador u otros problemas relacionados.
Prevención	Copias de seguridad periódicas, instalación de antivirus en los equipos.
Plan de contingencia	Poner en cuarentena los sistemas infectados, eliminar las amenazas e iniciar la restauración de dichos sistemas.
Probabilidad	Media
Impacto	Alto, ya que podría retrasar el proyecto
Prioridad	Muy alta, habría que resolverlo inmediatamente dándole prioridad absoluta.

Ilustración 12 - Riesgos problemas de software

2.5.1.4. Planificación

Falta de cumplimiento de algún requisito acordado inicialmente

Descripción	No se cumplen todos los objetivos iniciales que se quieren conseguir con el proyecto.
Prevención	Ajustar los requisitos a las capacidades reales del alumno según el tiempo estimado para realizarlo.
Plan de contingencia	Renegociación de los requisitos
Probabilidad	Media
Impacto	Alto, ya que el cliente podría no estar conforme y no aceptarlo.
Prioridad	Alta

Ilustración 13 - Riesgos incumplimiento de requisitos

Error en la planificación

Descripción	Por una mala comprensión y falta de experiencia, el cálculo de tiempo estimado de una de las tareas es erróneo y hay que reajustar todo el proyecto.
Prevención	Realizar la estimación lo mejor posible y tener una buena comunicación con el cliente para no tener fallos de comprensión.
Plan de contingencia	Margen de error en los tiempos.
Probabilidad	Media
Impacto	Medio
Prioridad	Media

Ilustración 14 - Riesgos de errores en la planificación

Nuevos requisitos

Descripción	Debido a que el cliente tiene nuevas necesidades solicita la implementación de funcionalidades extra o la desaparición de alguna que se haya podido volver innecesaria.
Prevención	Realizar un buen diseño maximizando la modularidad para que la posibilidad de añadir funcionalidades no suponga un coste muy elevado.
Plan de contingencia	Evaluar los nuevos requisitos para saber si se pueden contemplar, si se decide abordar, estudiar la situación y realizarlo.
Probabilidad	Media
Impacto	Bajo
Prioridad	Media

Ilustración 15- Riesgos de nuevos requisitos

2.6. Evaluación económica

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado es de carácter divulgativo y no comercial. No obstante se presentan los costes estimados asociados a la realización del trabajo como dato orientativo a tener en cuenta para futuras valoraciones, además de una pequeña valoración de los ingresos que supondría la implantación de este sistema para la realización de un proceso electoral.

2.6.1. Ingresos

Supongamos que el gobierno del estado español nos solicita la implantación de este sistema para las próximas elecciones. En un principio, vamos a considerar que de media por cada colegio electoral hay dos mesas, las cuales equivaldrían a un equipo informático con unas características adecuadas y un lector de tarjetas para la identificación con el DNIe. Además de otro equipo más para que se encargue de la administración del sistema. En lo último que se refiere a hardware, se requeriría la instalación de un servidor que contenga la base datos al que se realizarían todas las consultas necesarias. La instalación del software de nuestro sistema, como ya se ha mencionado anteriormente, estaría dividida en dos partes, usuario y administración. La licencia de la interfaz de usuario serían 100 euros por equipo, sin embargo la licencia para la interfaz de administración ascendería a 5000 euros. En resumidas cuentas, obtendríamos lo siguiente:

Licencia Interfaz Usuario: 100€

Licencia Interfaz Administración: 5.000€

Coste Hardware por mesa electoral: 300€

*Coste Total Licencias: $100 * 55.000^{10} + 5.000 = 5.505.000€$*

*Coste Total Hardware: $300 * 55.000 = 16.500.000€$*

Mantenimiento Anual Servidor: 1000€

Dado que un proceso electoral supone unos gastos en torno a unos 130 millones de euros cada vez que se realiza. El gasto en la organización de las últimas elecciones en España generó una suma desglosada en los 48 millones de euros de Correos (voto a distancia y envíos de los partidos), los 12,8 millones que recibió la empresa encargada del escrutinio y la difusión de los datos, otros 12,59 millones de euros en concepto de logística (papeletas, locales, campañas de difusión) y 55,1 millones gastados por las administraciones públicas en todo el proceso (por ejemplo, el despliegue de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado costó casi 13 millones)¹¹.

Los gastos que generaría implantar este sistema muestran claramente su finalidad además de que ese gasto solamente se generaría la primera vez que se necesitara usar este sistema.

2.6.2. Salario del analista programador

Horas totales: 360h

Coste hora: 30€/h

Horas jornada: 2,5h/día de Lunes a Viernes

Duración: 1 de Marzo al 31 de Agosto

Total horas = 60 h/mes * 6 meses = 360 horas

¹⁰ Nº total de mesas electorales en España

¹¹ <http://www.diarioinformacion.com/elecciones/2016/05/02/desglosa-coste-nuevas-elecciones/1756671.html>

$$\text{Total coste (€)} = 360 \text{ h} * 30 \text{ €/h} = 10.800 \text{ €}$$

2.6.3. Amortización del equipo utilizado

Precio: 700€

Unidades: 1

Duración estimada para su total amortización: 5 años (60 meses)

Tiempo de uso en el proyecto 6 meses

Amortización equipo = (Coste total/Duración estimada)* Tiempo de uso*
Unidades

$$\text{Amortización equipo} = (700/60) * 6 * 1 = 70 \text{ €}$$

2.6.4. Alquiler lugar de trabajo

El lugar de trabajo será el propio domicilio del alumno y un aula habilitada en la escuela determinadas horas, por lo tanto se considera 0€ el coste del alquiler del lugar de trabajo.

2.6.5. Software

El código del proyecto tendrá naturaleza de software libre bajo licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported¹². Por lo tanto, se considera el coste de licencias 0€ y se ha realizado con herramientas gratuitas de distribución libre o de código abierto, por lo que el coste de software es 0€.

¹² <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

2.6.6. Gastos Comunes

Los gastos comunes del proyecto (material de oficina, agua, internet, electricidad, teléfono) supondrán un 5 % del coste total del proyecto.

2.6.7. Total

Coste total implantación del sistema

Concepto	Importe (€)
Coste Licencias	5.505.000
Coste Hardware	16.500.000
Subtotal	22.005.000
Coste Anual Servidor	1000
Total	22.006.000

Ilustración 16- Coste Total Implantación

Coste total del analista programador

Concepto	Importe (€)
Salarios	10.800
Amortización equipos	70
Lugar de trabajo	0
Software	0
Subtotal	10.870
Gastos oficina	453,5
Total	11.323,5

Ilustración 17- Coste total analista programador

EUROPA

Bélgica:

- En el 2010 comenzó un proceso de licitación para la selección de un nuevo sistema. El nuevo sistema se basa en una urna electrónica con pantalla táctil y con posibilidad de imprimir un comprobante del voto en papel para posibles auditorías de los resultados electrónicos.
- En las elecciones al Parlamento Europeo, Regional y Federal, se usó un sistema de voto electrónico totalmente automatizado y verificable. Sin embargo un fallo informático obligó a anular 2.200 votos que representaba el 0,06% del total.

Estonia:

- En las elecciones parlamentarias de 2011, el 25% de los electores participantes votaron a través de Internet.
- En 2013, se hizo público el código fuente del software del voto electrónico.
- En las elecciones al Parlamento Europeo de 2014 más de 103.000 electores (31% de los votantes) utilizó voto por Internet.
- En las elecciones parlamentarias de 2015 votaron vía Internet 176.491 votantes representando un 30,5% de los voto emitidos y aumentando un 25% desde las anteriores parlamentarias celebradas en el 2011.

AMÉRICA

Brasil:

- En las elecciones generales de 2010 aproximadamente cuatro millones de electores usaron urnas biométricas. La identificación biométrica ha ido generalizándose en las siguientes elecciones.
- En las elecciones presidenciales de octubre de 2014 más de 23 millones de ciudadanos utilizaron la urna biométrica. Ello supuso el 16% del electorado

EEUU:

- En 2012, en las elecciones presidenciales el 56% de los votantes utilizaron papeletas de papel con o sin sistema de escaneo óptico y el 39% máquinas de votación electrónica (DRE). En estas elecciones se produjeron largas colas y algunos problemas técnicos en diferentes Estados. Los soldados de seis Estados desplegados en el extranjero y residentes fuera del país pudieron ejercer el voto por Internet.
- En las elecciones presidenciales de 2016 hubo denuncias de fallos y problemas en varios estados con las máquinas de voto electrónico. En Tennessee, en el condado de Wilson, todas las máquinas dejaron de funcionar y la votación se reanudó más tarde manualmente. También se denunciaron varios problemas con los scanners. En total hubo fallos en 8 Estados. Además, en diversos medios de comunicación se mencionó que se pudo dar un posible “hackeo” ruso en los sistemas de votación electrónica.

Venezuela:

- En 2012, se alcanzó la automatización completa del proceso en las elecciones nacionales, desde la autenticación biométrica del elector y activación de la urna electrónica hasta el recuento, transmisión, totalización y publicación de los resultados.
- En 2013, en las elecciones presidenciales se denunciaron irregularidades en el proceso de votación electrónica y se reavivó el debate sobre la transparencia del sistema. La autoridad electoral autorizó la auditoría del 100% de las máquinas de votación.

ASIA

Filipinas:

- En las elecciones generales de 2016 se utilizó el voto electrónico con 92.509 máquinas electrónicas para 55.736.801 votantes, 44.872 candidatos y 36.805 centros de votación que transmitieron los resultados a 1.739 centros de recepción de resultados.

India:

- En 2014, para las elecciones generales, se incorporó en el sistema de votación electrónica un nuevo método de verificación (WPAT Verificador Paper Audit Trail) en 8 de los 543 distritos.
- En la actualidad la Comisión Electoral está trabajando para que en las elecciones generales de 2019 el 100% de las máquinas de votación

incorporen el Comprobante de Auditoría de Papel Verificado por el Votante (VVPAT).

4. Captura de requisitos

En el diagrama de casos de uso, se pueden ver las acciones disponibles para los usuarios en todo momento. Se puede observar que hay dos roles o actores, usuario y administrador, cada uno de ellos tendrán acceso a determinadas funcionalidades. En esta sección se hará un breve resumen de cada uno de ellos. En el [anexo](#) se pueden consultar los casos de uso extendidos completamente detallados de las principales funcionalidades.

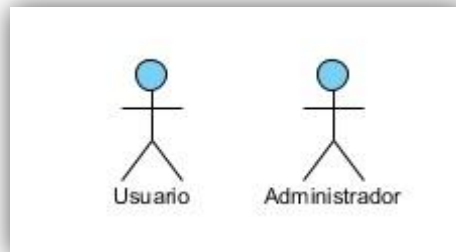


Ilustración 19- Jerarquía de actores

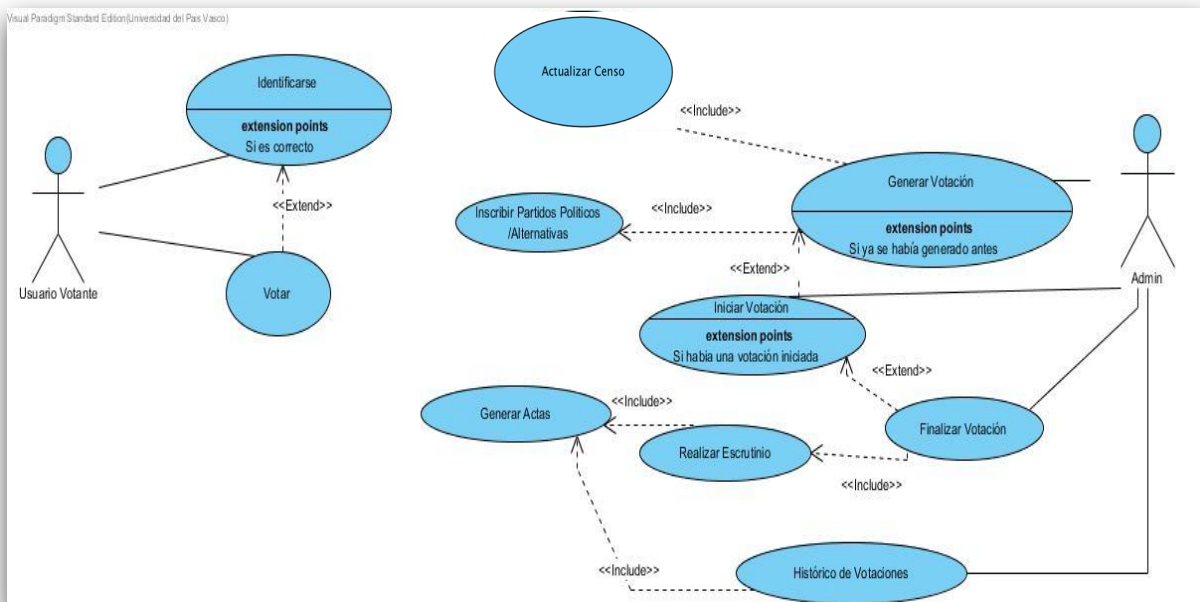


Ilustración 20- Diagrama completo de Casos de Uso

4.1. Casos de uso

- **Identificarse:** El usuario procede a identificarse a través de su DNIe para ejercer su derecho a voto.
- **Votar:** El usuario, previamente correctamente identificado, efectúa su voto.
- **Generar Votación:** El administrador crea una nueva votación, actualizando el censo si lo considera necesario e inscribiendo a las alternativas correspondientes en la nueva votación.
- **Iniciar Votación:** El administrador inicia una votación, la cual no se ha realizado.
- **Finalizar Votación:** El administrador finaliza una votación que está iniciada y posteriormente podrá visualizar los resultados y obtener las actas correspondientes.
- **Histórico de Votaciones:** El administrador puede consultar los resultados de votaciones ya finalizadas.
- **Realizar Escrutinio:** El administrador obtiene los resultados de la última votación finalizada. Esta acción se efectúa nada más terminar una votación.
- **Generar Actas:** El administrador obtiene las actas de escrutinio de la votación seleccionada.
- **Actualizar Censo:** El administrador elige los votantes a participar en la votación.
- **Inscribir Partidos Políticos/Alternativas:** El administrador elige los partidos o alternativas a participar en la votación.

