

**Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)**

**Escuela de Ingeniería**

**Adaptación al Grado en Ingeniería Informática**

# Prototipo de sistema recordatorio para personas con Alzheimer basado en Arduino

**Código fuente del proyecto:** [https://github.com/raulunir/Prototipo\\_Recordatorio](https://github.com/raulunir/Prototipo_Recordatorio)

**Trabajo Fin de Grado**

**presentado por:** D. Raúl Martínez Alonso

**Director/a:** D. Andrés Gaspar Castillo

Ciudad: Alicante

Fecha: Septiembre 2015

## Resumen

Hay 24 millones de enfermos de Alzheimer en el mundo y, cada año, este número aumenta en 7,7 millones de personas y de familias que deben aprender a vivir con la enfermedad y a luchar por mejorar la calidad de vida de los enfermos. La informática puede ayudar en esta mejora de calidad. Materiales, procedimientos y servicios aplicados en pacientes con Alzheimer, que eran exclusivos y caros hace pocos años, han pasado a ser accesibles y baratos gracias a microcontroladores como Arduino y la programación de código abierto. Las comunidades de “makers” comparten sus conocimientos en Internet para que todos puedan construir soluciones que ayuden en estas tareas. En este Trabajo de Fin de Grado se construirá un prototipo de sistema recordatorio para personas con Alzheimer basado en Arduino. En primer lugar, se presentan las características de la enfermedad de Alzheimer y cómo se manifiesta en las personas. A continuación se enumerarán las diferentes soluciones que se podrían aplicar para construir el prototipo. Por último, se diseñará y construirá el sistema recordatorio.

**Palabras Clave:** Arduino, Alzheimer, demencia, recordatorio, RFID, memoria

## Abstract

Throughout the world there are 24 million sick people with Alzheimer and year by year this amount is increased by 7.7 million people and families who have to deal with this disease and also to struggle with improving the quality of living of these ill people. Computing may help to improve their standards. Tools, procedures and services applied to patients with Alzheimer, which used to be exclusive and expensive, have become available and cheap thanks to microcontrollers such as Arduino and open code programming. 'Makers' communities share their knowledge in the Internet so everyone can find out solutions to help in these tasks. In this Final Grade Essay, a prototype of a memory system, based on Arduino, devoted to those ones with Alzheimer will be built, Firstly, Alzheimer illness features and their manifestations in people are introduced; secondly, different solutions which can be applied to create this prototype will be listed and finally, the memory system will be designed and built.

**Keywords:** Arduino, Alzheimer, Dementia, remind, RFID, memory

**“EL ALZHEIMER BORRA LA MEMORIA, NO LOS SENTIMIENTOS”**

*Pasqual Maragall*

**“EL ALZHEIMER GOLPEA EL CEREBRO DEL ENFERMO Y EL CORAZÓN DE LOS FAMILIARES”**

*Alicia Ruiz*

**“FLOTAR EN EL LÍQUIDO AMNIÓTICO DE LA DESMEMORIA NO ES SER MENOS DIGNO”**

*Pedro Simón*

## **AGRADECIMIENTOS**

Muchas personas han hecho posible que este Trabajo de Fin de Grado esté llegando a buen puerto y para ellas son estas palabras.

En primer lugar, gracias a Adela, mi esposa, mi compañera y mi amiga. Bien sabes que sin ti, no estaría escribiendo estas líneas. Gracias por tu paciencia, tu fuerza y tu acompañamiento.

Gracias a la UNIR, especialmente a mis tutores, Daniel Pertegaz y Andrés Gaspar Castillo, por ofrecer un método de estudio compatible con la familia y el trabajo.

Gracias al Dr. Antonio Hervás Garcés, por sus explicaciones y correcciones sobre la enfermedad de Alzheimer.

No me olvido de mis compañeros de curso que me han hecho reír en los momentos complicados y han sido un apoyo incuestionable cuando me han surgido dudas: Olga, Paqui, Antonio y Pablo. Y sobre todo un agradecimiento especial, a José Miguel Serna, compañero gemelo en el curso y una gran persona.

Finalmente, gracias de todo corazón a todas las personas que luchan, de una manera u otra, contra el Alzheimer: familias que cuidan a sus seres queridos con Alzheimer, médicos, personal sanitario, investigadores, voluntarios y muchos más. Gracias porque este Trabajo de Fin de Grado es también una parte vuestra.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. Contexto y estudio preliminar .....	4
3.1. La demencia y la enfermedad de Alzheimer .....	4
3.2. Signos de alarma del Alzheimer .....	5
3.3. Las fases de la enfermedad de Alzheimer .....	7
4. Estado actual de los sistemas informáticos de ayuda a personas con Alzheimer.....	13
4.1. Sistemas domóticos .....	14
4.2. Aplicaciones informáticas para enfermos de Alzheimer.....	15
4.2.1. Programas informáticos de localización de la persona con Alzheimer.....	16
4.2.2. Programas informáticos de estimulación cognitiva integral.....	17
4.3. Roboterapia.....	24
5. Componentes para la implementación del prototipo.....	25
5.1. Tecnologías inalámbricas.....	27
5.1.1. Bluetooth.....	27
5.1.2. NFC .....	29
5.1.3. Tecnología RFID.....	33
5.1.4. iBeacons y Beacons .....	39
5.2. Sistemas de control de bajo coste .....	40
5.2.1. Arduino .....	40
5.2.2. BeagleBone .....	42
5.2.3. Libelium Waspmote .....	42
5.2.4. Nanode Winode .....	43
5.2.5. Raspberry Pi.....	44

---

4.2.6. Otras alternativas.....	44
6. Identificación de requisitos.....	46
6.1. Objetivo del sistema .....	46
6.2. Requisitos del sistema .....	49
6.3. Requisitos de restricción de información.....	50
6.4. Requisitos funcionales .....	52
6.4.1. Actores.....	52
6.4.2. Requisitos funcionales.....	53
6.4.3. Diagramas de caso de uso .....	54
6.5 Requisitos no funcionales .....	56
6.5.1. De producto .....	57
6.5.2. De organización.....	59
6.5.3. Externos.....	61
7. Descripción técnica.....	63
7.1. Planificación del Trabajo de Fin de Grado .....	67
7.2. Esquemas técnicos del prototipo .....	67
7.2.1. Esquema del prototipo completo .....	69
7.2.2. Esquema de conexión Arduino – RFID .....	70
7.2.3. Esquema de conexión Arduino – RTC .....	71
7.2.4. Esquema de conexión Arduino – LCD.....	72
7.3. Ejemplo de sketch para el sistema de recordatorios.....	73
8. Evaluación .....	75
9. Conclusiones .....	77
10. Desarrollos futuros.....	78
11. Bibliografía .....	79

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y DE TABLAS

### *Índice de ilustraciones*

Ilustración 1. Superposición de síntomas en la enfermedad de Alzheimer .....	6
Ilustración 2. Aplicación de la domótica en el CRE de San Andrés de Rabanedo (León).....	15
Ilustración 3. Pantallas de la App Tweri.....	17
Ilustración 4. Pantalla del programa GRADIOR.....	19
Ilustración 5. Pantalla del proyecto HEAD .....	20
Ilustración 6. Pantalla de la aplicación Einstein: entrena tu cerebro para iOS .....	21
Ilustración 7. Pantalla de Mis Recuerdos sobre Android .....	23
Ilustración 8. Pantalla mostrando la línea de tiempo de una persona en AlzhUp.....	24
Ilustración 9. Foca de peluche robótica interactuando con una paciente .....	25
Ilustración 10. Modelo de interacción del sistema de recordatorios usuario-sistema.....	26
Ilustración 11. Logotipo de la tecnología Bluetooth .....	27
Ilustración 12. Pulseras cuantificadoras Bluetooth de la marca Polar .....	28
Ilustración 13. Logotipo de la tecnología NFC propuesto por el NFC Forum .....	30
Ilustración 14. Pulseras de silicona con tecnología NFC.....	31
Ilustración 15. Logo que llevan los objetos con RFID en Europa .....	33
Ilustración 16. Componentes de una etiqueta RFID .....	34
Ilustración 17. Lector RFID de mano .....	37
Ilustración 18. Antenas RFID de la empresa Motorola .....	38
Ilustración 19. Antenas RFID de bajo coste.....	38
Ilustración 20. Beacons de la empresa Estimote.....	40
Ilustración 21. Clónico Arduino: Funduino UNO R3.....	41
Ilustración 22. Microcontrolador BeagleBone .....	42

---

Ilustración 23. Microcontrolador Libelium Waspote .....	43
Ilustración 24. Microcontrolador Nanode Winode .....	43
Ilustración 25. Microcontrolador Raspberry Pi 2 .....	44
Ilustración 26. Microcontrolador Intel Galileo Gen. 2 .....	45
Ilustración 27. Diagrama de casos de uso del sistema recordatorio .....	55
Ilustración 28. Componentes del sistema: Microcontrolador Funduino Uno R3 .....	63
Ilustración 29. Componentes del sistema: Reloj de tiempo real - RTC DS3231 .....	64
Ilustración 30. Componentes del sistema: Buzzer .....	65
Ilustración 31. Lector RFID RC-522 y llavero RFID .....	65
Ilustración 32. Componentes del sistema: Pantalla LCD 1602A .....	66
Ilustración 33. Diagrama de Gantt del Trabajo de Fin de Grado .....	67
Ilustración 34. Prototipo de sistema de recordatorios con Arduino y RFID .....	68
Ilustración 35. Esquema de conexión del sistema de recordatorios .....	69
Ilustración 36. Esquema de conexión de componentes Arduino - RFID .....	70
Ilustración 37. Esquema de interconexión de pines Arduino - RFID .....	70
Ilustración 38. Esquema de conexión de componentes Arduino - RTC .....	71
Ilustración 39. Esquema de interconexión de pines Arduino - RTC .....	71
Ilustración 40. Esquema de conexión de componentes Arduino - LCD - Buzzer .....	72
Ilustración 41. Esquema de interconexión de pines Arduino - LCD - Buzzer .....	73
Ilustración 42. Mensaje recordatorio al entrar en la cocina a las 20:35 .....	75
Ilustración 43. Segundo mensaje recordatorio de cena .....	76

## ***Índice de tablas***

Tabla 1. Relación entre los resultados del MMSE y la escala GDS .....	12
Tabla 2. Evolución de las lesiones y de los trastornos de los pacientes .....	13
Tabla 3. Características de la tecnología Bluetooth .....	29
Tabla 4. Características de la tecnología NFC .....	32
Tabla 5. Estructura del identificador EPC en RFID.....	34
Tabla 6. Características de las etiquetas RFID activas y pasivas .....	35
Tabla 7. Frecuencias de trabajo y métodos de propagación en RFID.....	35
Tabla 8. Relación entre frecuencia de trabajo, distancia en RFID.....	36
Tabla 9. Algunos formatos de etiquetas RFID aplicables al sistema de recordatorios.....	37
Tabla 10. Objetivo del sistema 1: Mostrar recordatorios .....	46
Tabla 11. Sub-objetivo del sistema 1: Leer identificador .....	47
Tabla 12. Sub-objetivo del sistema 2: Gestionar mensajes.....	47
Tabla 13. Sub-objetivo del sistema 3: Mostrar mensajes .....	48
Tabla 14. Requisito del sistema 1: Identificación del usuario .....	49
Tabla 15. Requisitos de restricción de información 1: Unicidad de los usuarios .....	50
Tabla 16. Restricción de restricción de información 2: Intervención del usuario .....	51
Tabla 17. Actor 1 del sistema: Usuario/Paciente/Enfermo .....	52
Tabla 18. Actor 2 del sistema: Sistema Arduino .....	53
Tabla 19. Requisitos funcionales 1: Mensaje de según la hora.....	53
Tabla 20. Requisitos funcionales 2: Mensajes según la estancia.....	54
Tabla 21. Descripción textual del Caso de uso E1 - 01 .....	56
Tabla 22. Requisitos no funcionales 1: Mantenimiento .....	57
Tabla 23. Requisitos no funcionales: Claridad de mensajes .....	58

---

Tabla 24. Requisitos no funcionales 3: Disponibilidad del sistema .....	58
Tabla 25. Requisitos no funcionales 4: Dispositivos de bajo coste .....	59
Tabla 26. Requisitos no funcionales 5: Conexión a Internet.....	60
Tabla 27. Requisitos no funcionales 6: Plazos de entrega .....	60
Tabla 28. Requisitos no funcionales 7: Plazos de entrega .....	61
Tabla 29. Requisitos no funcionales 8: Interrelación con el usuario.....	62
Tabla 30. Características lector RFID RC-522 .....	66

# 1. INTRODUCCIÓN

La medicina está en constante evolución y cada poco tiempo se descubren nuevos tratamientos que permiten curar algún mal: pastillas, vacunas, operaciones quirúrgicas, prótesis. Sin embargo, existen multitud de enfermedades de las que aún no hay un tratamiento específico que las cure como, por ejemplo, el SIDA (VIH) o la demencia.

Una de las enfermedades que más daño hace en el núcleo familiar, tanto para el que la sufre como para el resto de personas cercanas es la demencia senil de tipo Alzheimer (DSTA) o, simplemente, enfermedad de Alzheimer.