4.2. Modelo de Dominio

El modelo de dominio que se presenta a continuación, es el modelo conceptual de las entidades principales relacionadas con el proyecto.

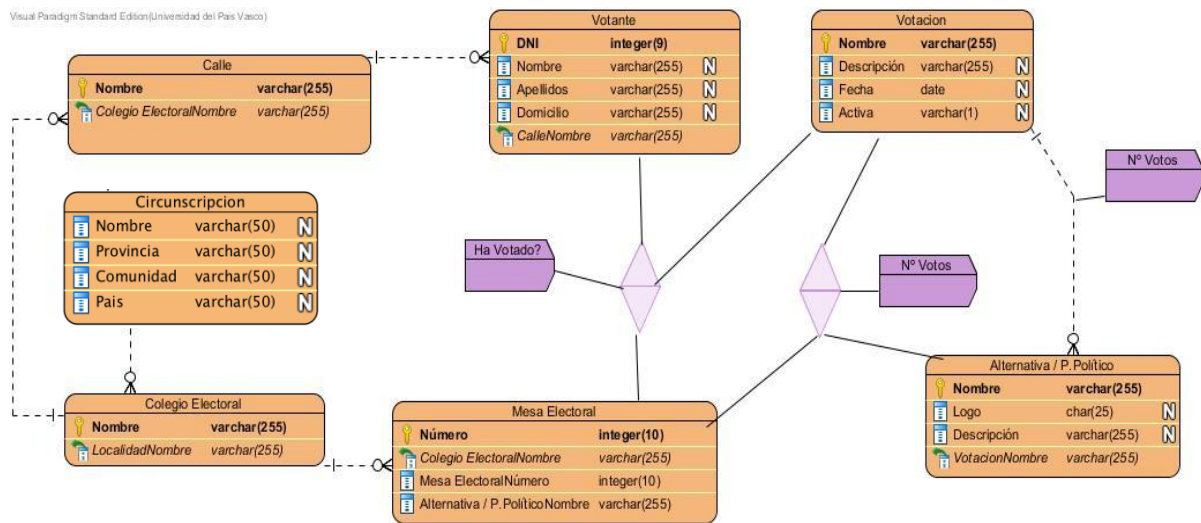


Ilustración 21- Modelo de Dominio

- **Votante:** Esta entidad representa los distintos votantes que participan en la votación.
- **Votación:** Esta entidad representa las distintas votaciones que se pueden realizar con este sistema.
- **Calle:** Esta entidad representa las calles donde vive cada uno de los votantes.
- **Colegio Electoral:** Esta entidad representa todos los colegios electorales de una localidad y el colegio que le corresponde a diferentes calles.
- **Circunscripción:** Esta entidad representa todas las circunscripciones en las que existe, al menos, un colegio electoral.

- ***Mesa Electoral:*** Esta entidad representa cada una de las mesas electorales de un colegio electoral.
- ***Alternativa / P.Político:*** Esta entidad representa cada una de las alternativas o partidos políticos que se pueden elegir en una votación.

5. Análisis y diseño

5.1. Librerías y plantillas

Para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, son varias las librerías que han sido utilizadas.

- Para la conexión con la base de datos se han utilizado las librerías de conexión de MySQL¹³.
- Para la generación dinámica de las actas que contienen los resultados generales y locales se ha utilizado la librería iText¹⁴, la cual genera dichos resultados en formato pdf.
- Para generar el gráfico que muestra en pantalla los resultados se ha hecho uso de la librería JFreeChart¹⁵, utilizando el gráfico de tipo tarta.
- Para poder trabajar con el DNIE, se han utilizado las librerías Bouncy Castle¹⁶, las cuáles nos resultan útiles para poder reconocer un lector de tarjetas y leer y decodificar la clave pública del DNIE.

5.2. Patrones

- ***Modelo-Vista-Controlador:*** Este patrón consiste en mantener una independencia entre la vista y el modelo, para ello haremos uso de un controlador que hará como intermediario entre ellos. En el [diagrama de clases](#) se puede

¹³ <http://dev.mysql.com/downloads/connector/j/>

¹⁴ <http://itextpdf.com/>

¹⁵ <http://www.jfree.org/jfreechart/>

¹⁶ <https://www.bouncycastle.org/>

apreciar que la clase que actúa en papel de controlador, tanto en la parte de administración como en la de usuario, es la clase “[SistemaDeVotaciones](#)”.

- ***Observador-Observable:*** Este patrón se utiliza para la inmediata actualización de la vista cada vez que se produce un cambio en el modelo. En este caso, se ha utilizado este patrón para simular un cronómetro cuando se inicia una votación y para iniciar la interfaz de usuario cuando se inicia una votación.
- ***Singleton:*** Este patrón permite la creación de una única instancia de clase permitiendo que sea global para toda la aplicación.

5.3. Clean code

Se ha intentado seguir las buenas prácticas de programación para conseguir un código limpio. Para ello se han seguido consejos de buenas prácticas incluidas en el libro (Martin, 2009) [\[3\]](#).

Para conseguir buenos nombres de variables y funciones hay que usar nombres descriptivos y claros. Deben ser legibles y evitar codificaciones complejas. Se ha intentado hacer funciones cortas, usando buenos nombres y reduciendo al mínimo el número de argumentos.

En el libro se comenta que la necesidad de comentarios para aclarar algo es síntoma de que hay código mal escrito que debería ser rediseñado, que es preferible expresarse mediante el propio código. Por lo tanto se han evitado excepto comentarios del tipo: TODO, advertir de consecuencias, Javadocs en APIs públicas, etc.

El formato del código afecta directamente a su legibilidad, así que se ha tenido especialmente en cuenta este punto. Las clases se deben organizar situando en primer lugar las constantes públicas, después las variables estáticas privadas, variables de instancia privadas y, a continuación, los métodos. Los métodos privados se encuentran junto a los métodos públicos que los usan.

Todas estas buenas prácticas¹⁷ sobre cómo escribir código limpio se deben practicar de forma constante para adquirir buenos hábitos y ser capaces de hacerlo de forma natural. Siguiendo estas pautas, el autor promete conseguir un código con el que será más fácil trabajar y hará mucho menos frustrante nuestro día a día.

Una idea que se repite en varios puntos del libro es que debemos de ser capaces de exprimir las capacidades de nuestro entorno de trabajo.

5.4. Modelo de la base de datos

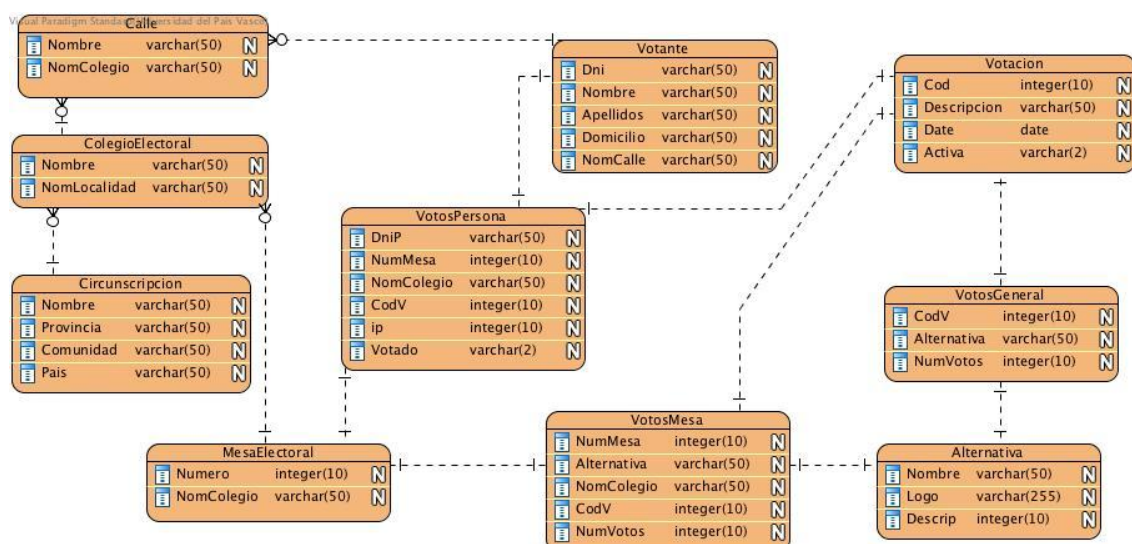


Ilustración 22- Diagrama general de la base de datos

En esta sección se mostrará el modelo completo de la base de datos.

¹⁷ <http://tratandodeentenderlo.blogspot.com.es/2011/01/clean-code.html>

Cabe destacar las tablas 'VotosPersona', 'VotosMesa' y 'VotosGeneral' ya que el resto de tablas comparten la misma descripción que la detallada en el apartado de [modelo de dominio](#).

La tabla 'VotosPersona' almacenará los datos correspondientes a la acción de cada votante en una votación. Esto es, almacenará si el votante ha votado y donde lo ha hecho.

La tabla 'VotosMesa' almacenará el número de votos que tiene cada alternativa en una votación en cada una de las mesas de los colegios electorales.

La tabla 'VotosGeneral' almacenará el número de votos total que ha obtenido cada alternativa en una votación.

5.5. Diagrama de clases

A continuación, se muestran los diagramas de clases que se utilizan en el sistema. Aparecen las entidades con sus atributos y sus métodos.

5.5.1. Administración

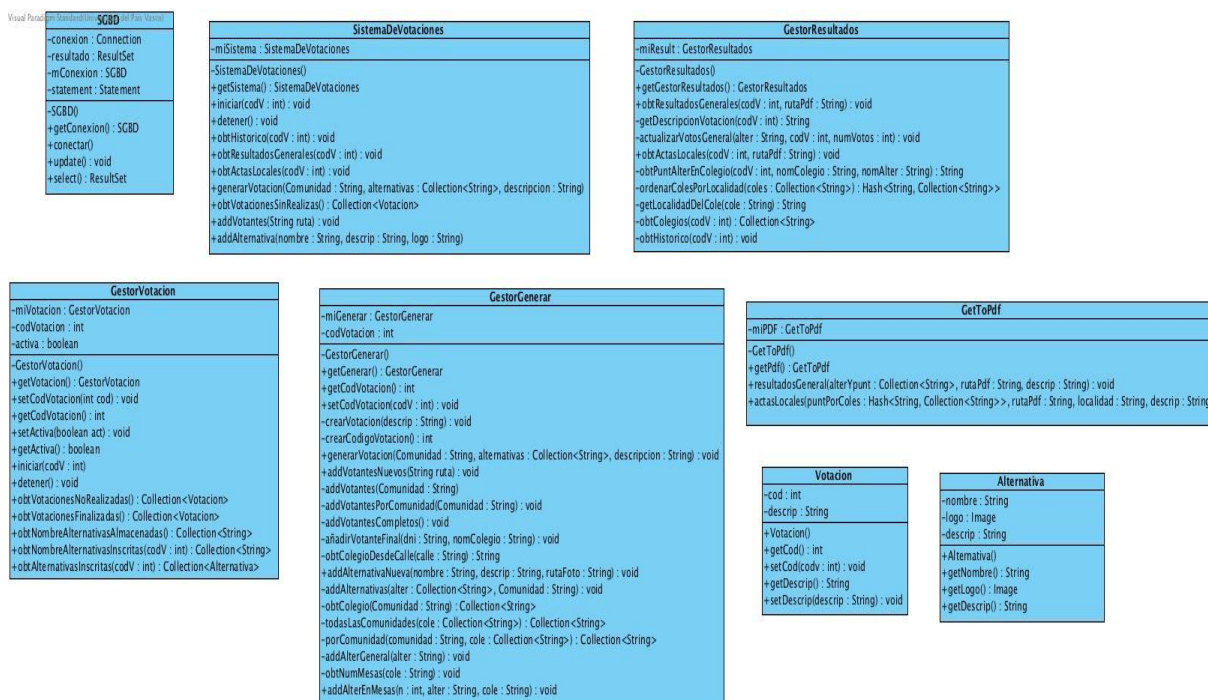


Ilustración 23- Diagrama de clases Administración

Tanto en la parte de administración, como en la de usuario, se puede observar que todo el diseño de las clases ha sido orientado para trabajar contra la base de datos como ya se ha mencionado anteriormente.