La desaparición de los recuerdos y dejar de hacer cosas necesarias para vivir, como son el comer, el aseo personal, recordar los buenos momentos de la vida, querer y relacionarte con tu familia y amigos, van haciendo mella en las personas que sufren esta enfermedad tanto en su componente física como en su aspecto físico-emocional. Este proceso destructivo de la persona afecta también a las personas que rodean al enfermo: familia, amistades, relaciones sociales, etc. Por ello, este Trabajo de Fin de Grado está encaminado a implementar una solución que permita mantener activa la capacidad cognitiva de la personas afectadas por Alzheimer el máximo tiempo posible permitiéndoles vivir en su propia vivienda, sin necesidad de internamiento en un centro asistencial, y sea un complemento al acompañamiento de una persona que ayude al enfermo.

Dada la importancia de conocer la enfermedad para establecer posibles soluciones, en este Trabajo de Fin de Grado se mostrará, en primer lugar, la problemática que las personas con Alzheimer encuentran en su día a día. Se presentará el síndrome de demencia, la enfermedad del Alzheimer y las fases y síntomas que se producen en las personas para establecer el intervalo temporal en el que la herramienta de recordatorios implementada puede ser efectiva. A continuación se presentarán las soluciones informáticas que en la actualidad se aplican para la mejora de calidad de las personas con Alzheimer.

En estos momentos no hay soluciones médicas a esta enfermedad si bien sí se puede encontrar ayudas farmacológicas que intentan paliar los efectos de la enfermedad y retrasar la degeneración neuronal. Como se presentará en el trabajo, las soluciones informáticas de ayuda a estas personas suelen limitarse a aplicaciones que ayudan a que mantengan la mente lo más activa posible o a aplicaciones que controlan dónde está una persona en un momento concreto. Prácticamente lo único con lo que pueden contar las

personas que padecen esta grave enfermedad degenerativa es tener a otra persona cerca que le ayude en su vida diaria.

El sistema de recordatorios propuesto abarcará las salas principales de la vivienda: como el salón, cocina, cuarto de baño y dormitorio. La persona llevará un elemento identificativo (chapa, tarjeta, pulsera) que active un sensor y, en función de la hora y de la sala en la que se encuentre, en un panel luminoso aparezcan mensajes indicando qué cosas debe hacer y no olvidar. También le recordará el nombre de los familiares y, periódicamente, la hora que es, qué fecha es y en qué día de la semana está.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es la implementación de un prototipo de sistema de recordatorios para personas con Alzheimer basado en un sistema de control económico. Para alcanzar este objetivo se analizarán las tecnologías inalámbricas que permiten construir sistemas de control de presencia y que puede utilizarse en la construcción del prototipo. Se identificarán sistemas microcontroladores de bajo coste para ser utilizados como plataforma de control del prototipo, como Arduino y Beaglebone así como los componentes necesarios para identificar a las personas y poder mostrar los mensajes recordatorios en una pantalla. Se montarán los componentes hardware del sistema y se programarán

## **2. OBJETIVOS**

En esta búsqueda de hacer que una persona con Alzheimer pueda alargar lo máximo posible llevar una vida personal y social sin depender exclusivamente de una persona, en este Trabajo de Fin de Grado se proponen los siguientes objetivos:

### ***2.1. Objetivo general***

Diseñar e implementar un prototipo de sistema de recordatorios en una vivienda para una persona que padece la enfermedad de Alzheimer.

### ***2.2. Objetivos específicos***

1. Conocer la enfermedad de Alzheimer, sus síntomas y sus fases.
2. Acotar el tiempo en el que el sistema de recordatorios será útil para un enfermo de Alzheimer.
3. Analizar las tecnologías inalámbricas que permiten desarrollar servicios de control de presencia y seleccionar una para su implementación en el sistema recordatorio.
4. Analizar los sistemas microcontroladores de bajo coste disponibles en el mercado y seleccionar uno para el sistema recordatorio.
5. Construir el prototipo de sistema recordatorio con los elementos seleccionados.
6. Programar y poner en marcha el prototipo de sistema recordatorio en el salón, cocina, dormitorio y cuarto de baño presentando mensajes adecuados a la zona de la vivienda así como mensajes recordatorios periódicos que estimulen la memoria de una persona con Alzheimer.

## 3. CONTEXTO Y ESTUDIO PRELIMINAR

### 3.1. La demencia y la enfermedad de Alzheimer

La enfermedad del Alzheimer es un tipo de demencia. La demencia no es considerada por los médicos como una enfermedad sino como un síndrome. Un síndrome es un conjunto de signos y síntomas que, en el caso de la demencia, se manifiestan en síntomas como la pérdida de memoria, la dificultad para realizar tareas cotidianas y cambios de comportamiento. La demencia provoca un deterioro progresivo en los procesos del pensamiento y afecta, sobre todo, a personas de avanzada edad.

De forma muy simplificada, los doctores Bouchard y Rossor establecieron que las causas principales de un deterioro progresivo de las capacidades mentales se pueden dividir en cuatro grupos (Bouchard & Rossor, 1996):

- **Enfermedades generales:** hipertensión, diabetes, anemias...
- **Enfermedades psiquiátricas o mentales.**
- **Enfermedades neurológicas con demencia secundaria:** tumores cerebrales, trastornos de circulación...
- **Enfermedades degenerativas cerebrales primarias:** enfermedad de Alzheimer, enfermedad por priones (enfermedad de las vacas locas)...

En la actualidad, la manera más común de manifestarse la demencia es con la enfermedad del Alzheimer. Entre un 50% y un 70% de los casos de demencia son Alzheimer (Peña-Casanova, 1999, p. 5).

La enfermedad del Alzheimer es un trastorno cerebral progresivo e irreversible que daña lentamente las células del cerebro dando lugar a pérdidas de memoria, aptitudes del pensamiento y a la capacidad para llevar a cabo las tareas más simples como vestirse, controlar las deposiciones o andar. El paciente va perdiendo su independencia y no puede desarrollar una vida autónoma necesitando constantemente la supervisión y ayuda de otra persona.

Este deterioro cerebral es progresivo y se manifiesta a lo largo de varias fases en las que los síntomas se irán observando en el paciente. En estos momentos, el Alzheimer es una enfermedad grave e irreversible, y por lo tanto incurable, pero mediante tratamiento es posible modificar y mejorar su curso.

El prototipo de recordatorios basado en placas Arduino pretende ser un sistema de apoyo a las personas enfermas en diferentes fases de la enfermedad, presentándoles mensajes recordatorios de las actividades cotidianas que deben realizar. Estos mensajes se mostrarán en pantallas LCD. Este sistema podrá formar parte de un programa de terapias no farmacológicas que se aplica a un paciente de Alzheimer. Por este motivo, es necesario conocer los signos de alarma y las fases que se producen en la enfermedad para saber de qué manera puede ayudar estos sistemas informáticos a la mejora de calidad de vida de las personas con Alzheimer.

### **3.2. Signos de alarma del Alzheimer**

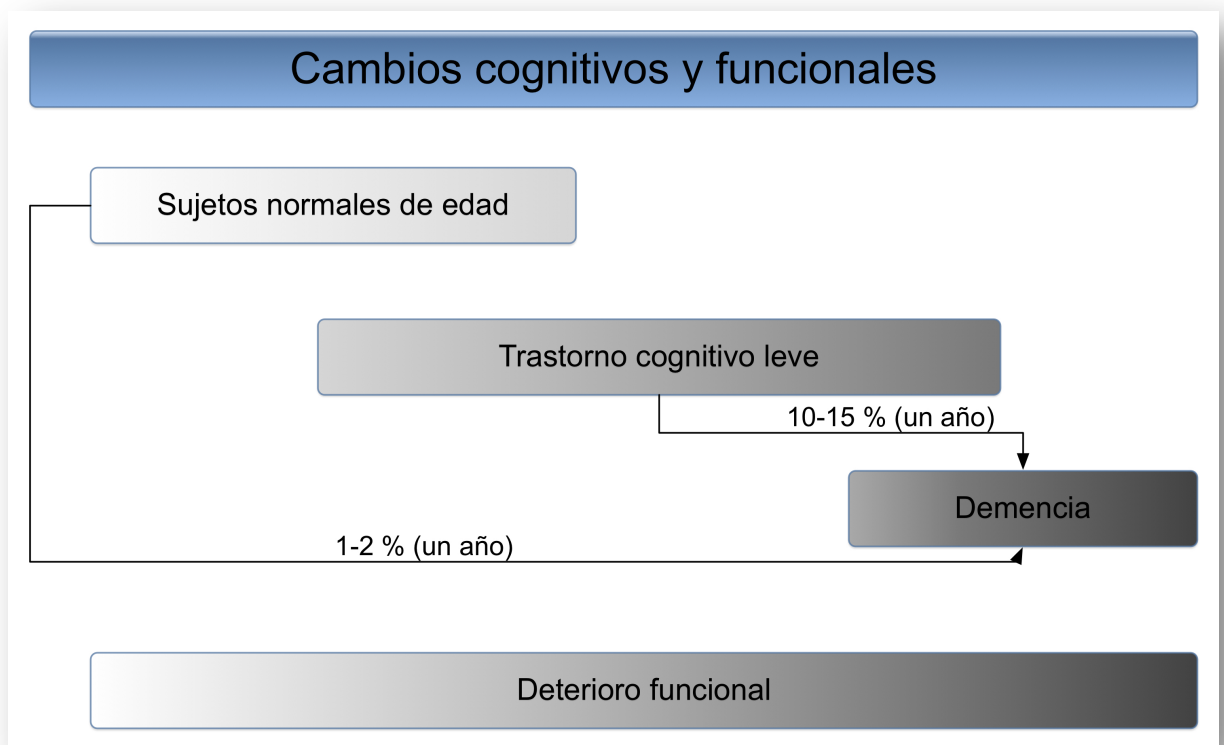
Al comienzo de la enfermedad, identificar a una persona con Alzheimer es complicado porque los síntomas son similares a los que tiene una persona que está envejeciendo de forma normal. En la mayoría de los pacientes, los signos de alarma que se pueden observar en una persona con Alzheimer son (Peña-Casanova, 1999, p. 21):

- **Pérdidas de memoria que afectan a las capacidades en el trabajo:** números de teléfono, nombres, citas...
- **Dificultades para realizar tareas familiares:** preparar la comida, hacer la cama...
- **Problemas de lenguaje:** olvido y sustitución de palabras...
- **Desorientación en el tiempo y en el espacio:** el paciente se olvida de la fecha, no sabe en qué momento del día está, se pierde...
- **Pobreza de juicio:** el paciente se viste con ropas inapropiada, sigue conductas anómalas...
- **Problemas de pensamiento abstracto:** se olvida del significado del dinero, aparecen problemas de evaluación de semejanzas, de comprensión de frases, refranes...
- **Pérdida de cosas o ubicación en lugares incorrectos:** poner la plancha en la nevera, el reloj en el azucarero...
- **Cambios de humor y de conducta:** el estado de ánimo sufre cambios frecuentes e inesperados.
- **Cambios en la personalidad:** suspicacia, temor, miedo...
- **Pérdida de iniciativa:** la persona está muy pasiva y necesita estímulos constantes.

Todos estos síntomas no tienen por qué darse a la misma vez sino que irán apareciendo según la fase de la enfermedad en la que esté el enfermo pero sí que nos

ayudarán a establecer un período temporal en el que el sistema de recordatorios podrá ayudar a la persona con Alzheimer.

Es más, la superposición de síntomas, especialmente en los cambios cognitivos, da lugar a problemas diagnósticos. Cambios muy sutiles se creen producidos por la edad y no se tienen en cuenta. En la Ilustración 1 se puede observar esta superposición de síntomas que encontraremos en la evolución de la enfermedad.



**Ilustración 1. Superposición de síntomas en la enfermedad de Alzheimer**

La degradación de colores, desde el blanco hasta casi el negro, indica la evolución en los cambios cognitivos. Esta escala se usará posteriormente para establecer los cambios que se observarán en una persona a lo largo de las fases de la enfermedad. Se observa que conforme se incrementan los cambios cognitivos, aparece y aumenta el deterioro funcional.

### **3.3. Las fases de la enfermedad de Alzheimer**

El curso de general de la enfermedad es lento y variable (entre 3 y 20 años). Desde el momento del diagnóstico, se considera que el enfermo puede vivir entre 8 y 10 años. Cuanto más joven es el paciente, más rápida se desarrolla la enfermedad. Así, en personas con edades comprendidas entre 45 y 50 años, la enfermedad se desarrolla terriblemente en un plazo entre 3 y 4 años.

Las fases que se determinan son una orientación para médicos y familiares de los pacientes. Gracias a esta orientación, la familia puede conocer en qué momento de la enfermedad se encuentra el paciente y qué ocurrirá en un futuro no muy lejano. Además, la duración de las fases no es regular ni se da siempre de la misma manera en su aspecto temporal, es decir, un paciente puede haber estado en una fase mucho tiempo pero puede pasar a las siguientes fases en muy poco tiempo. Esta evolución puede deberse a sucesos cerebrales o a hechos externos que afectan al paciente como pueden ser enfermedades, cambios en los patrones diarios, cambios de domicilio, etc.

Es importante conocer que los cambios entre fases no se van a dar con grandes cambios definidos ni van a ser apreciables de forma clara y en momentos puntuales sino que se van a ir dando poco a poco necesitando comprobar los síntomas nuevos que se aprecian en el paciente.