La clase ‘SGBD’ se encargará de realizar las distintas consultas a la base de datos. Para realizar las sentencias se utilizará la interfaz de la librería MySQL para Java ‘PreparedStatement’¹⁸.

Se puede apreciar la utilización de diferentes gestores que se ocuparán de las funciones principales del sistema de administración. Inicialmente tenemos la clase ‘GestorVotación’ la cual gestiona todo lo que tiene que ver con las votaciones:

- Iniciar y detener la votación.
- Obtener las alternativas inscritas en el sistema y en una votación dada.

¹⁸ <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/sql/PreparedStatement.html>

- Obtener las votaciones no realizadas y las finalizadas.

La clase ‘GestorGenerar’ se hará cargo de las funcionalidades necesarias a la hora de crear una votación nueva:

- Inscribir a los votantes en cada colegio electoral que les corresponda.
- Inscribir las alternativas seleccionadas para una nueva votación.
- Inscribir los votantes de una comunidad en concreto seleccionada por el usuario.
- Crear una alternativa nueva.
- Añadir votantes nuevos.

La clase ‘GestorResultados’ se ocupará de la tarea de calcular y actualizar en la base de datos los resultados obtenidos en una votación dada. Dichos resultados los calculará de forma general y de forma local, por cada una de las localidades que se encuentren inscritas en la votación. Posteriormente se comunicará con la clase ‘GetToPDF’ para generar, a partir de dichos resultados, las actas correspondientes.

Por último, mencionar la utilización de las clases ‘Votación’ y ‘Alternativa’ ya que han sido útiles en el proceso de desarrollo a la hora de gestionar los datos correspondientes a votaciones y alternativas.

5.5.2. Usuario

Visual Paradigm Standard (Universidad del País Vasco)

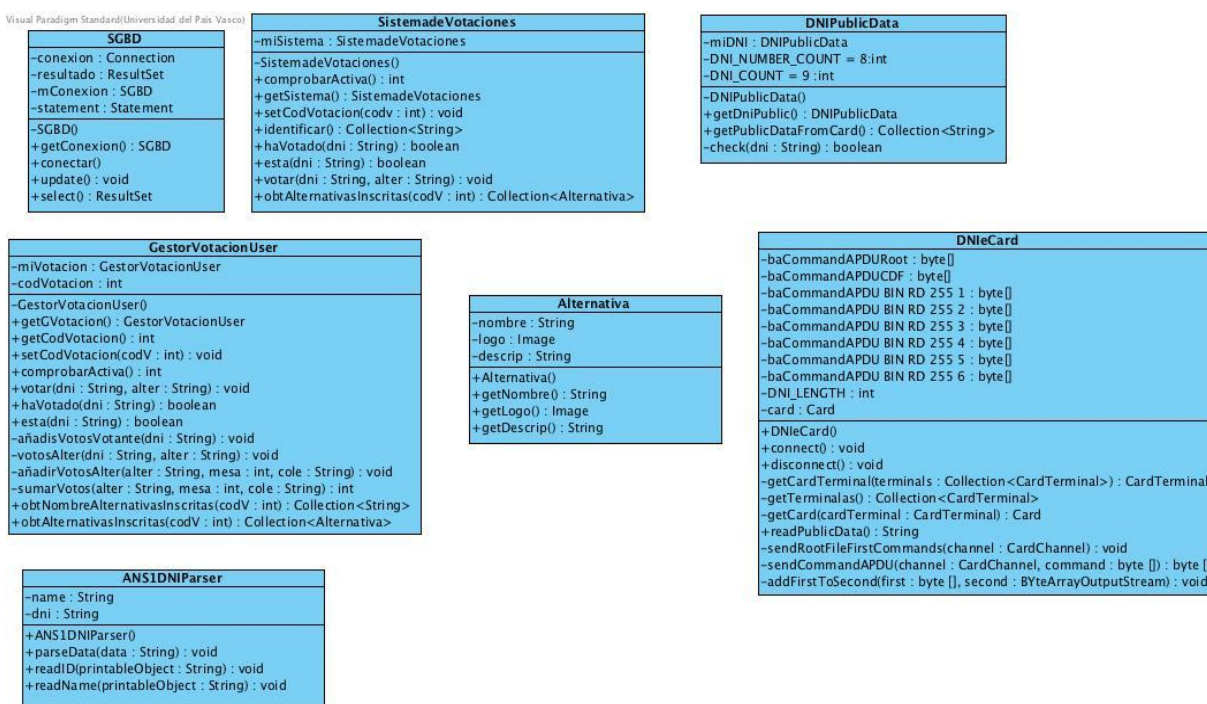


Ilustración 24- Diagrama de clases usuario

Tanto la clase ‘SGBD’ y ‘SistemaDeVotaciones’ comparten las mismas funcionalidades que en el apartado anterior.

La clase ‘GestorVotacionUser’ se encargará de obtener las alternativas inscritas en la votación activa para darle al usuario la opción de escoger entre ellas y también gestionará el proceso de voto. Cuando el usuario realice su voto actualizará el número de votos que tiene la alternativa seleccionada e indicará que dicho usuario ya ha realizado su voto.

El conjunto de clases que se ocupan de la identificación mediante DNIE son:

1. ‘DNIPublicData’, la cual se encargará de obtener tanto el número del Dni como el nombre completo del votante.
2. ‘DNIECard’, que se encargará de establecer la comunicación con el lector de tarjetas y obtener la clave pública en formato ASN1.

3. 'ASN1DNIParser' que obtendrá dicha clave pública en un formato más manejable.

Al igual que en la parte de administración, mencionar que la clase 'Alternativa' ha sido utilizada también para agilizar el proceso de desarrollo.

6. Desarrollo

Se ha realizado un sistema que permite la creación y la realización de distintas votaciones. Una vez los objetivos estaban claros, se decidió crear una parte pública para dar la opción de votar a los usuarios, y una parte privada de administración donde se crearían y se iniciarían las votaciones.

- ***Interfaz de Usuario:*** Permite al usuario:
 - Identificarse a través de su DNIe.
 - Realizar su voto.

- ***Interfaz de Administración:*** Permite al administrador del sistema:
 - Iniciar una votación.
 - Detener una votación activa
 - Obtener las actas con los resultados de las votaciones finalizadas.
 - Crear una nueva votación.
 - Añadir votantes nuevos.
 - Añadir alternativas nuevas.

Para conseguir estas funcionalidades, se ha tenido que programar determinadas estructuras que lo sustenten:

- Un módulo que se encarga de la lectura del DNIe a partir de un lector de tarjetas.
- Formularios para el proceso de creación de votaciones.
- Mecanismos de creación, subida, lectura y escritura en ficheros y carpetas.

- Serializaciones de objetos Java a campos de tipo LONGBLOB de registros de tablas en base de datos MySQL.
- Generación de archivos pdf para mostrar los resultados de la votación.

Dichas estructuras se explicarán más adelante en esta misma sección:

Desde el primer momento se ha respetado todo el diseño que se hizo al principio para el sistema. Tanto lo que es el modelo como la interfaz ya que se le ha dedicado el tiempo suficiente al análisis y al diseño antes de empezar a desarrollar [\[4\]](#).

Para instalar la base de datos necesaria para este sistema, se ha utilizado una base de datos MySQL, debido a su buena integración con el lenguaje Java, y el servidor de Galan¹⁹ de la UPV/EHU.

El primer obstáculo que surgió a la hora de realizar el proyecto fue la utilización de la tecnología DNIe. Tras una primera búsqueda se logró obtener una librería Java desarrollada por el Gobierno Español²⁰ para dotar a un sistema de dicha funcionalidad. Como consecuencia de que dicha librería estaba desarrollada en lenguaje Java, se decidió realizar este proyecto en ese mismo lenguaje de programación. A la hora de probar esta librería para obtener la clave pública de un DNIe, no se encontró la forma de hacerlo funcionar. Unas semanas más tarde, en la misma web de descarga de dicha librería, ocultaron la opción de descargar el archivo .jar que la contenía ya que habían vuelto a iniciar el proceso de desarrollo para mejorar algunas de las funcionalidades que, como era evidente, no cubría aún.

Tras unas semanas perdidas, comenzó de nuevo la búsqueda de una aplicación/librería que se pudiera añadir a nuestro sistema para poder realizar la identificación a través del DNIe. Por suerte, en la web de la Universidad

¹⁹ galan.ehu.eus/phpmyadmin/

²⁰ <https://administracionelectronica.gob.es/ctt/controldni>

Politécnica de Madrid²¹, en el apartado de trabajos fin de grado, se obtuvo la memoria y el código fuente de un trabajo fin de grado de una aplicación desarrollada en Java que se encarga de obtener los datos públicos del DNIE.

A partir de la adaptación de dicho código a nuestro sistema, se pudo utilizar correctamente la funcionalidad de identificación a través del DNIE. Sin embargo, al no poder añadir la funcionalidad de firma electrónica, se ha simulado dicha funcionalidad pidiendo al usuario un pin, el cual se comprueba si se corresponde al DNIE introducido, a la hora de identificarse para votar.

Una vez pasado dicho inconveniente, se pasó a la realización de la parte de administración del sistema. Dentro de su complejidad cabe destacar que, gracias al haber dedicado tiempo a realizar un buen diseño, todo se llevo a cabo según lo previsto. En lo que se refiere a la implementación, las mayoría de funcionalidades han resultado sencillas, puesto que siempre se trabaja contra la base de datos y la única complejidad asociada a ello era el realizar correctamente cada una de las sentencias para obtener los datos necesarios en cada caso [5]. Dentro de la parte de administración, merece un pequeño análisis el proceso de creación de una votación puesto que ha sido una de las funcionalidades con más complejidad.

El proceso consiste en:

- El usuario selecciona la comunidad o comunidades en las que se va a realizar la votación.
- El usuario puede añadir votantes que no estén almacenados en la base de datos o bien realizar la votación con los votantes que ya lo estén.
- Dentro de los votantes que participarán en la votación, es necesario únicamente inscribir los votantes que pertenezcan a la comunidad o

²¹ <http://www.upm.es/>

comunidades seleccionadas anteriormente y asignar a cada uno de ellos una mesa electoral en el colegio electoral que les corresponda.

- Por último, el usuario podrá crear una alternativa nueva para participar en la votación además de elegir entre las demás alternativas almacenadas ya en el sistema.

Sin embargo, también ha resultado tedioso la tarea de realizar los distintos informes que exporta el sistema con los resultados de la votación: No solo el realizar la tarea de desarrollar el proceso de escrutinio ha llevado su tiempo, también adaptar dichos resultados para poder mostrarlos en un informe. En dicho informe también se ha añadido un pequeño gráfico en forma de tarta (igual que el que se muestra en la interfaz de administración al finalizar una votación) que, tras varias horas de prueba y error, se ha podido añadir al informe.

Por otra parte, se podría decir que la parte del sistema que va a utilizar un usuario que quiera votar es una simplificación del sistema de administración, conserva la misma estructura y comparte algunos métodos. Dentro de la parte del usuario, cabe mencionar la intención de realizarlo como una aplicación multi-hilo²². Se pretendía mostrar una pantalla de espera mientras no hubiera ninguna votación activa y que cuando en el panel de administración se iniciara una votación, ésta automáticamente diera ya opción al usuario de identificarse. Pese a ello se ha obtenido una función similar, mientras no haya una votación activa se mostrará también una pantalla de espera pero para que esta pueda buscar una votación activa, es necesario pulsar el botón de ‘Buscar’ que aparece en la pantalla. Dentro de la parte del usuario cabe mencionar el proceso para contabilizar un voto:

- El usuario se identifica.