Por lo tanto, delimitar estas fases de forma temporal nos permitirá centrar el uso del sistema de recordatorios en un tiempo concreto de uso. Fuera de este espacio de tiempo, la enfermedad habrá evolucionado a un estado en el que el paciente sólo responderá, y no siempre será así, a estímulos de las personas que estén a su lado en el día a día ayudándola a realizar las tareas cotidianas que no podrá realizar por sí misma.

A la hora de establecer las fases, es necesario indicar que no hay una única escala de medición para establecer las fases de desarrollo de la demencia y, en concreto, de la enfermedad de Alzheimer. Hoy en día, las dos escalas más aceptadas por los médicos son la escala GDS (Global Deterioration Scale) propuesta por Barry Reisberg y su equipo colaborador en el Centro Médico de la Universidad de Nueva York (Reisberg, Ferris, de Leon, & Crook, 1982) y la CDR (Clinical Dementia Rating), propuesta por Hugues y sus colaboradores en la Universidad de Washington (Hugues, Berg, & Danzinger, 1988).

Sí que es aceptado por todos que para medir las fases de la enfermedad de Alzheimer, la escala global de deterioro de la demencia degenerativa primaria de Reisberg (GDS) se adapta mejor que la CDR de Hughes puesto que no todos los tipos de demencia

tienen pérdida de memoria por lo que a continuación se presentará la escala GDS o escala de Resiberg.

La escala GDS presenta siete fases de la enfermedad que van desde la normalidad hasta los estados más avanzados de la enfermedad del Alzheimer. GDS 1 y GDS 2 no se refieren a personas enfermas de Alzheimer sino a personas adultas normales (GDS 1) y a personas adultas de más edad (GDS 2).

## **ESCALA DE REISBERG (GDS)**

---

### **GDS 1 (ausencia de alteración cognitiva)**

Ausencia de quejas subjetivas. Ausencia de trastornos evidentes en la entrevista clínica.

### **GDS 2 (disminución cognitiva muy leve)**

**Quejas subjetivas de defectos de déficit de memoria sobre todo en las siguientes áreas:**

- a. El paciente olvida los lugares donde ha dejado los objetos familiares.
- b. El paciente olvida nombres previamente muy conocidos.

### **GDS 3 (defecto cognitivo leve)**

**Aparecen los primeros defectos claros.**

Manifestaciones en más de una de las siguientes áreas:

- a. El paciente puede haberse perdido yendo a un lugar no familiar.
- b. Sus compañeros son conscientes de su bajo rendimiento laboral.
- c. Su dificultad para evocar palabras y nombres se hace evidente para las personas más próximas.

- d. El paciente puede leer un pasaje de un libro y recordar relativamente poco material.
- e. El paciente puede mostrar una capacidad reducida para recordar el nombre de una persona que ha conocido recientemente.
- f. El paciente puede haber perdido un objeto de valor o haberlo puesto en un lugar equivocado.
- g. En la exploración directa puede haber un problema de concentración.

En general, el paciente niega estos defectos o manifiesta no conocerlos.

Los síntomas van acompañados de una ansiedad moderada.

**Duración media:** siete años antes del inicio de la demencia.

## GDS 4 (defecto cognitivo moderado)

### Defectos claramente definidos.

Déficits manifiestos en las áreas siguientes:

- a. Disminución del conocimiento de los acontecimientos actuales y recientes.
- b. Cierta déficit en el recuerdo de su historia personal.
- c. Defecto de concentración.
- d. Disminución de la capacidad para viajar, manejar su propia autonomía...

Con frecuencia, no se da defecto alguno en las siguientes áreas:

- a. Orientación en el tiempo y en la persona.
- b. Reconocimiento de las personas y caras familiares.
- c. Capacidad para viajar a lugares familiares.

La persona es incapaz de realizar tareas complejas.

La negación es el sistema de defensa dominante.

Se observa una disminución del afecto.

**Duración media:** dos años.

## GDS 5 (defecto cognitivo moderado-grave)

**El paciente no puede sobrevivir mucho tiempo sin ningún tipo de asistencia.**

El paciente es incapaz de recordar aspectos importantes y relevantes de su vida actual:

- a. Una dirección o número de teléfono que no han cambiado desde hace muchos años.
- b. Nombres de los familiares más próximos (como los nietos).
- c. El nombre de la escuela o instituto donde estudió.

A menudo, el paciente presenta cierta desorientación respecto al tiempo (fecha, día de la semana...) o al lugar.

En general, sigue conociendo su nombre y el nombre de su cónyuge y sus hijos.

No requiere asistencia ni en el aseo ni para comer, pero puede tener alguna dificultad en la elección de la indumentaria adecuada.

**Duración media:** año y medio.

## GDS 6 (defecto cognitivo grave)

**El paciente desconoce gran parte de los acontecimientos y experiencias recientes de su vida.**

El paciente requiere cierta asistencia en las tareas cotidianas:

- a. Puede presentar incontinencia.
- b. Necesita asistencia para viajar aunque puede hacerlo a lugares familiares.

Mantiene cierto conocimiento de su vida pasada, pero de forma muy fragmentaria.

Por lo general, no reconoce su entorno, el día en el que vive, la estación...

Con frecuencia, su ritmo diario está alterado.

Casi siempre recuerda su nombre.

Tienen lugar cambios emocionales y de personalidad visibles y variables:

- a. Conducta delirante por ejemplo, hablar con personas imaginarias, hablar consigo mismo delante del espejo...
- b. Síntomas obsesivos, por ejemplo, repetir continuamente actividades de limpieza.
- c. Síntomas de ansiedad, agitación e incluso conducta violenta que antes no existía.
- d. Abulia cognitiva, por ejemplo, pérdida de deseos.

**Duración media:** dos años y medio.

### GDS 7 (defecto cognitivo muy grave)

**A lo largo de toda esta fase la persona va perdiendo todas las capacidades verbales.**

Se van perdiendo las habilidades psicomotoras básicas, por ejemplo, caminar...

Aparece la incontinencia urinaria. La persona necesita de asistencia de aseo y también para ingerir alimentos.

El cerebro parece incapaz de indicarle al cuerpo lo que debe hacer.

**Duración media:** dos años y medio.

Para establecer el tiempo que el sistema de recordatorios puede ayudar a la persona con Alzheimer es necesario conocer de qué manera puede evolucionar el deterioro cognitivo de la persona, es decir, cuándo va a empezar a olvidar las cosas y con qué rapidez puede deteriorarse esta habilidad.

En la actualidad para establecer este deterioro cognitivo se utiliza el MMSE (Mini-Mental State Examination). MMSE (Folstein, Folstein, & Mc Hugh, 1975) es un método de evaluación rápido para detectar el deterioro cognitivo y vigilar su evolución en las personas con alteraciones neurológicas, especialmente ancianos. Desarrollado por Marshal F. Folstein, Susan Folstein y Paul R. Mc Hugh en 1975, la aplicación del método dura entre 5 y 10 minutos por lo que su aplicación se puede realizar de forma continua y rutinaria y sirve para detectar demencia o *delirium*.

Consiste en una batería de treinta preguntas agrupadas en secciones en las que se evalúan la orientación espacio-temporal, la capacidad de atención, concentración y memoria, la capacidad de cálculo (abstracción), la capacidad de lenguaje y la percepción espacio-visual y la capacidad para seguir instrucciones básicas.

La puntuación final está entre 30 y 0. Está ordenado de ningún deterioro (30) a demencia severa (0). La escala del MMSE quedan de la siguiente manera: Entre 30 y 27: no hay deterioro. Entre 26 y 25: dudoso o posible deterioro. Entre 24 y 10: demencia leve a moderada. Entre 9 y 6: demencia moderada a severa y menor de 6: demencia severa.

Tras haber establecido el deterioro cognitivo mediante el MMSE, podemos relacionar la escala de Reisberg (GDS) con el MMSE.

MMSE	GDS
Entre 30 y 27	GDS 0 / GDS 1
Entre 26 y 25	GDS 2
Entre 24 y 23	GDS 3
Entre 22 y 19	GDS 4
Entre 18 y 12	GDS 5 / GDS 6
0	GDS 7

Tabla 1. Relación entre los resultados del MMSE y la escala GDS

Aplicando la relación entre GDS y MMSE, el sistema de recordatorios podría ayudar, siempre teniendo en cuenta la evolución y estado de la enfermedad, a una persona con Alzheimer desde los primeros síntomas hasta GDS 4 e incluso GDS 5 en sus primeros estadios de defecto cognitivo moderado.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la enfermedad y cómo afecta a las capacidades cerebrales (Peña-Casanova, 1999, p. 49). La intensidad de los colores, tal y como se ha mostrado en la ilustración 1, indica el grado de afectación a la capacidad.

Capacidades del cerebro	Fases de la enfermedad				
	GDS 3	GDS 4	GDS 5	GDS 6	GDS 7
Memoria episódica reciente					
Memoria episódica remota					
Memoria semántica (conocimientos)					
Resolución de problemas, juicio, creatividad					
Personalidad. Comportamiento					
Orientación					
Lenguaje					
Lectura-escritura					
Reconocimiento de objetos					
Manipulación de objetos					
Control de orina y defecación					
Capacidades motoras básicas					
Conciencia					
Latido de corazón					
Respiración					

Tabla 2. Evolución de las lesiones y de los trastornos de los pacientes

## 4. ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS DE AYUDA A PERSONAS CON ALZHEIMER

El sistema recordatorio que se presenta en este Trabajo de Fin de Grado es un sistema compuesto por elementos hardware y software. Por este motivo es imprescindible conocer la situación actual de los sistemas informáticos que ayudan al paciente a retrasar lo máximo posible el deterioro cognitivo así como los sistemas que lo pueden ayudar a que su día a día en el entorno en el que se mueve sean también una ayuda.

El desarrollo de los sistemas informáticos que actualmente se utilizan en el tratamiento de personas con Alzheimer está enfocado en dos direcciones claramente diferenciadas. Una dirección se centra en el desarrollo e implantación de sistemas domóticos, tanto en la casa de la persona como en centros de cuidado de pacientes, que ayuden a crear un ambiente adecuado para que el enfermo se encuentre a gusto y que otorgue una seguridad y control de localización sobre la persona. La otra, en el desarrollo de aplicaciones informáticas y dispositivos robóticos que ayuden a mantener el sistema

cognitivo de las personas y retrasar, lo máximo posible, el deterioro del cerebro. También se desarrollan aplicaciones para la localización de las personas que pueden perderse a causa de la enfermedad.

#### **4.1. Sistemas domóticos**

Con los sistemas domóticos se busca incorporar una tecnología sencilla a la vivienda y edificios para hacer que los entornos en los que vivimos y nos movemos sean más seguros, cómodos y eficientes. Aunque estamos identificando los elementos informáticos que se pueden encontrar en el entorno de un paciente con Alzheimer, estos sistemas no están limitados a grupos de personas con dificultades físicas o psíquicas. Al contrario. El desarrollo de los sistemas domóticos tuvo su origen en la informatización de las casas y edificios de personas con gran poder adquisitivo. Hoy, el abaratamiento de los componentes electrónicos ha permitido que cualquier persona pueda acceder a los beneficios que estos sistemas aportan.

Algunos de los beneficios que aporta un sistema domótico son:

- **Ahorro energético:** regulación de la temperatura, control de la iluminación...
- **Seguridad:** custodia y vigilancia frente a la intrusión, la inundación, el fuego, escapes de gas. También permiten controlar el movimiento y las caídas de las personas gracias a sensores de movimiento ubicados a diferentes alturas.
- **Comunicaciones:** telecontrol y telemetría, acceso a Internet, comunicación interna con los elementos domóticos de la vivienda y desde fuera de ella. Este elemento evita el aislamiento de las personas mayores y de movilidad reducida y permite disponer de un sistema de socorro más rápido y eficiente.
- **Confort:** programaciones horarias de calefacción, de luz, riego automático, apertura y cierre de persianas...

En España, encontramos muchos ejemplos de aplicación de la domótica en la mejora del bienestar de los enfermos. Uno de los ejemplos claros de las ventajas que tiene la aplicación de la domótica en las personas enfermas y con discapacidad se encuentra en el CRE<sup>1</sup> de San Andrés de Rabanedo en León (CRE San Andrés de Rabanedo, 2015). En este

---

<sup>1</sup> CRE: Centro de Referencia Estatal. Son centros dependientes del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España.

centro, la vida de los pacientes se realiza en una casa domótica, Ilustración 2, con todas las facilidades que esta tecnología les puede aportar.