²² <https://www.programarya.com/Cursos/Java-Avanzado/Threads-Hilos>

- Si no ha realizado su voto y está inscrito en la votación activa, se muestran las alternativas a las que podrá votar.
- Una vez seleccionada la alternativa, pulsa en el botón 'Votar'.
- El sistema actualiza en la base de datos, que el usuario con el DNIe identificado ha votado en el colegio electoral y en la mesa electoral que le correspondía.
- El sistema actualiza el número de votos que la alternativa tiene en esa mesa de ese colegio electoral.

Como se puede observar, en ningún momento queda reflejado qué votante a votado a qué alternativa, se mantiene ese secretismo.

7. Verificación y evaluación

Se ha sometido al proyecto a una serie de pruebas con el fin de encontrar y subsanar fallos existentes para intentar conseguir un sistema con la mejor calidad posible, libre de errores y asegurar el correcto funcionamiento.

A continuación, se recogen las principales pruebas de las funcionalidades clave:

Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido	Acciones realizadas
Inicio de una votación	Redirección a la pantalla de votación activa y se inicia el cronometro	Redirección a la pantalla de votación activa y se inicia el cronometro	
Finalización de la votación	Redirección a la pantalla de resultados	Redirección a la pantalla de resultados sin obtener el gráfico con las estadísticas	Cambio en el formato de la imagen para añadirla a la ventana
Obtención de las actas de los resultados generales	Fichero PDF en la ruta seleccionada	Fichero PDF en la ruta seleccionada sin obtener el gráfico con las estadísticas	Cambio en el formato de la imagen para añadirla a la ventana
Obtención de las actas de los resultados locales	Ficheros PDF en la ruta seleccionada	Ficheros PDF en la ruta seleccionada	
Creación de una votación	Se añaden a la votación los votantes de la comunidad seleccionada y las alternativas seleccionadas	Ciertos votantes no se añaden a la votación	Cambios en el where de la query

Histórico de votaciones	Redirección a la pantalla de resultados para la votación seleccionada	Redirección a la pantalla de resultados para la votación seleccionada	
Espera a una votación activa	Redirección a la pantalla de identificación del votante	Se mantiene la pantalla de espera	Combinación del patrón observer y un hilo para obtener la votación activa
Identificación con el votante registrado en la votación	Redirección a la pantalla de selección de voto	Redirección a la pantalla de selección de voto	
Visualización la pantalla de selección de voto	Visualización del logotipo de las alternativas inscritas en la votación activa	Visualización del logotipo de las alternativas inscritas en la votación activa	
Contabilización del voto	Mensaje informativo. Redirección a la pantalla de identificación.	Mensaje informativo. Redirección a la pantalla de identificación.	
Creación de una alternativa nueva	Se muestra el formulario de creación de la alternativa	Se muestra el formulario de creación de la alternativa	
Pantalla de selección de alternativas para la votación	Se muestran todas las alternativas almacenadas en la BD	Se muestran únicamente las alternativas más antiguas.	Cambios en el where de la query
Identificación de un votante que no está registrado en la votación activa	Mensaje de error	Mensaje de error	

Identificación de un votante que ya ha registrado su voto	Mensaje de error	Mensaje de error	
Varios votantes registran su voto al mismo tiempo	Se contabilizan todos los votos	Se contabilizan todos los votos	
Añadir votantes nuevos a la votación	Se lee el fichero con el formato indicado en la ruta especificada y se carga en la BD	Se lee el fichero con el formato indicado en la ruta especificada pero no se carga correctamente en la BD	Se establece una separación de los campos del fichero más adecuada y se realizan cambios en el where de la query
Lectura del DNIE	Se obtiene el número del DNI introducido y el nombre completo de su propietario	Se obtiene el número del DNI introducido y el nombre completo de su propietario	

Ilustración 25- Pruebas

8. Conclusiones y trabajo futuro

8.1. Planificación final

En primer lugar, hay que decir que se han alcanzado todos los objetivos iniciales exceptuando la opción de firmar el voto electrónicamente a través del DNle ([Documento de Objetivos del proyecto, Sección “Objetivos” de este documento](#)). Se han respetado las horas especificadas anteriormente y se han cumplido todos los plazos propuestos.

En la siguiente ilustración se recogen las horas reales dedicadas a cada proceso haciendo una comparativa con las planificadas previamente.

Fases	Tareas	Sub-Tareas	Esfuerzo	Esfuerzo Real
Gestión		Reuniones	18	15
		Documentación	30	43
Formación	Tecnología DNle	Obtención datos públicos	10	10
		Pin de seguridad	15	15
		Normativa P.Electorales	15	10
Análisis y Diseño		Diseño de la interfaz	20	20
		Captura de requisitos	10	10
		Casos de uso	10	10
		Modelo de Dominio	10	10
Implementación e Integración	Implementación	Diagramas de secuencia	10	17
		Asignación de roles	27	20
		Interfaz de administración	30	30
		Identificación DNle	35	35
		Proceso de escrutinio	40	30
	Pruebas	Generación de actas	40	45
		Diseño y realización	10	12
		Pruebas de Integración	10	10
		Análisis de resultados	4	4
		Manuales	12	10
Cierre		Validación y entrega final	2	2
		Exposición	2	2
			350	350

Ilustración 26- Planificación Final Real

8.2. Conclusiones

Decidí presentar mi idea como TFG porque, además de que lo veo bastante viable, siempre había querido desarrollar un sistema por mi solo y verme sumergido en un trabajo en el que todo depende de mí. Lo cierto es que me he visto bastante cómodo al realizarlo ya que siempre han estado claros los objetivos a cumplir y no me he visto atascado en ninguno de ellos salvo el ya mencionado problema con el DNIe. Pude continuar el proyecto gracias a que el director siempre estuvo disponible para guiarme en la dirección adecuada.

Como ya he dicho, el tener que construir desde cero un sistema completo me ha dado destrezas y nuevos conocimientos de los que antes carecía. El desarrollo de este proyecto requiere mucho tiempo, esfuerzo y dedicación, debido a que hay que aplicar muchos conceptos aprendidos durante los estudios. Además, me ha permitido ser autosuficiente al tener que abordarlo solo y no en grupo. Esto me ha obligado a consultar muchos blogs y foros en Internet, como por ejemplo StackOverflow²³, y a tener que tomar decisiones de manera autónoma que no siempre han sido acertadas, pero que me han servido para aprender de mis propios errores para no volver a cometerlos.

Pienso que ahora me enfrentaría a otros proyectos de la misma naturaleza de forma más eficiente y eficaz, ya que cuando abor das algo desconocido pasas mucho tiempo formándote y los errores son comunes.

He intentado realizar una codificación clara para facilitar futuros cambios. Por supuesto, es mejorable, pero gracias a esto he descubierto varios libros sobre

²³ <http://stackoverflow.com/>

buenas prácticas en programación que me resultan muy interesantes y espero sacar tiempo para leerlos en profundidad.

He mejorado mucho a nivel de conocimiento y aplicación de estructuras en Java como las interfaces Arraylist o (Hash)Maps de Java, trabajo con distintas librerías externas y la interacción con los periféricos que se pueden conectar al equipo que es algo que me parece interesante y no lo había hecho antes.

Ha sido muy instructivo el hecho de trabajar sobre base de datos y la realización de consultas sobre varias tablas utilizando distintos patrones de diseño de software.

En cuanto al diseño, he intentado dar al proyecto un aire lo más profesional que he sido capaz, ya que pienso que aunque es otra línea que no hemos visto durante los estudios enriquece mucho el proyecto y el resultado final así lo demuestra. Además, creo que es importante que el sistema tenga una visualización amable sobre todo para los usuarios que no estén familiarizados con el uso de algún sistema informático y eso puede hacer que sea un sistema fácil de utilizar.

Para concluir, he de decir que otro de los aspectos por los que me decidí a realizar este proyecto es que puede que se utilice en un futuro. Es evidente el uso que hacemos de la tecnología hoy en día y para mí sería algo muy satisfactorio que algún día se utilizara un sistema similar al que yo he desarrollado.

8.3. Mejoras

Se pueden proponer varias líneas de mejora para esta aplicación web, ya que a pesar de que estoy satisfecho con el resultado final, se me ocurren varias ideas para ampliarla y mejorarla.

Por un lado, sería necesario añadir la funcionalidad de firma electrónica con el DNle porque, como ya he dicho antes, a pesar de haberlo simulado es el único objetivo que no ha sido posible cumplir.

También, aunque este sistema permite ser parametrizado para realizar distintos tipos de votaciones, solo se han tenido en cuenta las votaciones que siguen el sistema d'Hondt²⁴ por lo que podría ampliarse el sistema para que aceptara votaciones que siguieran un método distinto.

Además, se podría agregar la posibilidad de filtrar los resultados, que dé la opción de visualizarlo en distintos gráficos y así obtener información aún más detallada de la votación finalizada.

²⁴ <http://www.europapress.es/nacional/noticia-consiste-ley-dhondt-20150519142619.html>

9. Bibliografía

- [1] *“Análisis del voto informatizado en Tierra del Fuego” – Prof. Guillermo Feierherd – Reporte Técnico Facultad de Ingeniería UNPSJB – Sede Ushuaia*
- [2] *“Análisis de Urnas Electrónicas”– Barbieri A., Pasini A., Estrebou C. – Reporte Técnico III-LIDI Facultad de Informática UNLP*
- [3] *Martin, Robert Cecil (2009). Clean code: a handbook of agile software craftsmanship. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.*
- [4] *Roger S. Pressman: “Ingeniería del Software”, Editorial Mc Graw Hill, 5º Edición.*
- [5] *Fundamentos de Java 7 - Thierry Groussard*
<http://freakshare.com/files/eyzb8bi0/JAVA-7-Los-fundamentos-del-lenguaje-Java.pdf.html>

I. Anexo I.- Casos de uso extendidos

1.1. Identificarse

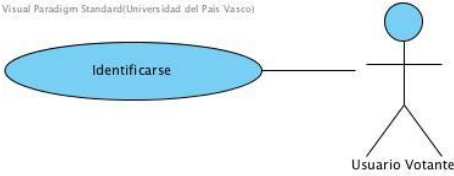


Ilustración 27- Caso de Uso Extendido - Identificarse

Nombre	Identificarse
Descripción	El usuario debe identificarse a través de su DNIe para poder votar
Actores	Usuario Votante
Precondiciones	No las hay
Requisitos no funcionales	Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario se encuentra en la interfaz (Ilustración 28) e insertará su DNIe en el lector de tarjetas. Después, el usuario pulsará en la flecha verde2. Se comprobará con la BD si su DNIe está registrado para la votación activa y se le conducirá a otra interfaz donde se pedirá introducir el pin correspondiente al DNIe (Ilustración 29).3. En caso de que el pin sean incorrecto se mostrará un mensaje de error.
Postcondiciones	El usuario se habrá autenticado y será redireccionado a la página principal de la votación.



Ilustración 28 - Pantalla inicial de identificación



Ilustración 29- Pantalla introducción del pin

1.2. Votar

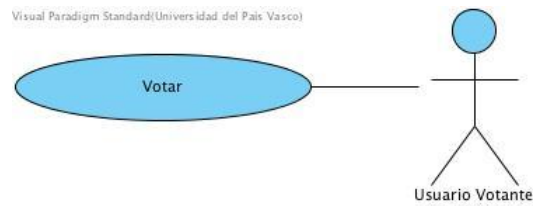


Ilustración 30- Caso de Uso Extendido - Votar

Nombre Votar

Descripción	El usuario procede a efectuar su voto
Actores	Usuario Votante
Precondiciones	El usuario ya se ha identificado
Requisitos no funcionales	Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none">1. Se muestran por pantalla los logotipos de todas las alternativas inscritas en la votación activa (Ilustración 31).2. El usuario elige una de ellas y pulsa en el botón “Votar”.3. Se actualiza en la BD que el usuario ha votado y el número de votos de la alternativa votada.4. Se vuelve a la pantalla de identificación para que pase a votar el siguiente votante.
Postcondiciones	El usuario habrá votado y se muestra de nuevo la pantalla de identificación.

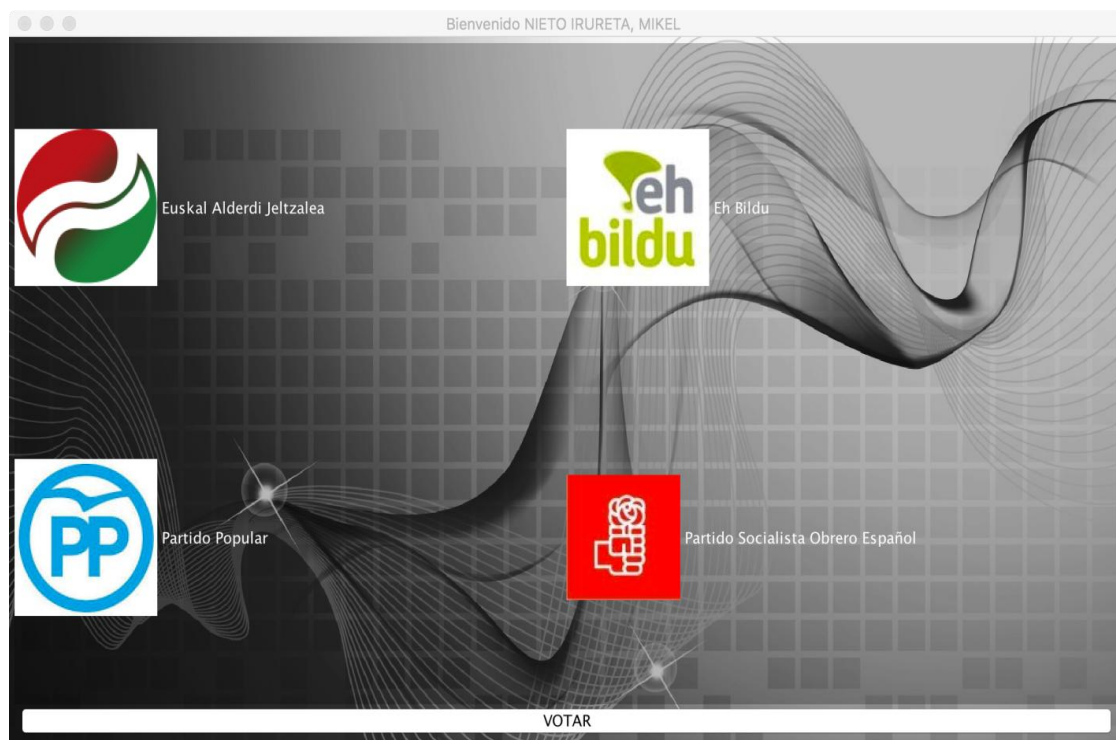


Ilustración 31- Pantalla de voto

1.3. Generar Votación

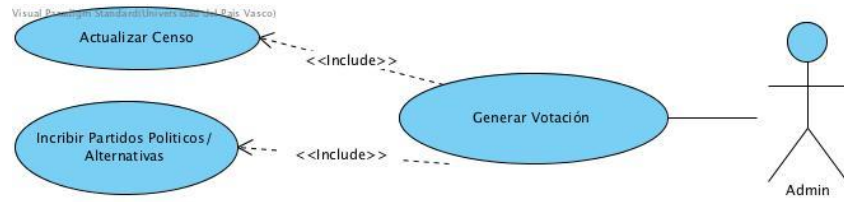


Ilustración 32- Caso de Uso Extendido - Generar Votación

Nombre Generar Votación

Descripción	El usuario genera una votación nueva
Actores	Administrador
Precondiciones	No hay
Requisitos funcionales	no Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario, en la pantalla de inicio (Ilustración 34), pulsa en “Generar Votación”. 2. Se muestra el formulario para indicar la o las provincias donde se efectuará la nueva votación y se le añade una descripción (Ilustración 33). 3. Se muestra el formulario para la actualización del censo electoral (Ilustración 35), el usuario puede actualizarlo o no. En cualquier caso, se añaden a la votación los votantes de la provincia seleccionada. 4. Se muestra la pantalla de selección de alternativas con todas las almacenadas en el sistema (Ilustración 36), el usuario puede crear una alternativa nueva o elegir entre las existentes y pulsar en “Siguiente”. <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Si el usuario pulsa en “Crear Alternativa, se muestra el formulario para crear una alternativa nueva (Ilustración 37), con las opciones de añadir una descripción y un logotipo. El usuario pulsa en “Siguiente” y se le vuelve a redireccionar al formulario de selección de alternativas. 5. Se vuelve a la pantalla de inicio con una nueva votación en la lista de votaciones a iniciar.
Postcondiciones	Se habrá creado una nueva votación en la BD, la cual podrá iniciarse en la pantalla inicial.

Si desea añadir votantes nuevos a los ya registrados hágalo de la siguiente forma
Genere un archivo .txt con el siguiente formato e indique la ruta de dicho archivo:
DNI del Votante,Nombre,Apellidos,Dirección,Calle
Si no necesita añadir nuevos votantes pulse el botón Siguiente

>

Añadir

Siguiente

Ilustración 33 -Actualizar censo

Crear Votación

Introduce una descripción para la votación a crear

Indica la provincia donde desea realizar la votación

Seleccione una opción

Siguiente

Ilustración 34- Formulario crear votación



Ilustración 36- Pantalla inicial administración

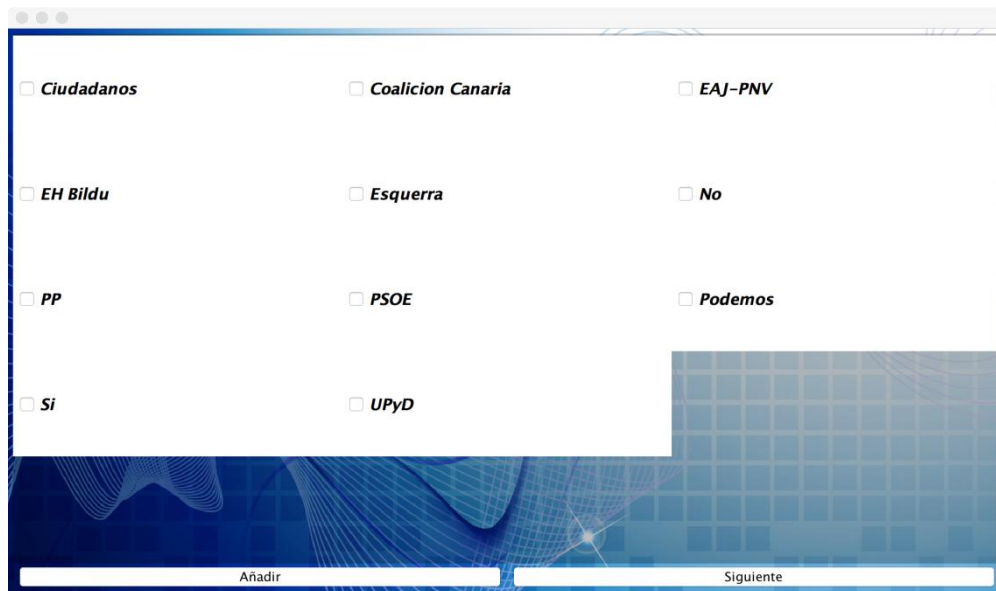


Ilustración 35- Alternativas almacenadas

Crear Alternativa Nueva

Introduce el nombre de la nueva alternativa

Añade un logotipo a la alternativa, Dim. 102x102

 >

Introduce una descripción de la alternativa

Volver Guardar

Ilustración 37- Crear Alternativa

1.4. Iniciar Votación

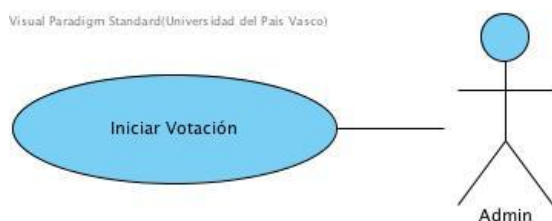


Ilustración 38- Caso de Uso Extendido - Iniciar Votación

Nombre Iniciar Votación

Descripción	El usuario inicia una votación
Actores	Administrador
Precondiciones	La votación debe haber sido creada anteriormente
Requisitos funcionales	no Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario, en la pantalla de inicio (Ilustración 34), elige una votación y pulsa en “Iniciar”. 2. Se muestra la pantalla de espera cuando se está ejecutando la votación (Ilustración 39), el usuario puede detenerla cuando lo vea conveniente pulsando el botón “Detener”.
Postcondiciones	Se habrá iniciado una votación.

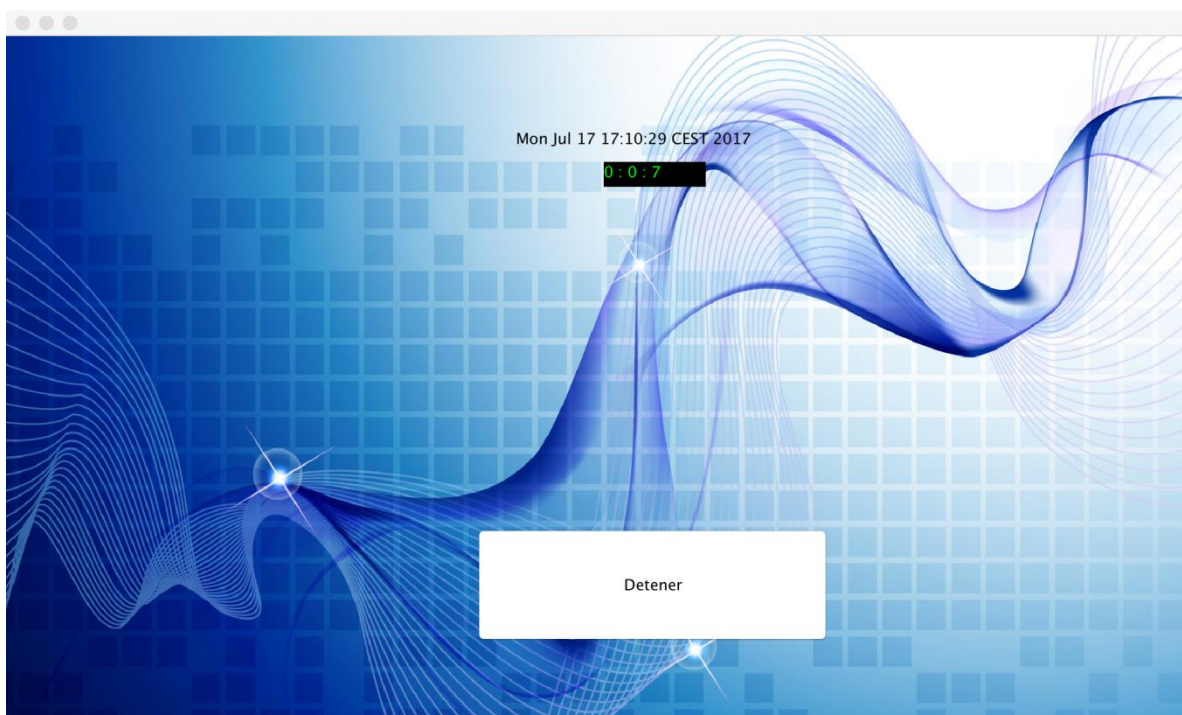


Ilustración 39- Espera realización de votación

1.5. Finalizar Votación

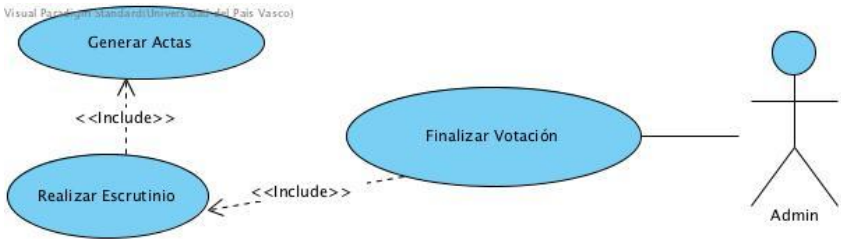


Ilustración 40- Caso de Uso Extendido - Finalizar Votación

Nombre Finalizar Votación

Descripción	El usuario finaliza una votación
Actores	Administrador
Precondiciones	La votación debe haber sido iniciada anteriormente
Requisitos funcionales	no Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario, en la pantalla de espera cuando se está ejecutando la votación, pulsa en “Detener” (Ilustración 39). 2. Se contabilizan en la BD los resultados, a partir de los cuales se mostrará el gráfico y se generarán las actas. 3. Se muestra la pantalla de resultados (Ilustración 41) con un gráfico tipo tarta indicando los votos de cada alternativa. 4. El usuario puede obtener las actas de los resultados generales o bien locales en formato PDF en la ruta seleccionada. 5. Si el usuario pulsa en “Volver”, se muestra la pantalla de inicio (Ilustración 35).
Postcondiciones	Se habrá finalizado una votación y se habrán contabilizado todos los votos que se reflejan en las actas generadas.