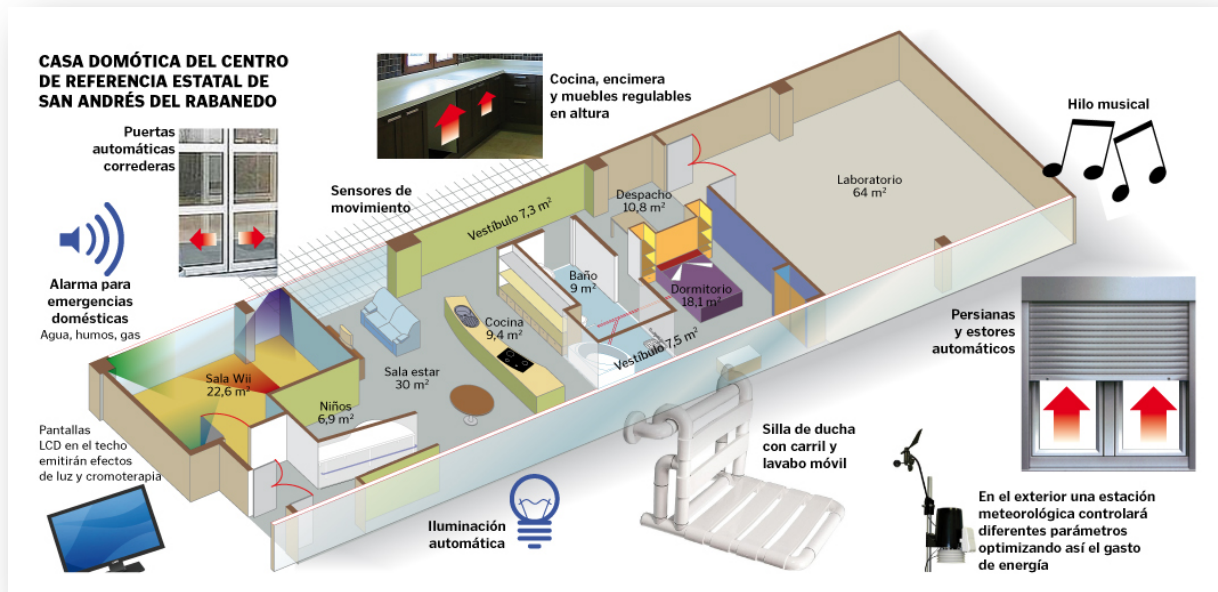


Ilustración 2. Aplicación de la domótica en el CRE de San Andrés de Rabanedo (León)

Centrándonos en los enfermos de Alzheimer, uno de los centros pioneros en la aplicación de estos sistemas domóticos para el bienestar de los pacientes es la Fundación Reina Sofía a través de su proyecto Alzheimer con un centro en el barrio de Ensanche de Vallecas (Madrid) inaugurado en 2007 (Fundación Reina Sofía, 2015). En el libro sobre la puesta en marcha del Centro Fundación Reina Sofía se presenta la evolución del centro hasta su construcción mostrando las pautas que se siguieron en la instalación de elementos domóticos para el bienestar de los pacientes y el seguimiento de los mismos por sus cuidadores (Fundación Reina Sofía - Proyecto Alzheimer, 2007)

## 4.2. Aplicaciones informáticas para enfermos de Alzheimer

Las aplicaciones informáticas en el tratamiento no farmacológico de pacientes con Alzheimer se usan de dos formas claramente diferenciadas. Por un lado, el uso de programas que permitan controlar la posición del enfermo, es decir, dónde está físicamente y, en algunos casos, cómo se encuentra físicamente. Estos programas se instalan en

tabletas digitales y móviles por lo que pueden usarse tanto en casas particulares como en centros de cuidado. Por otro lado, se usan programas en los tratamientos para retrasar el deterioro cognitivo en los que el paciente usa la informática para ejercitar su memoria. Este tipo de programa se puede encontrar tanto en formatos para usar en sistemas de escritorio como para móviles y tabletas digitales.

EL CRE Alzheimer de Salamanca ha recopilado (Catálogo "Alzheimer's Apps", 2014) algunas de las herramientas informáticas para móviles que se pueden usar con pacientes con Alzheimer. En este recopilatorio se encuentran tanto aplicaciones de ayuda a la localización de las personas como programas de ayuda a la estimulación cognitiva. A continuación se presentan algunos de estos programas para entender el papel que juega la tecnología en la lucha contra la enfermedad de Alzheimer.

#### **4.2.1. Programas informáticos de localización de la persona con Alzheimer.**

Los sistemas de geolocalización unidos a la telefonía móvil han permitido el desarrollo de aplicaciones que permitan conocer, en todo momento y con una precisión de varios metros, dónde se encuentra una persona. Estas dos tecnologías se han aplicado a las personas con Alzheimer o con otros tipos de demencia para que, en caso de desorientarse, puedan ser encontradas de forma rápida.

La falta de orientación es un síntoma que empieza a darse a partir de la fase GDS 3 por lo que estos programas son de gran ayuda durante gran parte de la evolución de esta enfermedad. Uno de los elementos que más aprecian las personas con Alzheimer es mantener su autonomía personal, es decir, pasear, hacer cosas por sí mismas, comprar... (Peña-Casanova, 2005, p. 35). Estos programas permiten que la mantengan a la vez que se encuentran "controladas" por los familiares o cuidadores sin que lo parezca.

Si bien se podría usar cualquier programa de geolocalización para saber dónde está una persona, los programas desarrollados para personas con Alzheimer aportan una serie de características que los hacen más apropiados para realizar el control a estas personas. Así, se pueden indicar límites geográficos para indicar las zonas de movimiento y paseo en las que puede estar la persona. Si sale de estas zonas o no ha vuelto en un tiempo definido se podrán activar diversas alarmas con la situación de la persona. Estas alarmas se enviarán periódicamente, a través del correo electrónico o mensajes SMS, al cuidador o acompañante para que pueda ir a buscarlo.

Algunas de las aplicaciones de geolocalización en español de personas con Alzheimer (o de cualquier persona de la que se necesite en todo momento saber dónde está) son Tweri Alzheimer Caregiver<sup>2</sup> (disponible para iOS y Android), SafetyGPS<sup>3</sup> (iOS y Android) y Locialízalo: localizador GPS<sup>4</sup> (disponible para Android).



Ilustración 3. Pantallas de la App Tweri

#### 4.2.2. Programas informáticos de estimulación cognitiva integral

Una de las herramientas básicas en la lucha contra el deterioro cognitivo son los programas informáticos de ayuda a pacientes con Alzheimer. Se ha comprobado que los talleres de estimulación cognitiva integral son una parte imprescindible de las terapias no farmacológicas porque parecen enlentecer o mejorar cognitivamente a largo plazo, el curso de la enfermedad de Alzheimer (Deus, 2006).

<sup>2</sup> Sitio web: <http://www.tweri.com/tweri>

<sup>3</sup> Sitio web: <http://www.safetygps.com>

<sup>4</sup> Sitio de descarga: <https://play.google.com/store/apps/details?id=jsv.localizalo.es&hl=es>

La estimulación cognitiva integral persigue tres objetivos. Estos son (Peña-Casanova, 1999, p. 10):

### **Objetivos iniciales**

- Estimular y mantener las capacidades mentales.
- Evitar la desconexión del entorno y fortalecer las relaciones sociales.
- Dar seguridad e incrementar la autonomía personal del paciente.
- Estimular la propia identidad y autoestima dignificando al paciente.
- Minimizar el estrés y evitar reacciones psicológicas anómalas.

### **Objetivos intermedios**

- Mejorar el rendimiento cognitivo.
- Mejorar el rendimiento funcional.
- Incrementar la autonomía personal en las actividades diarias.
- Mejorar el estado y sentimiento de salud.

### **Objetivo final**

- Mejorar la calidad de vida del paciente y de los familiares/cuidadores.

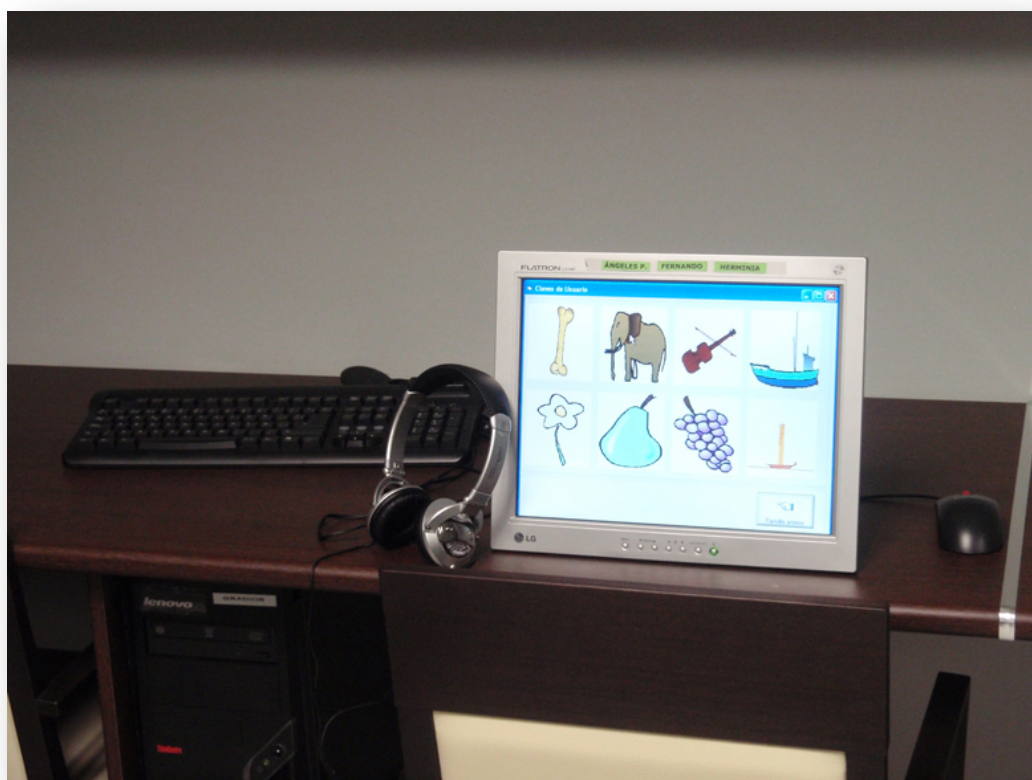
La posibilidad de instalar estos programas informáticos en dispositivos móviles ha permitido el desarrollo de apps que se pueden utilizar en cualquier lugar, ya sea el centro de cuidado o la propia vivienda y que han sido programadas por equipos de investigación o por usuarios particulares.

Las terapias de estimulación cognitiva integral y reminiscencia permiten a la persona mantener su cerebro activo intentando retrasar la inevitable pérdida de memoria y de recuerdos. Por este motivo, los programas informáticos desarrollados inciden en trabajar este deterioro cognitivo mediante juegos sencillos que hagan trabajar la memoria y en la creación de bancos de recuerdos de la vida y personas que acompañan y son parte del bagaje vital de los enfermos de Alzheimer.

En España destacan dos proyectos informáticos desarrollados por equipos de trabajo formados por especialistas en las áreas de la medicina, psicólogos e informáticos: el programa GRADIOR (CRE Alzheimer Salamanca, 2015) y el proyecto HEAD (LabHuman - Proyecto HEAD, 2015).

El programa GRADIOR, se usa en más de 450 centros socio-sanitarios entre los que se encuentra el CRE Alzheimer de Salamanca. Ha sido desarrollado por la Fundación INTRAS<sup>5</sup> (Fundación INTRAS, 2015) y es un sistema de rehabilitación neuropsicológica con programas de entrenamiento y recuperación de funciones cognitivas superiores (atención, memoria, orientación...) que usa una pantalla táctil incidiendo en la usabilidad y haciendo el sistema más intuitivo y accesible. El programa toma datos de los usuarios de forma continua cuya revisión periódica permite conocer la progresión de la persona.

GRADIOR dispone de más de 40.000 ejercicios cuyos contenidos cambian cada vez que se utilizan divididos en habilidades de atención, percepción, memoria, orientación, cálculo, razonamiento y lenguaje. En su última versión ha incorporado ejercicios de funciones ejecutivas, es decir, hacer cosas concretas.



**Ilustración 4. Pantalla del programa GRADIOR**

---

<sup>5</sup> La Fundación INTRAS es una asociación sin ánimo de lucro, constituida en 1994, cuyo objetivo es ayudar a las personas con discapacidad a causa de una enfermedad mental grave a que recuperen su proyecto de vida.

El proyecto HEAD (Herramientas tecnológicas para la Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias) ha sido desarrollado por LabHuman<sup>6</sup>. Este sistema está orientado a la rehabilitación de la memoria mediante ejercicios competitivos en un entorno grupal y a la creación y mantenimiento de una red social de pacientes institucionalizados con demencias para aumentar y/o mantener las relaciones sociales entre ellos.

HEAD usa un sistema multitáctil y multiusuario para que las personas se relacionen entre ellas a la vez que entrenan diferentes habilidades cognitivas relacionadas con la memoria.

El CRE Alzheimer de Salamanca combina HEAD con GRADIOR para mejorar las habilidades cognitivas de los pacientes con Alzheimer.



Ilustración 5. Pantalla del proyecto HEAD

Algunas aplicaciones en castellano para móviles y tabletas digitales orientadas al entrenamiento cognitivo integral son Sopa de Letras<sup>7</sup> (iOS y Android) y Einstein: entrena tu

<sup>6</sup> Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano.

<sup>7</sup> Sitio de descarga iOS: <https://itunes.apple.com/sv/app/sopa-de-letras-gratis/id456960796?mt=8>

cerebro<sup>8</sup> (iOS y Android). Esta última dispone de treinta ejercicios cerebrales con diferentes niveles de dificultad.

También se pueden encontrar aplicaciones para el entrenamiento de la memoria en otros idiomas como inglés y alemán. Algunas de estas aplicaciones son Remember First<sup>9</sup> (Android), Einstein Math Academy<sup>10</sup> (iOS y Android) y BrainApp<sup>11</sup> (iOS, Android y Windows Phone).