Ilustración 41- Resultados de la votación

1.6. Histórico de Votaciones

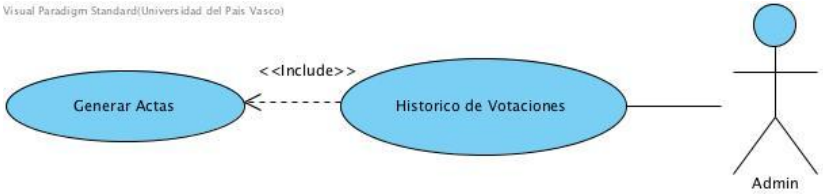


Ilustración 42- Caso de Uso Extendido - Histórico de Votaciones

Nombre Finalizar Votación

Descripción	El usuario finaliza una votación
Actores	Administrador
Precondiciones	La votación debe haber finalizado
Requisitos funcionales	no Ninguno
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario, en la pantalla de inicio (Ilustración 35) pulsa en “Histórico de Votaciones”. 2. Se muestra la pantalla con la lista de votaciones finalizadas (Ilustración 43), puede obtener las actas de los resultados generales o bien locales en formato PDF en la ruta seleccionada. 3. Si el usuario pulsa en “Volver” se muestra la pantalla de inicio.
Postcondiciones	Se obtienen las actas, ya sean generales o locales, de la votación finalizada seleccionada.