Ilustración 6. Pantalla de la aplicación Einstein: entrena tu cerebro para iOS

El otro grupo de aplicaciones que se utilizan para ayudar a los enfermos de Alzheimer intentan que el paciente no pierda sus recuerdos personales y vitales. Este enfoque de trabajo de intervención se denomina terapia sobre la reminiscencia (Peña-Casanova, 1999, p. 10)

<sup>8</sup> Sitio de descarga Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.bbg.EinsteinHDfree&hl=es>

<sup>9</sup> Sitio de descarga: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.WenBit.RememberFirst\\_Free](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.WenBit.RememberFirst_Free)

<sup>10</sup> Sitio de descarga iOS: <https://itunes.apple.com/us/app/math-academy/id420090880?mt=8>

<sup>11</sup> Sitio web: <http://www.brainapp.net>

La reminiscencia contiene el recuerdo de memorias antiguas: recordar olores, lugares, personas, hechos, vivencias. Constituye una forma de activar el pasado personal dándole más importancia a los aspectos personales de lo que vivió que a la perfección del recuerdo y a su correcta localización temporal. La reminiscencia se puede realizar de forma individual o en grupo.

Tres elementos básicos se utilizan en la terapia de reminiscencia (Peña-Casanova, 1999, p. 23):

- El **libro de la memoria** donde se presenta la vida de la persona en forma de historia.
- La **línea del tiempo** en la que se representa la vida de la persona en relación a los acontecimientos históricos, nacionales e internacionales, que sucedieron
- La **caja de recuerdos** que contiene elementos importantes de la vida de la persona como fotografías, carnets de pertenencia a grupos, joyas, relojes, botellas...

Gracias a los programas informáticos instalados en dispositivos móviles y tabletas digitales, trabajar la reminiscencia, es más sencillo. La generación de bancos de recuerdos permiten mantener la mente activa y que la persona mantenga su autoestima.

En España, la reminiscencia se puede trabajar con la aplicación Mis recuerdos (INDRA - Aplicación "Mis recuerdos", 2013), desarrollada por la multinacional Indra y validada con casos reales gracias al convenio de colaboración con la Fundación Vianorte-Laguna.

Esta aplicación, disponible para iOS y Android, permite almacenar imágenes y sonidos, en forma de caja de recuerdos, y asociarlos a personas y acontecimientos de la persona enferma de Alzheimer. Contiene también un sistema de geolocalización por GPS para saber dónde se encuentra la persona y poder encontrarla en caso de desorientación o pérdida gracias a un mensaje SMS de alarma.



**Ilustración 7. Pantalla de Mis Recuerdos sobre Android**

La investigación de la enfermedad de Alzheimer es imparable y el número de aplicaciones informáticas relacionadas con el Alzheimer sigue aumentando. Cabe destacar una aplicación para iOS que se encuentra en su fase beta, Alzhup12, desarrollada en Estados Unidos y que aúna tanto ejercicios y juegos de estimulación cognitiva con refuerzo positivo (cerca de 150 juegos), como una caja de recuerdos, un libro de memoria y una línea de tiempo.

Esta aplicación está siendo probada y validada por el CRE Alzheimer de Salamanca (AlzhUp, 2015).

---

<sup>12</sup> Sitio web: <http://www.alzhup.com>

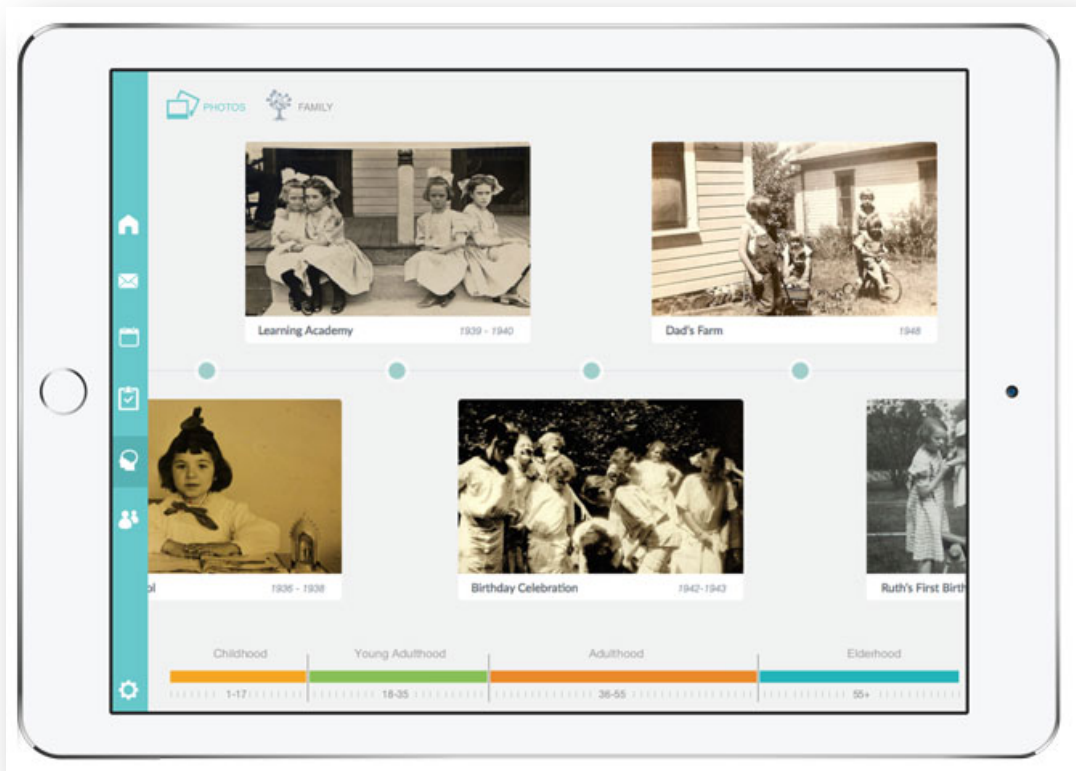


Ilustración 8. Pantalla mostrando la línea de tiempo de una persona en AlzhUp

### 4.3. Roboterapia

Otra de las terapias no farmacológicas que se aplica en los tratamientos a pacientes con Alzheimer es la roboterapia. En ella se usan robots con apariencia de animales, que poseen inteligencia artificial y sensores para comportarse y relacionarse con las personas como si de un animal vivo se tratase.

El CRE Alzheimer de Salamanca (CRE Alzheimer Salamanca, 2015) utiliza esta técnica, empleada en Japón desde 1993 y trabaja aspectos cognitivos, funcionales, afectivos, emocionales, sensoriales y psicosociales. La roboterapia es una alternativa a la terapia asistida con animales (TAA) y puede verse un ejemplo de terapia con robots en la Ilustración 9.



Ilustración 9. Foca de peluche robótica interactuando con una paciente

## 5. COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Las terapias no farmacológicas para pacientes con Alzheimer que usan soluciones informáticas están integradas en centros de terapia y no se usan en las viviendas. Prácticamente la única terapia no farmacológica que se realiza en la vivienda la realizan los familiares del paciente o los cuidadores.

El prototipo de recordatorios pretende ser un elemento más de apoyo a estas terapias en la vivienda. Los mensajes recordatorios permitirán que la persona se sienta más persona, más útil y no un estorbo y una carga para todos los que les rodean.

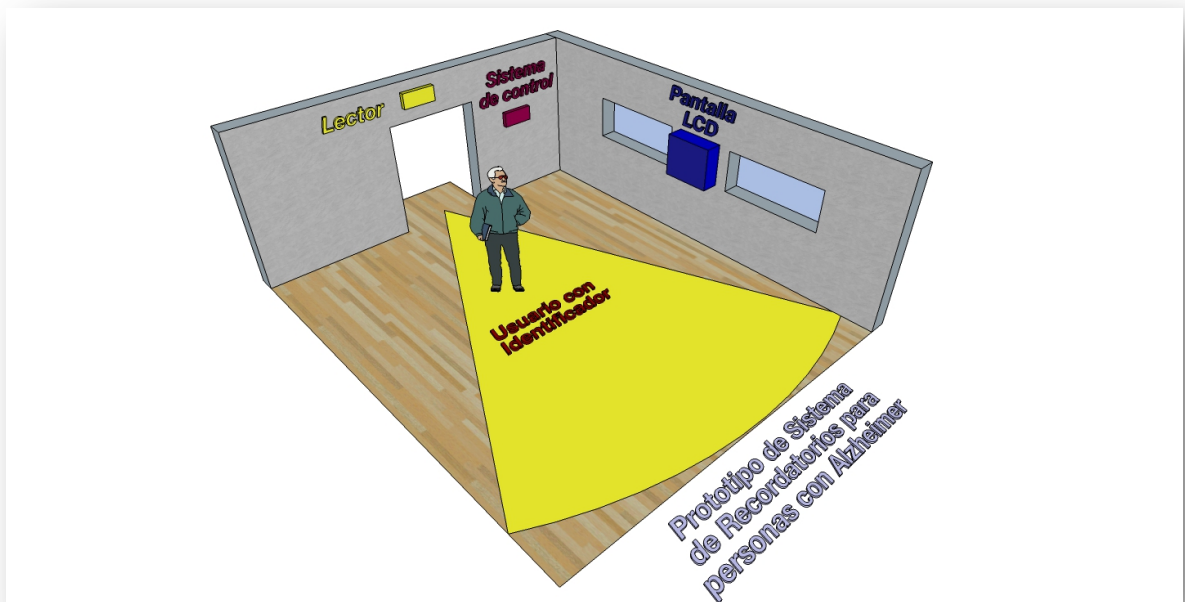
El funcionamiento del sistema será el siguiente:

El paciente llevará un elemento identificador único que pueda ser leído a distancia y sin la intervención del propio usuario, es decir, no necesitará acercarlo a un lector específico para que el usuario se identifique. Este lector estará sobre la puerta de entrada a la zona de la vivienda o en las paredes.

Según la ubicación del lector y de la hora, se mostrarán los mensajes asociados a esa zona de la casa en una pantalla LCD.

El sistema también mostrará mensajes periódicamente aunque no se haya desplazado a una zona de la casa. Por ejemplo, si está en el salón, periódicamente aparecerán mensajes recordatorios de cómo se llama su familia, qué hora es, qué día es, etc. Las zonas en las que se instalará el sistema de recordatorios son: salón, cocina, dormitorio y cuarto de baño.

En la siguiente ilustración se observa cómo interactuarán usuario y sistema.



**Ilustración 10. Modelo de interacción del sistema de recordatorios usuario-sistema**

Para dar funcionalidad al prototipo, es necesario conocer y evaluar qué tecnologías hay en el mercado que nos permita implementar este sistema con el menor coste posible.

Los elementos necesarios para su construcción son: un elemento identificador que pueda ser leído a distancia y sin intervención del usuario, un lector que pueda leer el elemento identificador, un sistema de control que al identificar al usuario y según la hora y la

ubicación elija los mensajes que debe mostrar y una pantalla donde se mostrarán los mensajes.

## **5.1. Tecnologías inalámbricas**

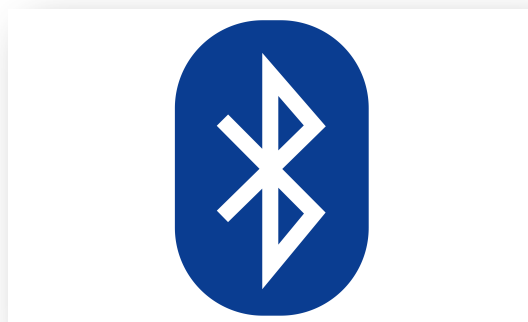
Uno de los requisitos para la construcción del prototipo es la existencia de un elemento identificador que pueda ser leído sin intervención del usuario y a distancia. Por este motivo es necesario usar tecnologías de comunicación inalámbricas que solucionen este requerimiento.

Las tecnologías inalámbricas que hay disponibles son muchas: telefonía móvil GSM, 3G, 4G, radiofrecuencia, Bluetooth, infrarrojos... Todas ellas tienen sus ventajas y desventajas frente al resto de tecnologías.

Uno de los requisitos del prototipo es que su coste sea bajo por lo que limitaremos la búsqueda de soluciones a dos tecnologías que hay en el mercado, que están disponibles en la mayoría de dispositivos móviles y cuyo coste no es elevado. Estas tecnologías son el Bluetooth, la tecnología NFC y la radiofrecuencia con dispositivos RFID. Se presentará también la tecnología basada en iBeacons y Beacons por ser una posible solución.

### **5.1.1. Bluetooth**

Bluetooth es una tecnología sin cables creada en 1994 por Ericsson como alternativa a la conexión por cable RS-232 para el intercambio de datos (Bluetooth SIG, 2015). La finalidad de Bluetooth es el intercambio de información entre dispositivos en distancias cortas que usan dicha tecnología. En la Ilustración 11 se puede observar el logotipo que identifica esta tecnología.



**Ilustración 11. Logotipo de la tecnología Bluetooth**

Bluetooth es una tecnología que combina hardware y software. Por un lado, dispondrá de un pequeño chip que contendrá el emisor por radio Bluetooth y por otro necesita un software, un protocolo, para poder comunicarse con otros dispositivos que soporten el mismo protocolo. Existen diferentes versiones de Bluetooth que va desde la primera que se presentó al mercado, la v.1.0 presentada en el año 1998 hasta la actual la v.4.0 presentada en el año 2010. Es necesario que los dispositivos que se van a comunicar soporten la misma versión de Bluetooth.

En la actualidad existen multitud de dispositivos que pueden usar este protocolo entre los que destacamos teléfonos móviles, tabletas digitales, auriculares y altavoces inalámbricos. Los teléfonos “manos libres”, unir el móvil al coche, es una de las características en las que más se usa la tecnología Bluetooth en la actualidad.

La persona que usará el sistema de recordatorios necesita llevar un elemento identificador que sea único y con el que el sistema interaccionará al reconocer el identificado. Una posibilidad de identificador son las pulseras inteligentes Bluetooth.

Las pulseras inteligentes Bluetooth y relojes se pueden emparejar a los teléfonos móviles y a las tabletas digitales para intercambiar información entre las aplicaciones y la pulsera o reloj. Las primeras pulseras que se presentaron en el mercado fueron pulseras cuantificadoras del esfuerzo que realiza una persona diariamente: cuánto anda, cuánto corre, qué calorías ha perdido... Un ejemplo de estas pulseras cuantificadoras es la pulsera Polar Loop<sup>13</sup> que se puede ver en la Ilustración 12.



Ilustración 12. Pulseras cuantificadoras Bluetooth de la marca Polar

<sup>13</sup> Sitio web: <http://www.polarloop.com/es/>

Las características principales de la tecnología Bluetooth v.4.0 (Specification of the Bluetooth System, 2015) son:

Características	BLUETOOTH 4.0
Modo radiofrecuencia	Activo
Cuerpo de estandarización	Bluetooth SIG
Estándar de red	IEEE 802.15.1
Tipo de red	WPAN <sup>14</sup>
Cifrado	Disponible – AES 128
Rango	Según la clase del emisor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase 1: 100 m. (en centros industriales)</li> <li>• Clase 2: 10 m. (dispositivos móviles)</li> <li>• Clase 3: 1 m.</li> </ul>
Frecuencia	2,4 a 2,485 GHz. sin licencia de banda
Velocidad de transmisión	Desde 720 kbps a 1 Mbps. con rango óptimo de 10 m.
Tiempo requerido para el establecimiento de la conexión	v.2.1 inferior a 6 s. v.4.0 inferior a 1 s.
Consumo eléctrico	Menos a 15 mA en transmisión
Compatible con RFID	No

Tabla 3. Características de la tecnología Bluetooth

### 5.1.2. NFC

La tecnología NFC<sup>15</sup> permite comunicar el intercambio de datos entre dos dispositivos de forma inalámbrica. Su desarrollo está supervisado por el NFC Forum desde 2004 y en la actualidad se puede encontrar esta tecnología en los teléfonos móviles.

<sup>14</sup> WPAN: Wireless Personal Area Network – Red de área personal sin cables o inalámbrica.

<sup>15</sup> NFC: Near Field Communication – Comunicación de campo cercano.

Las áreas de desarrollo de máxima expansión en las que se utilizan tecnologías NFC son los pagos con móviles. Esta tecnología se está implantando, sobre todo, en los transportes públicos (pagar con el móvil en el autobús), en las máquinas de “vending” (comprar un sándwich o un refresco por la calle) y pretende coexistir junto con las tarjetas de crédito. Si bien cada fabricante de dispositivos móviles puede usar un logo propio de NFC, el logotipo que identifica el NFC Forum es el que se presenta en la Ilustración 13 .



**Ilustración 13. Logotipo de la tecnología NFC propuesto por el NFC Forum**

Otro de los sectores donde se empieza a utilizar la tecnología NFC es el sector servicios. Empiezan a poderse utilizar pulseras con NFC en hoteles en los que el cliente paga con ella y hoteles con todo incluido en los que el cliente se identifica como usuario que tiene ese tipo de reserva. También se puede encontrar esta tecnología en macro-eventos como partidos de fútbol, salas de fiesta y conciertos. Con las pulseras las personas se pueden identificar para entrar en el local, adquirir productos, etc.

Para realizar el pago o la identificación, el portador de la pulsera o del móvil, debe acercarse al dispositivo identificador a un lector NFC. La distancia que debe haber entre el lector y la pulsera o el móvil es muy pequeña, del orden de uno a veinte centímetros como máximo, por lo que hay una intervención precisa por parte del usuario de identificarse.

Cada dispositivo identificador (pulsera, móvil, reloj...) lleva almacenado un identificador único que se combina con algún tipo de contraseña para gestionar la seguridad en los pagos.

Por lo tanto, la tecnología NFC necesita de un emisor y un receptor para poder funcionar. NFC usa la inducción en un campo magnético para comunicarse por lo que uno de los dos componentes en la comunicación debe estar conectado a una fuente de

alimentación. NFC soporta dos modos NFC, el activo y el pasivo (¿Cómo funciona el NFC?, 2012).

En el modo activo, los dos dispositivos generan su propio campo electromagnético para la transmisión de datos, es decir, ambos dispositivos generan su propia señal de radio para comunicarse. Para poder generar este campo necesitarán tener una fuente de corriente. Este modo es el que utilizan los dispositivos móviles que soportan NFC.

En el modo pasivo, uno de los dispositivos genera el campo electromagnético y el otro, el receptor, se aprovecha de la modulación de carga para transferir los datos al dispositivo activo o iniciador de la comunicación.

En la Ilustración 14 se muestran dos pulseras de silicona con tecnología NFC.



Ilustración 14. Pulseras de silicona con tecnología NFC

Las características principales de la tecnología NFC (NFC Forum Technical Specifications, 2015) son:

Características	NFC
Modo radiofrecuencia	Activo / Pasivo
Cuerpo de estandarización	NFC Forum
Estándar de red	ISO 13157/14443/18092 ECMA <sup>16</sup> 340 y ETSI <sup>17</sup>
Tipo de red	Modos de comunicación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura/Escritura: Modo no seguro.</li> <li>• Emulación NFC Card: simula Smartcard. Transferencia segura.</li> <li>• Punto a punto: Comunicación directa entre dispositivos.</li> </ul>
Cifrado	Disponible – Chip con cifrado alojado en dispositivo
Rango	De 1 a 20 cm.
Frecuencia	13,56 MHz. abierta sin licencia de banda
Velocidad de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 106, 212 y 424 Kbps</li> <li>• Según el dispositivo que inicia y las condiciones del entorno.</li> </ul>
Tiempo requerido para el establecimiento de la conexión	Inferior a 0,1 s.
Consumo eléctrico	Menos a 15 mA en lectura.
Compatible con RFID	Sí

Tabla 4. Características de la tecnología NFC

<sup>16</sup> ECMA: Asociación industrial para la estandarización de la información y los sistemas de comunicación. Web: <http://www.ecma-international.org>

<sup>17</sup> ETSI: European Telecommunications Standard Institute. Web: <http://www.etsi.org>

### 5.1.3. Tecnología RFID

La tecnología RFID o Identificación por radio frecuencia es una forma de comunicación inalámbrica que usa las ondas de radio para identificar objetos. RFID utiliza lectores y unos pequeños transpondedores<sup>18</sup> (*tags*), para efectuar esta identificación (Weis, 2006). Estos *tags* están físicamente unidos a la persona u objeto y permiten identificar desde un solo objeto o persona hasta grupos y su rango abarca desde unos pocos centímetros a varios metros.

El logo identificativo de los objetos que llevan RFID en Europa se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 15. Logo que llevan los objetos con RFID en Europa**

El lector RFID lee el identificador (*tag*) y dará una respuesta ante este identificador. El tag suele estar almacenado en una base de datos y en función del tag se genera una respuesta.

Los componentes de un sistema RFID básico son (Casero, 2013, p. 17):

#### **Etiqueta RFID**

También llamada tag o transpondedor. Esta etiqueta se adhiere o inserta en un objeto (una llave, un llavero, una pulsera), animal o persona conteniendo información sobre

---

<sup>18</sup> Equipo que realiza las funciones de emisión y recepción. Proviene de la unión de las palabras inglesas "Transmitter" y "Receiver".

el mismo. En su interior lleva un chip que almacena los datos, una pequeña memoria con el identificador denominado EPC<sup>19</sup> y una antena para la transmisión/recepción de datos.

El EPC es un identificador único compuesto por 96 bits dividido en cuatro bloques de información con valores hexadecimales por lo que cada EPC es un elemento identificativo de 24 caracteres hexadecimales. Su estructura es la siguiente:

Identificación del formato que usa el EPC	Identificación del fabricante del producto	Identificación exacta del tipo de producto	Identificación del elemento único
16 bits	28 bits	24 bits	36 bits

Cabecera	Número de gestión EPC	Clase de objeto	Número de serie
01	12345AB	00012E	000123ABC
Establecidos por EPC Global		Establecidos por el gestor del EPC	

Tabla 5. Estructura del identificador EPC en RFID

La antena permite la comunicación con el lector RFID. Cuanta más área deba cubrir el *tag*, más potencia necesitará la antena y por lo tanto necesitará más energía. No hay una antena ideal para todos los tipos de *tags* RFID y el tipo irá en función de la situación del lector RFID, de la orientación del *tag*, de la frecuencia en la que opere RFID entre otras variables ya que pueden darse situaciones de “zonas muertas” en las que no se pueda identificar el objeto. La muestra un esquema básico de una etiqueta RFID.

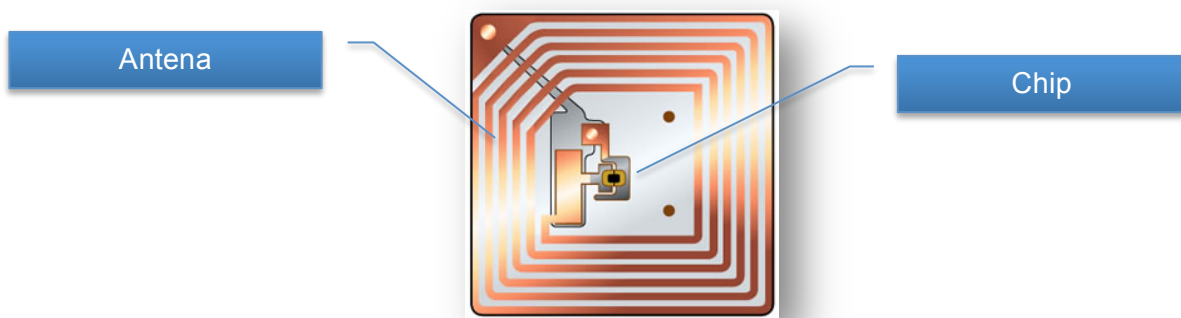


Ilustración 16. Componentes de una etiqueta RFID

<sup>19</sup> EPC: Electronic Product Code – Código Electrónico del Producto.

Según el modo de alimentación hay dos tipos de etiquetas RFID: activas y pasivas.

<b>Características</b>	<b>Tags Activos</b>	<b>Tags Pasivos</b>
<b>Batería</b>	Sí	No
<b>Fuente de alimentación</b>	Interna a la etiqueta	Energía transferida por la señal del lector
<b>Disponibilidad de energía</b>	Continua	Sólo en el campo del lector
<b>Intensidad de la señal requerida</b>	Muy baja	Muy alta
<b>Cobertura</b>	Hasta 100 m.	Hasta 5 m.
<b>Lecturas múltiples</b>	Hasta 1.000 lecturas a 100 m. del lector	Menos de 100 lecturas a 3 m. del lector
<b>Almacenamiento de datos</b>	Capacidad alta. Hasta 128 KB de lectura/escritura con búsqueda y acceso	Capacidad baja. 128 bits de lectura/escritura

Tabla 6. Características de las etiquetas RFID activas y pasivas

Además de la alimentación de las etiquetas, se debe tener en cuenta que las etiquetas RFID pueden operar en diferentes frecuencias lo que implica que tengan rangos de actuación diferenciados. En la siguiente tabla se presentan las frecuencias de trabajo y el principio de propagación que suele utilizar cada frecuencia.

<b>Frecuencias de trabajo</b>	<b>Rangos de frecuencia (f)</b>	<b>Principio de propagación</b>
<b>Baja Frecuencia (LF)</b>	$f < 135$ KHz. Suelen operar a 125 KHz ó 134 KHz	Inductivo <sup>20</sup>
<b>Alta Frecuencia (HF)</b>	Entre 3 y 13,56 MHz	Inductivo
<b>Ultra Alta Frecuencia (UHF)</b>	Bandas de 433 MHz, 860 MHz y 928 MHz	Propagación por ondas electromagnéticas <sup>21</sup>
<b>Frecuencia de microondas</b>	Bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz.	Propagación por ondas electromagnéticas

Tabla 7. Frecuencias de trabajo y métodos de propagación en RFID

<sup>20</sup> Método de propagación inductivo: Utilizan el campo magnético creado por la antena del lector RFID para alimentar el *tag*. Permite un rango de distancias pequeño.

<sup>21</sup> Método de propagación por ondas electromagnéticas: Utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar el *tag*. Permite un rango de distancias mayor.

Relacionando frecuencia de trabajo y distancia, en la se muestra qué tipo de frecuencia se usar según el rango disponible y a qué soluciones se aplican.