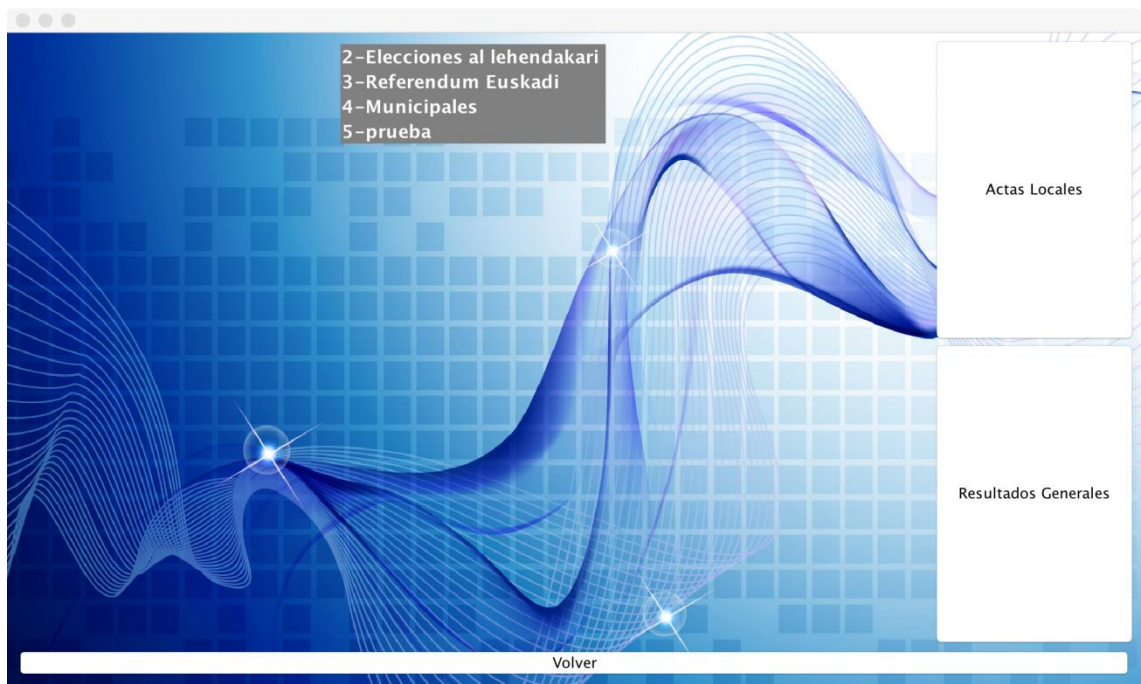


Ilustración 43- Pantalla de histórico de votaciones

II. Anexo II.- Diagramas de secuencia

2.1. Identificarse

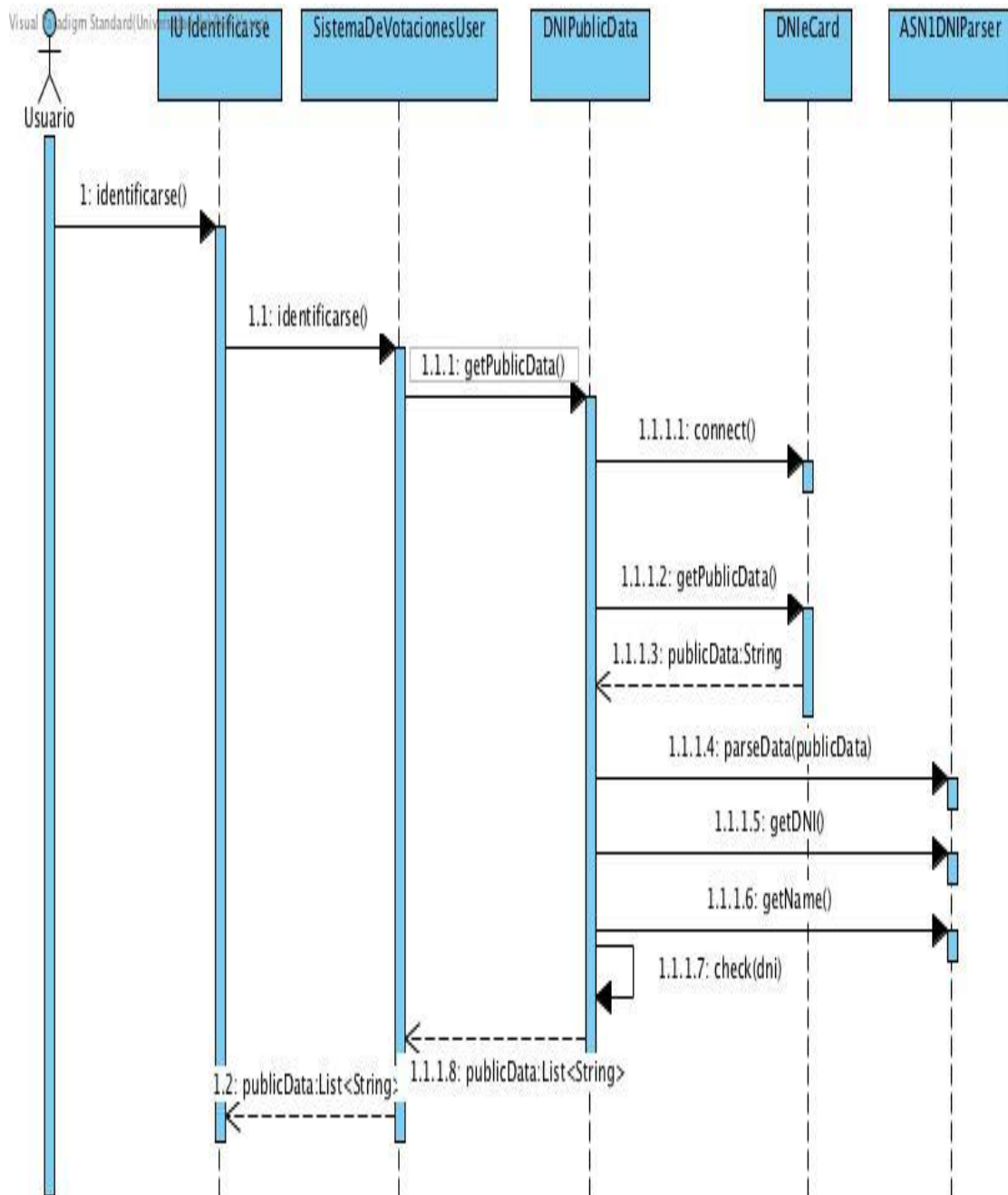


Ilustración 44- Diagrama de Secuencia - Identificarse

2.2. Introducir Pin

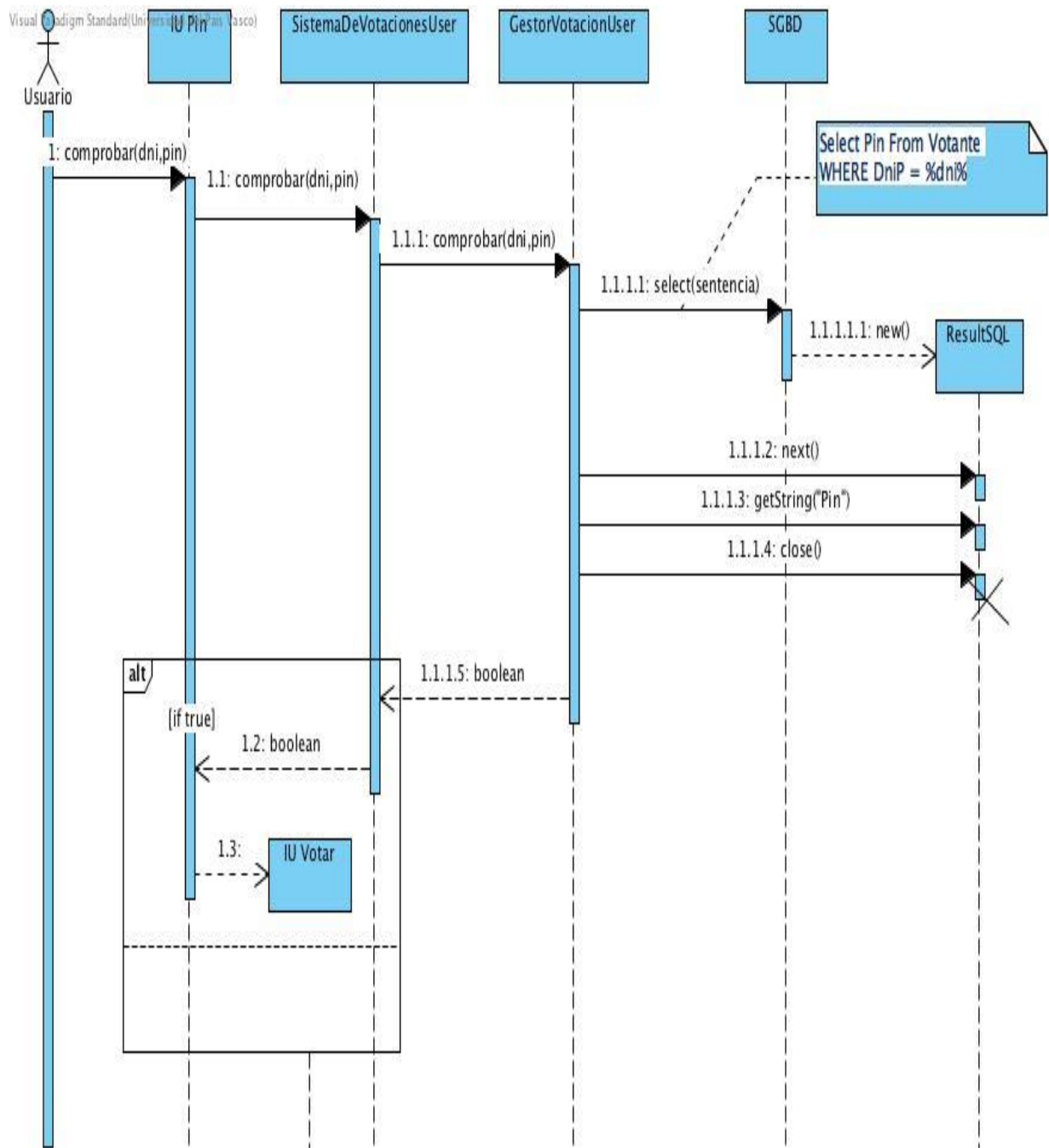


Ilustración 45- Diagrama de Secuencia - Introducir Pin

2.3. Votar

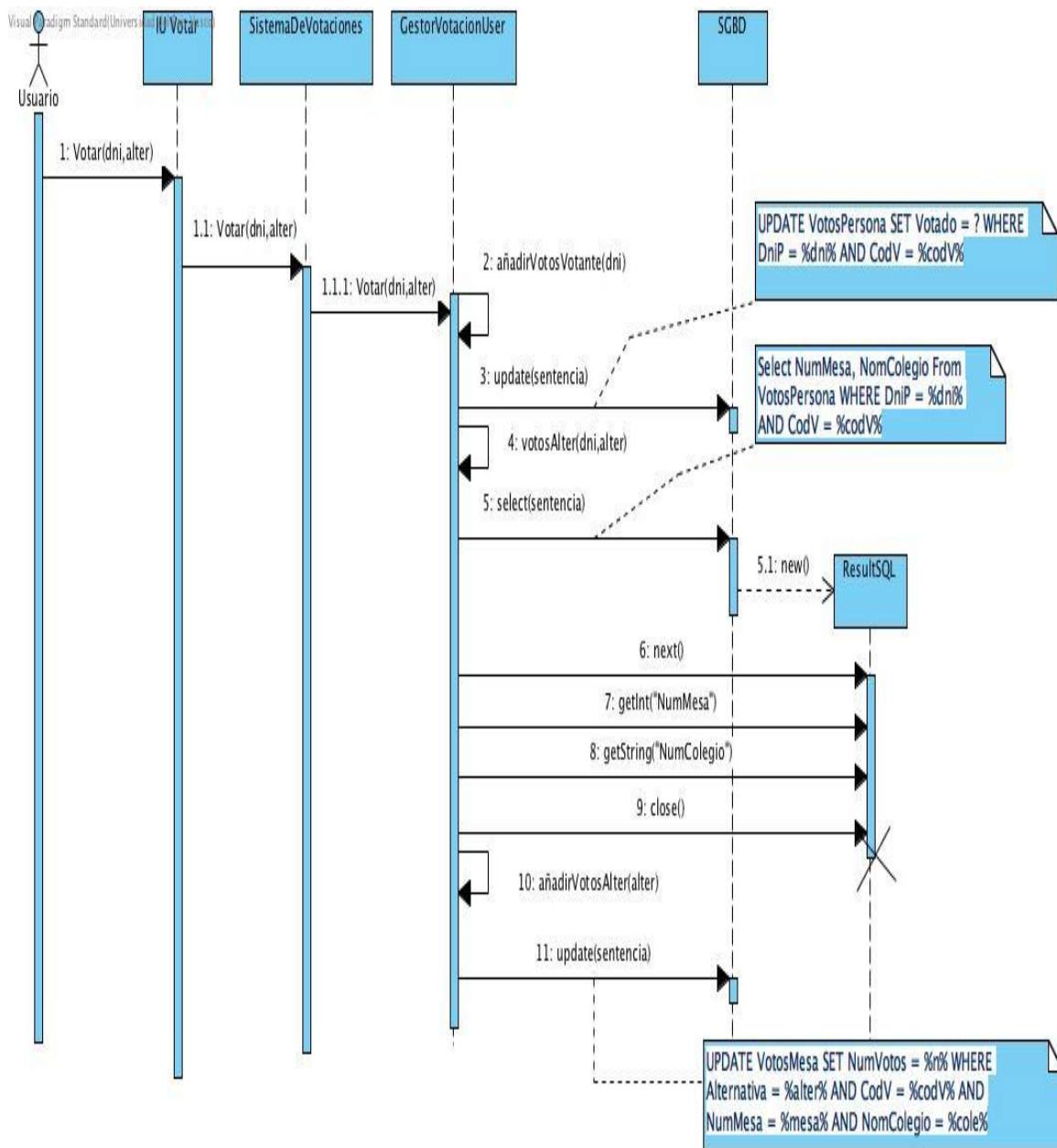


Ilustración 46- Diagrama de Secuencia - Votar

2.4. Generar Votación

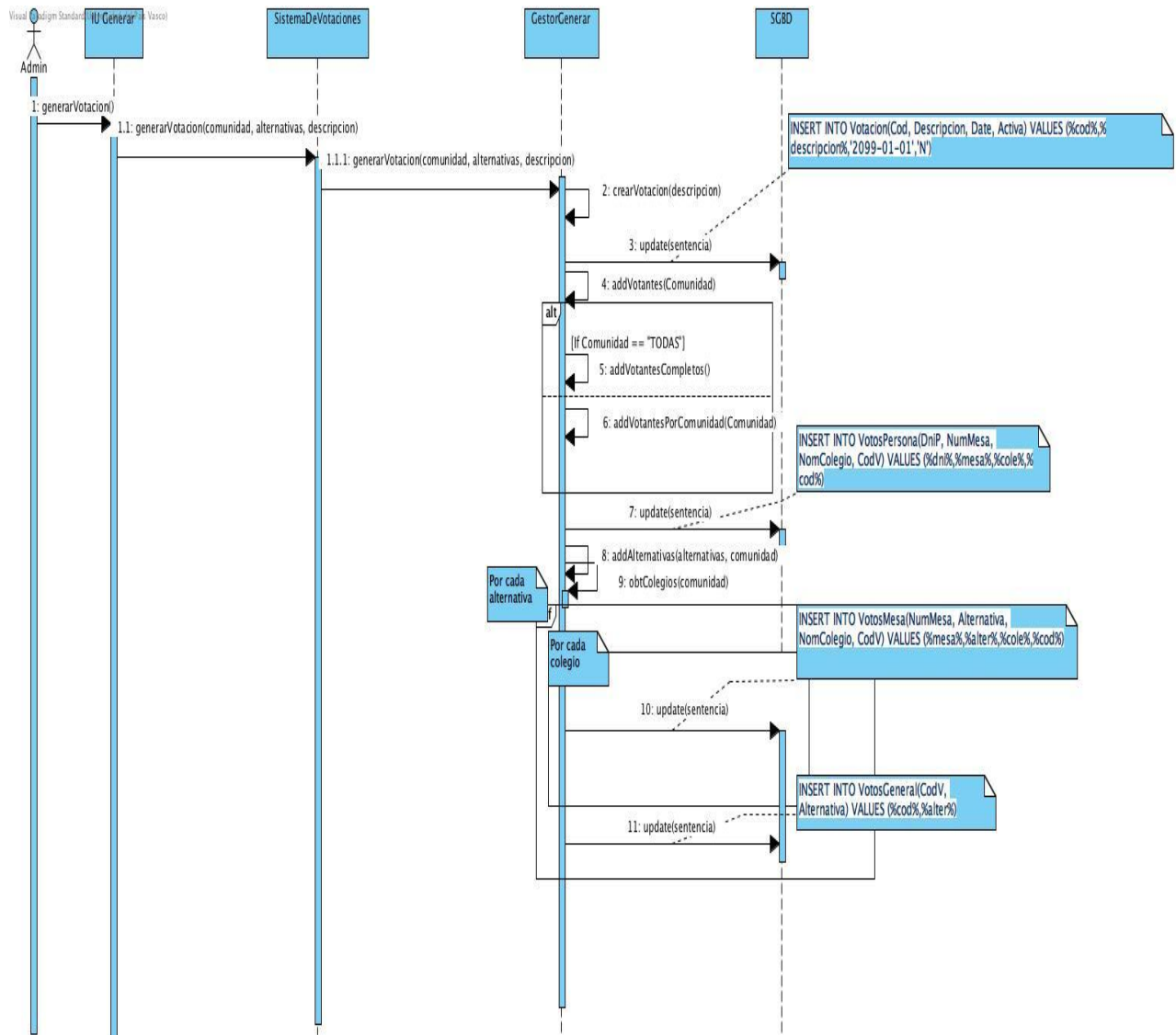


Ilustración 47- Diagrama de Secuencia - Generar Votación

2.5. Obtener Resultados

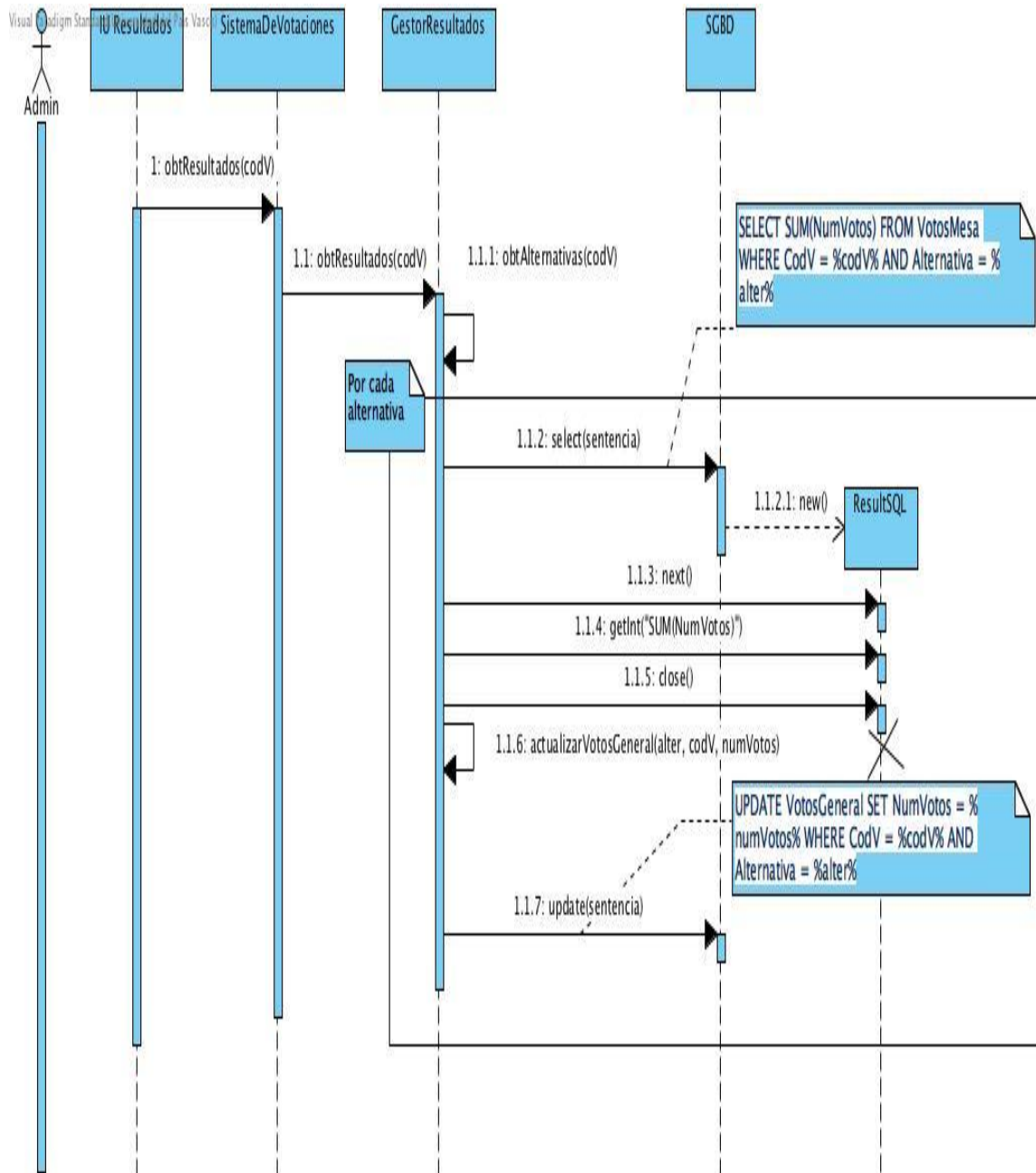


Ilustración 48 - Diagrama de Secuencia - Obtener Resultados

III. Anexo III.- Manual de usuario para la votación

3.1. Identificación

Para que un votante pueda ejercer su derecho a voto, primero debe identificarse. Para ello, el votante se encontrará con la siguiente pantalla al llegar a su mesa electoral:



Ilustración 49- Pantalla inicial de identificación

Una vez introducido su DNle en el lector de tarjetas conectado a la máquina donde se ejecuta el sistema, pulsará sobre la flecha verde.

Seguido, el sistema pedirá al votante que introduzca el pin de su DNle para poder firmar electrónicamente su voto. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, esta funcionalidad es una simulación ya que no se ha podido conseguir hacerlo correctamente debido a que el DNle es una tecnología aún en desarrollo.



Ilustración 50- Pantalla introducción del pin

3.2. Votar

Una vez identificado, el votante podrá visualizar en pantalla las diferentes alternativas a las podrá votar. Seleccionada una de ellas, clicará en el botón “Votar” para realizar definitivamente su voto. El sistema mostrará de nuevo la pantalla de identificación para que pase el siguiente votante.



Ilustración 51 -Pantalla de voto

IV. Anexo IV.- Manual de gestión de la interfaz de administración

4.1. Pantalla inicial

Cuando iniciemos la interfaz de administración, nos encontraremos con la siguiente pantalla:

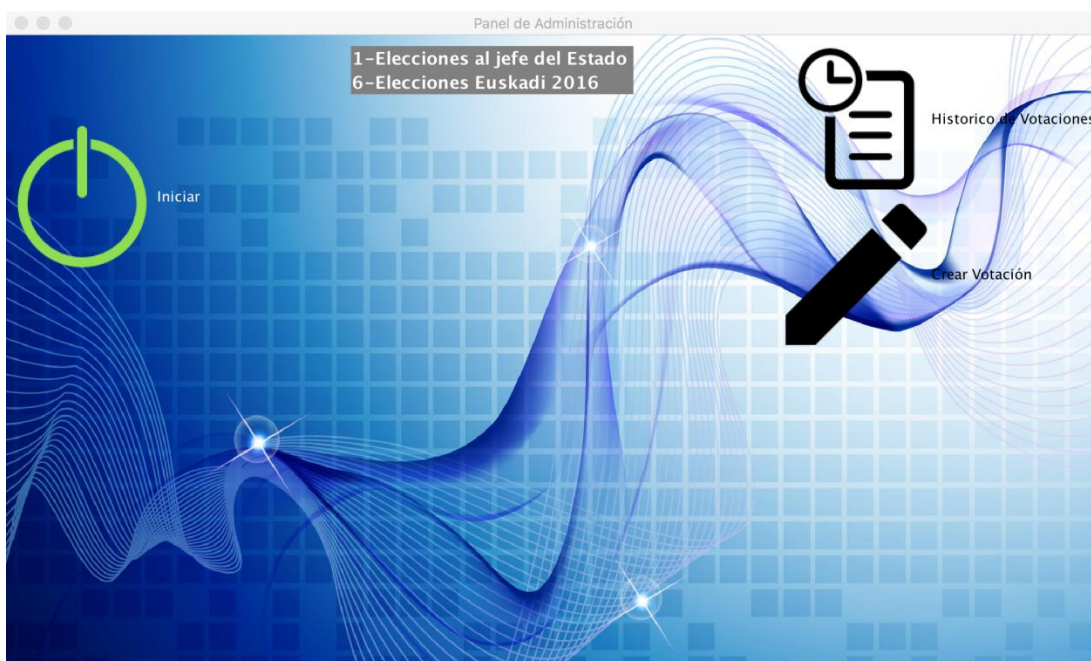


Ilustración 52- Pantalla inicial administración

Como se puede ver, tenemos la lista de las votaciones que aún no se han realizado, podemos crear una votación y también podemos ver el histórico de votaciones.

4.2. Iniciar votación

Después de seleccionar la votación que queramos realizar de la lista pulsamos sobre el icono de iniciar. El sistema nos redigirá a la pantalla de espera mientras se realiza una votación. En ella podremos ver un cronometro para saber cuánto tiempo lleva la votación activa. Podremos detener la votación en cualquier momento.

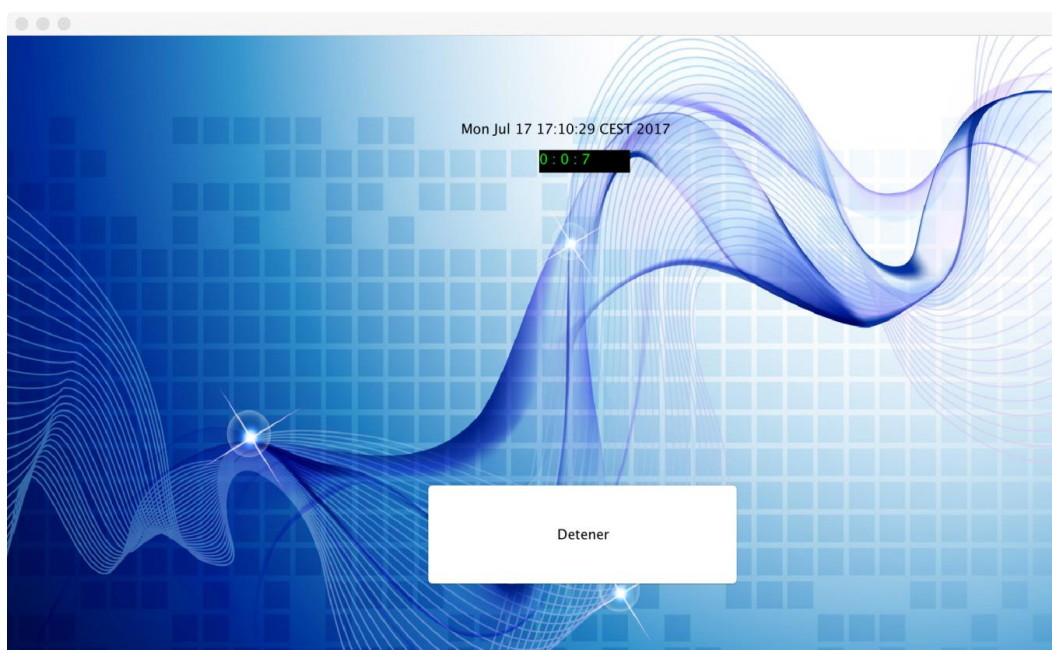


Ilustración 53- Espera realización de votación

4.3. Finalizar votación

Una vez detenida y finalizada la votación, se mostrará en pantalla el gráfico con los resultados generales de la votación.

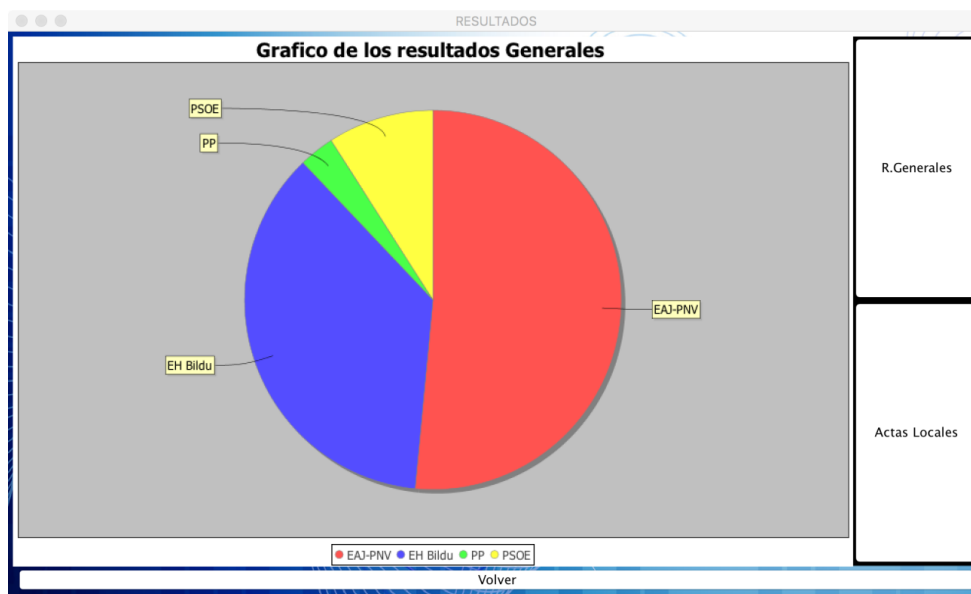


Ilustración 54- Resultados de la votación

En esta pantalla, podremos obtener las actas con los resultados en cada una de las localidades donde se ha realizado la votación y también un acta que detalle los resultados generales. En cualquier momento podremos regresar a la pantalla de inicio.

4.4. Crear votación

Lo primero que se hará en el proceso de creación de una votación será indicar la o las provincias donde de realizará, además de añadir una descripción.

Crear Votación

Introduce una descripción para la votación a crear

Indica la provincia donde desea realizar la votación

Seleccione una opción

Siguiente

Ilustración 55- Formulario crear votación

El siguiente paso será actualizar el censo electoral para la votación. Se podrá decidir si se realiza la votación con los votantes ya almacenados en la BD que se correspondan con la provincia o provincias seleccionadas o bien añadir votantes nuevos a través del método que se indica en la pantalla.

Si desea añadir votantes nuevos a los ya registrados hágalo de la siguiente forma
Genere un archivo .txt con el siguiente formato e indique la ruta de dicho archivo:
DNI del Votante,Nombre,Apellidos,Direccion,Calle
Si no necesita añadir nuevos votantes pulse el botón Siguiente

Añadir

Siguiente

Ilustración 56- Actualizar censo

Por último, habría que añadir las alternativas a participar en la votación. En este caso, también podremos crear una alternativa nueva que no esté almacenada en el sistema pulsando el botón “Añadir”.

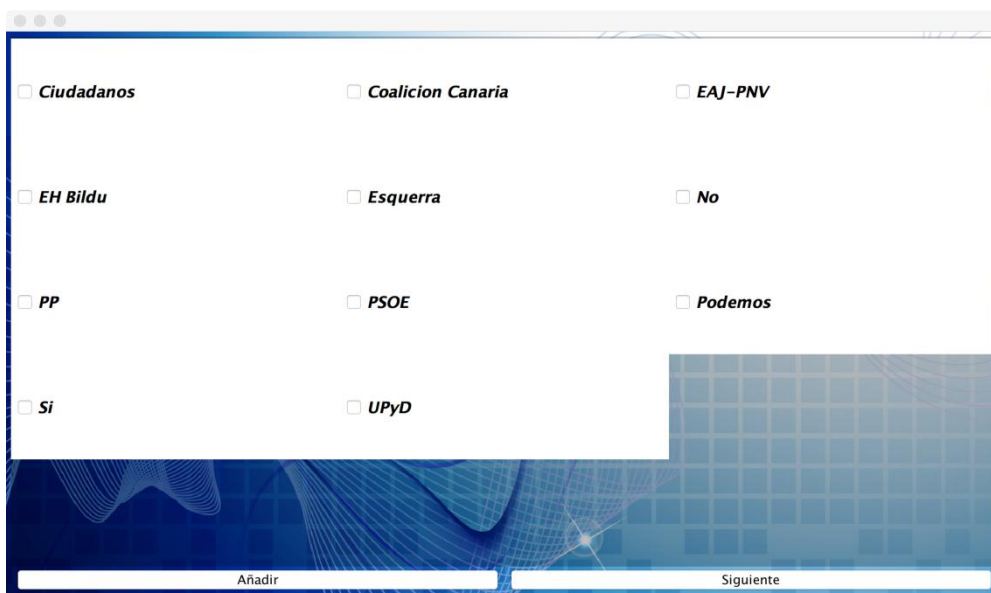


Ilustración 57- Alternativas almacenadas



Ilustración 58- Crear Alternativa

Una vez seleccionadas las alternativas, pulsaremos en “Guardar” y volveremos a la pantalla inicial donde podemos ver en la lista la votación creada recientemente.

4.5. Histórico de votaciones

Cuando accedemos al histórico de votaciones, podemos ver la lista de las votaciones finalizadas. Cuando pulsamos sobre una de ellas, podremos obtener las actas con los resultados en cada una de las localidades donde se ha realizado la votación y también un acta que detalle los resultados generales. En cualquier momento, podremos regresar a la pantalla de inicio.

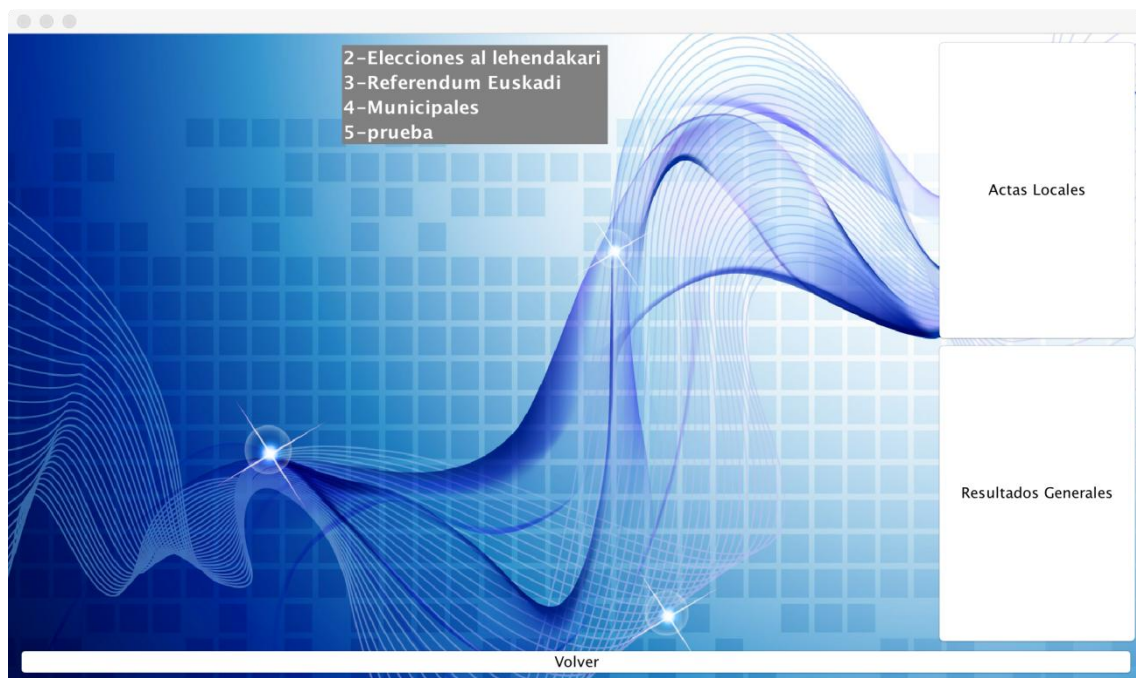


Ilustración 59- Pantalla de histórico de votaciones