<b>Frecuencias de trabajo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Se aplican a</b>	<b>Características</b>
<b>Baja Frecuencia (LF)</b>	< 10 cm.	Seguimiento de animales	Lectura lenta. ISO 14223 ISO/IEC 18000-2
<b>Alta Frecuencia (HF)</b>	Entre 10 cm. y 1 m.	Tickets Pagos Transferencia de datos entre aplicaciones.	ISO 15693 ECMA-340 y ISO/IEC 18092 (NFC) ISO 14443 (monederos)
<b>Ultra Alta Frecuencia (UHF)</b>	Hasta 12 m.	Etiquetado de productos Configuración inalámbrica de dispositivos	ISO 18000-6C
<b>Frecuencia de microondas</b>	Hasta 100 m.	Cualquier solución	Todas las anteriores

Tabla 8. Relación entre frecuencia de trabajo, distancia en RFID

RFID es una tecnología de intercambio de datos que se adapta prácticamente a cualquier objeto que necesite ser identificado ya sea humano, animal o cosa por lo que existen una gran cantidad de formatos de etiquetas RFID que se adaptan a las necesidades de los sistemas. En la Tabla 9 se muestran algunos de los formatos que podrían aplicarse en la solución de nuestro problema.

<b>Pulsera identificativa</b>	<b>Llavero identificativo</b>
	

Tag de vidrio para inserción en personas	Tarjetas identificativas de PVC
	

Tabla 9. Algunos formatos de etiquetas RFID aplicables al sistema de recordatorios

### Lectores RFID

Un lector RFID, también llamado interrogador o consultor, es un dispositivo que permite la comunicación entre la etiqueta RFID y el sistema de gestión que necesita la información. Usan una antena conectada al lector para capturar la información del *tag*. Hay lectores de mano, lectores de pared, para unirlos a móviles, para grandes volúmenes de etiquetas...



Ilustración 17. Lector RFID de mano

Para que el sistema RFID funcione de forma óptima es importante que el identificador pueda ser leído de la mejor manera posible por el lector. Esto es función de la

antena. Hay muchos tipos de antenas según el lugar donde se colocarán, el rango que deben abarcar, la cantidad de etiquetas que leerá el lector de forma simultánea, etc.

En las siguientes imágenes se muestran algunos de los tipos de antenas RFID que se pueden encontrar en el mercado, en este caso de la empresa Motorola, así como antenas de bajo coste para sistemas similares.



Ilustración 18. Antenas RFID de la empresa Motorola

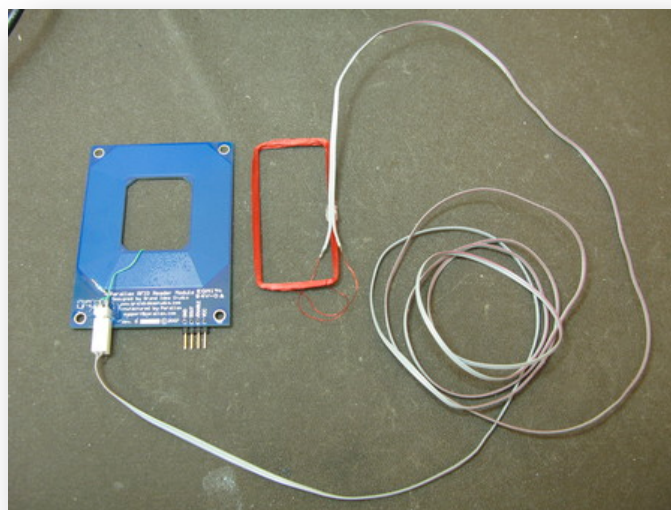


Ilustración 19. Antenas RFID de bajo coste

#### 5.1.4. iBeacons y Beacons

*iBeacon* es un protocolo estandarizado basado en Bluetooth desarrollado por Apple en 2013 y que puede incorporarse a dispositivos compatibles con este protocolo llamados *Beacons* (Getting started with iBeacon, 2014).

Un *Beacon* usa un sensor de proximidad de bajo consumo Bluetooth para transmitir un identificador único universal. Cuando otro dispositivo Bluetooth (por ejemplo, un móvil) pasa cerca del *beacon*, el sistema puede responder mostrando información del beacon en ese dispositivo. La información puede ser una situación física, información de venta de un producto o el lanzamiento de algún mensaje en el dispositivo, en redes sociales, etc.

Otro de los grandes atractivos de los *beacons* es el posicionamiento “*indoor*”, es decir, saber dónde está un dispositivo o persona dentro de una vivienda, de un local, de un edificio. De esta manera, se podría controlar qué mensajes presentar al usuario, saber si una persona ha pasado por un sitio concreto, etc.

En una vivienda podría haber varios *beacons* en las paredes de forma que al entrar una persona en la habitación, el móvil reconociera el *beacon* y en la pantalla le salieran mensajes referidos a esa habitación.

Los dispositivos que soportan *iBeacons*<sup>22</sup> pueden recibir las señales emitidas por los *iBeacons* dentro de un rango que abarca, en función del tipo de *beacon* instalado, desde unos pocos centímetros hasta diez metros.

El uso de *iBeacons* implica que el usuario debe llevar un móvil o tableta encendida que permita esta tecnología, elemento importante que se debe tener en cuenta en la solución que se debe proponer del sistema de recordatorios.

---

<sup>22</sup> En estos momentos los dispositivos que soportan *iBeacons* son: dispositivos iOS con Bluetooth 4.0 (desde el iPhone 4S, iPad 3, iPad Mini (1ª gen.) y iPod Touch (5ª gen.), Macintosh con OS X Mavericks y Bluetooth 4.0, dispositivos con Android 4.3+ y dispositivos con Windows Phone actualizados a Lumia Cyan.



Ilustración 20. Beacons de la empresa Estimote

## 5.2. Sistemas de control de bajo coste

Tras haber leído el identificador de la persona, el sistema de control debe responder y mostrar, en una pantalla LCD, los mensajes adecuados según localización y hora de la lectura.

Podríamos utilizar un sistema informático basado en ordenadores pero uno de los requerimientos del prototipo es que estos sistemas sean de bajo coste. En estos momentos, la filosofía DIY<sup>23</sup> ha permitido el desarrollo y la aparición de varias placas electrónicas que van a permitir controlar estos lectores y dar respuestas en función de la lectura. Un gran número de desarrolladores autodenominados “movimiento *make*” comparten y ponen a disposición del resto de usuarios sus creaciones y soluciones para problemas concretos. A continuación se presentan varias de estas placas en orden alfabético.

### 5.2.1. Arduino

Arduino es una plataforma abierta y versátil para el desarrollo de productos electrónicos que comparten un código abierto y reutilizable. Existen muchos tipos de placas Arduino<sup>24</sup> como el Arduino Nano, el Arduino Uno y el Mega usándose, básicamente, para el prototipado de ideas. Usa un microcontrolador ATmega328 que se puede programar con una versión del lenguaje C desarrollada para Arduino pero no se le puede instalar un

<sup>23</sup> DIY: Do It Yourself – Hazlo tú mismo.

<sup>24</sup> Sitio web: <http://www.arduino.cc>

sistema operativo como Linux o Android por lo que no se pueden cargar programas “estandar” en la placa.

En el mercado se pueden encontrar gran número de componentes que se pueden conectar a esta plataforma, como lectores RFID y sensores además de placas con conexión Ethernet para poder conectar Arduino con Internet. Gracias a la gran comunidad de desarrolladores “makers”, hay una gran cantidad de código disponible para facilitar el acceso a la programación de esta plataforma.

Los precios de este sistema van desde un euro y medio para un Arduino Nano, veinte euros para el Uno y treinta y cinco para el Mega<sup>25</sup>.

En el mercado se pueden encontrar muchos microcontroladores “clónicos” a Arduino con precios mucho más reducidos como son el Funduino Uno, que puede adquirirse por 4 euros.

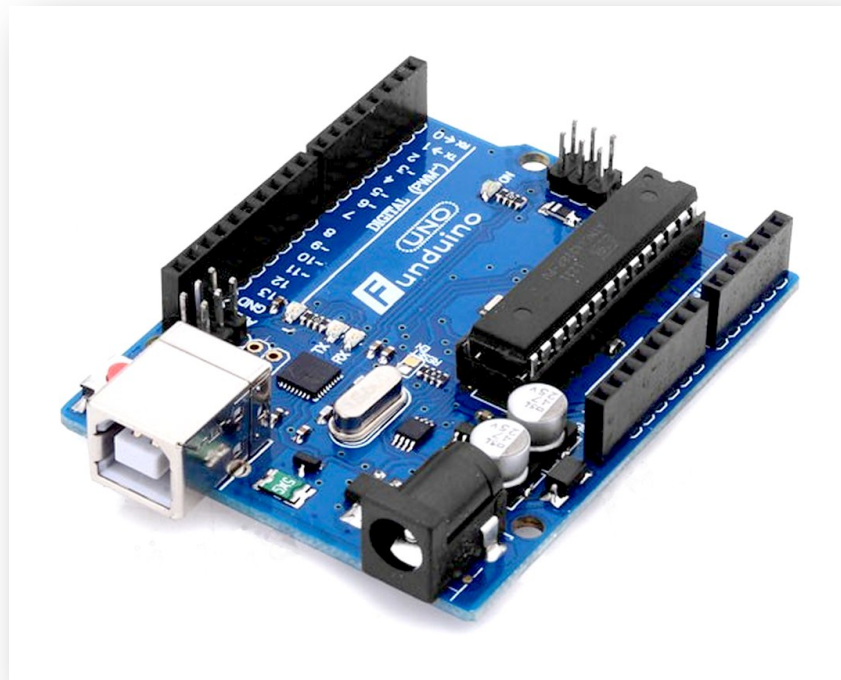


Ilustración 21. Clónico Arduino: Funduino UNO R3

<sup>25</sup> Tienda Arduino: <https://store.arduino.cc/category/11>

### 5.2.2. BeagleBone

Es un pequeño ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito al que se le puede instalar un sistema operativo similar a Linux y Android. Soporta un gran número de dispositivos conectados por USB<sup>26</sup> y se pueden crear programas en cualquier lenguaje que pueda ser ejecutado sobre Linux o Android como C y Java. Su precio aproximado son cincuenta euros<sup>27</sup>.

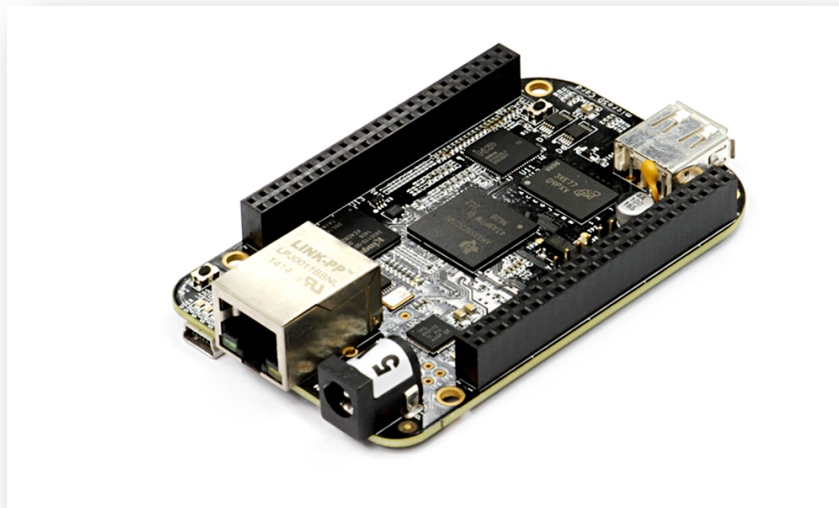


Ilustración 22. Microcontrolador BeagleBone

### 5.2.3. Libelium Waspnote

Desarrollado en España, Libelium Waspnote permite crear redes inalámbricas de sensores para acceder al Internet de las Cosas. Usa el mismo entorno de desarrollo y código que Arduino por lo que pueden compartir los proyectos haciendo pequeños ajustes.

Más caro que Arduino, cercano a los 140 euros<sup>28</sup>, incorpora las redes Wifi por defecto para utilizar estas placas en proyectos con acceso a Internet.

<sup>26</sup> USB: Universal Serial Bus – Puerto de conexión universal.

<sup>27</sup> Web de compra: [http://www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/next-gen\\_beaglebone](http://www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/next-gen_beaglebone)

<sup>28</sup> Web de compra: <https://www.cooking-hacks.com/shop/waspnote>



Ilustración 23. Microcontrolador Libelium Waspote

#### 5.2.4. Nanode Winode

Es una evolución de Arduino que permite conectarse a Internet a través de un API y crear un servidor Web. Todas las librerías de programación y accesorios que se pueden usar con Arduino, se pueden usar con Nanode Winode. Su precio aproximado es de 45 euros<sup>29</sup>.

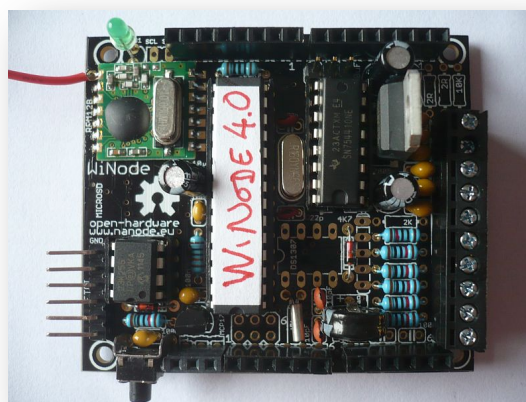


Ilustración 24. Microcontrolador Nanode Winode

<sup>29</sup> Web de compra: <http://shop.nanode.eu/shop/product/nanodes/wimax-kit/>

### 5.2.5. Raspberry Pi

Al igual que BeagleBone, Raspberry Pi es un pequeño ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito al que se le puede instalar un sistema operativo tipo Linux. Se puede programar con lenguajes de alto nivel como C++, Java y Python.

En la actualidad, uno de los desarrollos más comunes en los que se utiliza Raspberry Pi es en la generación de sistemas multimedia para casa. Desde este sistema se controla la televisión y dispositivos de almacenamiento con ficheros multimedia como fotografías, música y vídeo/películas. Su precio es de treinta y tres euros<sup>30</sup>.

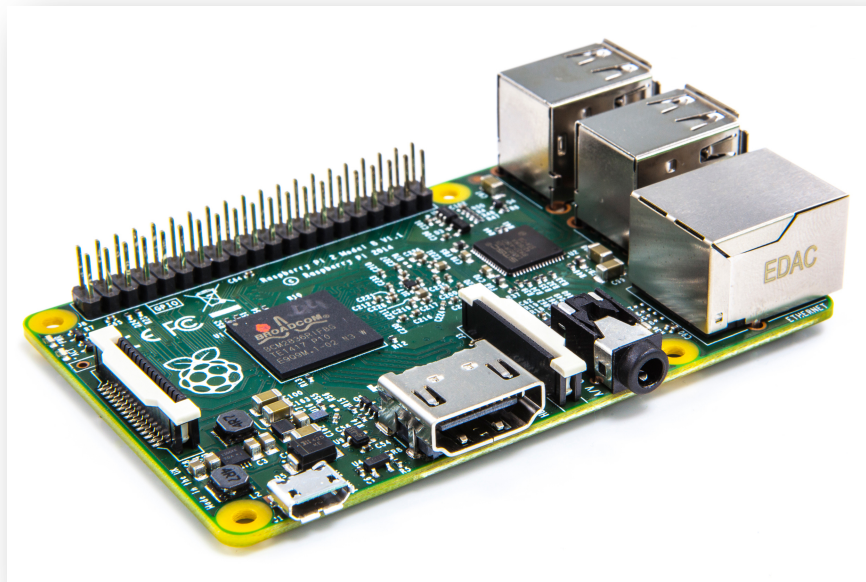


Ilustración 25. Microcontrolador Raspberry Pi 2

### 4.2.6. Otras alternativas

El desarrollo de microcontroladores de bajo coste no para y cada poco tiempo salen nuevas placas con nuevas librerías de programación, más conexiones, más lenguajes de programación...

---

<sup>30</sup> Web de compra: <http://www.element14.com/community/community/raspberry-pi>

La empresa Intel tiene en el mercado las placas Intel Galileo<sup>31</sup> e Intel Edison<sup>32</sup> a precios más elevados pero con mayor número de características.

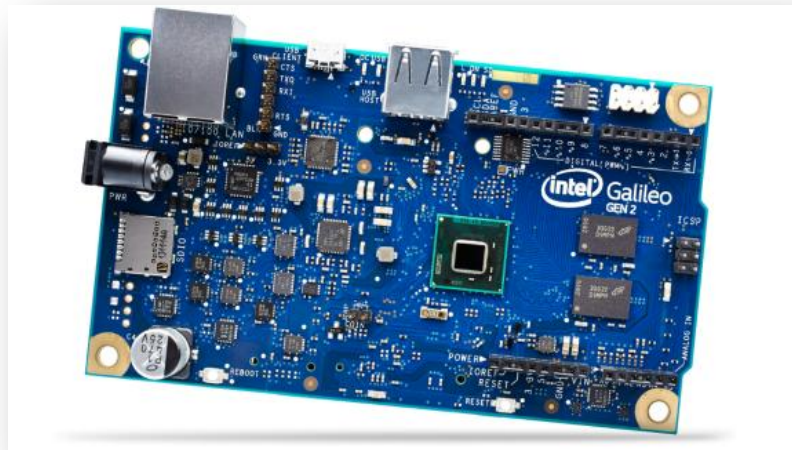


Ilustración 26. Microcontrolador Intel Galileo Gen. 2

<sup>31</sup> Sitio web: <http://www.intel.es/content/www/es/es/do-it-yourself/galileo-maker-quark-board.html>

<sup>32</sup> Sitio web: <http://www.intel.es/content/www/es/es/do-it-yourself/edison.html>

## 6. IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS

### 6.1. Objetivo del sistema

Como se ha comentado en la introducción, el objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es el desarrollo de un prototipo de sistema recordatorio para persona con Alzheimer basado en Arduino. Los objetivos que se alcanzan con este prototipo de sistema recordatorio son:

<b>OBJ-01</b>	<b>Mostrar recordatorios</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Descripción	El sistema debe leer, sin intervención del usuario, el dispositivo identificador que porta la persona que usará el sistema de recordatorios.
Subobjetivos	SOBJ-01 Lectura del identificador SOBJ-02 Gestionar mensajes SOBJ-03 Mostrar mensajes
Importancia	Alta
Urgencia	Alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	No hay.

Tabla 10. Objetivo del sistema 1: Mostrar recordatorios

<b>SOBJ-01</b>	<b>Leer identificador</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Descripción	El sistema debe reconocer y leer el dispositivo identificador que lleva el usuario.
Importancia	Alta
Urgencia	Alta

<b>SOBJ-01</b>	<b>Leer identificador</b>
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Se establece una sola persona por vivienda con dispositivo identificador.

Tabla 11. Sub-objetivo del sistema 1: Leer identificador

<b>SOBJ-02</b>	<b>Gestionar mensajes</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Descripción	El sistema, según la hora y la ubicación del lector, elegirá los mensajes que se deben mostrar en la pantalla LCD. Cada sistema es independiente del resto de sistemas de la vivienda y sólo llevará la programación asociada a esa zona de la vivienda.
Importancia	Alta
Urgencia	Alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	No hay.

Tabla 12. Sub-objetivo del sistema 2: Gestionar mensajes

<b>SOBJ-03</b>	<b>Mostrar mensajes</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Descripción	En función de la hora y la ubicación, se mostrará en un LCD los mensajes asociados a esa parte de la vivienda para esa hora. Para lograr la atención de la persona, sonará un sonido antes de la presentación de cada mensaje. Las ubicaciones son: salón, cocina, dormitorio y cuarto de baño
Importancia	Alta
Urgencia	Alta

<b>SOBJ-03</b>	<b>Mostrar mensajes</b>
<b>Estado</b>	Resuelto
<b>Estabilidad</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	No hay.

Tabla 13. Sub-objetivo del sistema 3: Mostrar mensajes

## 6.2. Requisitos del sistema

Somerville, en su obra Ingeniería de software (Sommerville, 2005), describe el requisito del sistema como:

1. La condición o capacidad que necesita un usuario para resolver un problema o conseguir un objetivo.
2. Una condición o capacidad que debe cumplir un sistema o una parte del mismo para satisfacer un contrato, una especificación u otros documentos impuestos formalmente.
3. Una representación documentada de una condición o capacidad de las expresadas en los puntos 1 ó 2.

A continuación se establecen los requisitos del sistema para el prototipo de recordatorios.

IRQ-1	Identificación del usuario
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBJ-01: Mostrar recordatorios</li> <li>• SOBJ-01: Leer identificador</li> <li>• SOBJ-02: Gestionar mensajes</li> <li>• SOBJ-03: Mostrar mensajes</li> </ul>
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CRQ-01: Unicidad de los usuarios</li> <li>• CRQ-02: Intervención del usuario</li> <li>• UC-01: Identificador del usuario</li> <li>• Requisitos no funcionales: Todos</li> </ul>
Descripción	El sistema deberá reconocer el dispositivo del usuario.
Datos específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificador del dispositivo (Tag)</li> </ul>
Importancia	Alta
Urgencia	Alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Cada sistema gestionará un único identificador de dispositivo.

Tabla 14. Requisito del sistema 1: Identificación del usuario

### 6.3. Requisitos de restricción de información

CRQ-01	Unicidad de los usuarios
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBJ-01: Mostrar recordatorios</li> <li>• SOBJ-01: Leer identificador</li> <li>• SOBJ-02: Gestionar mensajes</li> <li>• SOBJ-03: Mostrar mensajes</li> </ul>
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRQ-01: Unicidad de los usuarios</li> <li>• UC-01: Identificador del usuario</li> <li>• Requisitos no funcionales: Todos</li> </ul>
Descripción	La identificación del usuario se hará mediante un dispositivo que pueda ser leído a distancia. Este identificativo será único por lo que no podrán haber dos usuarios con el mismo identificador.
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Ninguno

Tabla 15. Requisitos de restricción de información 1: Unicidad de los usuarios

<b>CRQ-02</b>	<b>Intervención del usuario</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Objetivos asociados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBJ-01: Mostrar recordatorios</li> <li>• SOBJ-01: Leer identificador</li> <li>• SOBJ-02: Gestionar mensajes</li> <li>• SOBJ-03: Mostrar mensajes</li> </ul>
<b>Requisitos asociados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRQ-01: Unicidad de los usuarios</li> <li>• UC-01: Identificador del usuario</li> <li>• Requisitos no funcionales: Todos</li> </ul>
<b>Descripción</b>	<p>La lectura del identificador se deberá hacer sin intervención del usuario, es decir, el usuario no deberá acercar expresamente el dispositivo identificador a un lector.</p> <p>En ocasiones, el sistema mostrará mensajes recordatorios sin necesidad de leer el identificador del usuario.</p>
<b>Importancia</b>	Muy alta
<b>Urgencia</b>	Muy alta
<b>Estado</b>	Resuelto
<b>Estabilidad</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	Ninguno

Tabla 16. Restricción de restricción de información 2: Intervención del usuario

## 6.4. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales establecen los servicios que se deben ofrecer, las reacciones del sistema ante entradas de los usuarios y cómo debe comportarse el sistema en diferentes situaciones. El modo de actuación se define con detalle en los casos de uso.

Los requisitos funcionales del sistema son:

### 6.4.1. Actores

Un actor es una entidad externa al sistema que se modela y puede interactuar con él. Puede ser una persona, grupo de personas, una máquina u otro sistema. En nuestro prototipo de sistema, tenemos un actor que será el usuario/paciente que necesita los recordatorios en su vivienda y el sistema Arduino que responde al usuario al contener la información que necesita.

<b>ACT-01</b>	<b>Usuario/Paciente/Enfermo</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Descripción</b>	Este actor representa a la persona que va a usar el sistema de recordatorios. Es la persona que necesita un tratamiento de la enfermedad que le ayude a mejorar su sistema cognitivo.
<b>Comentarios</b>	Es único. En nuestro prototipo sólo se gestionará un usuario por vivienda.

Tabla 17. Actor 1 del sistema: Usuario/Paciente/Enfermo

<b>ACT-02</b>	<b>Sistema Arduino</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso

<b>ACT-02</b>	<b>Sistema Arduino</b>
<b>Descripción</b>	Este actor representa al sistema que mostrará los mensajes recordatorios a la persona que los necesita.
<b>Comentarios</b>	A efectos de prototipo cada sistema Arduino es único y se programa para una habitación concreta de la casa. El sistema mostrará mensajes recordatorios según la hora sin necesidad de leer el dispositivo identificativo del usuario.

Tabla 18. Actor 2 del sistema: Sistema Arduino

### 6.4.2. Requisitos funcionales

<b>FRQ-01</b>	<b>Mensajes según la hora</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Objetivos asociados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBJ-01: Mostrar recordatorios</li> <li>• SOBJ-02: Gestionar mensajes</li> <li>• SOBJ-03: Mostrar mensajes</li> </ul>
<b>Requisitos asociados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos no funcionales: Todos</li> </ul>
<b>Descripción</b>	Según la hora del día se mostrarán mensajes recordatorios para ese momento del día. Algunos de estos mensajes se podrán mostrar sin necesidad de leer el dispositivo identificativo del usuario.
<b>Importancia</b>	Muy alta
<b>Urgencia</b>	Muy alta
<b>Estado</b>	Resuelto
<b>Estabilidad</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	Ninguno

Tabla 19. Requisitos funcionales 1: Mensaje de según la hora

FRQ-02	Mensajes según la estancia
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBJ-01: Mostrar recordatorios</li> <li>• SOBJ-02: Gestionar mensajes</li> <li>• SOBJ-03: Mostrar mensajes</li> </ul>
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos no funcionales: Todos</li> </ul>
Descripción	En cada estancia habrá un sistema Arduino con los mensajes asociados a esa estancia. Las estancias son: cocina, salón, dormitorio y cuarto de baño.
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Ninguno

Tabla 20. Requisitos funcionales 2: Mensajes según la estancia

### 6.4.3. Diagramas de caso de uso

Los caso de uso son una técnica de descripción que se basa en escenarios para la obtención de requerimientos y hoy son parte fundamental de la notación UML<sup>33</sup> que se utiliza para la describir modelos de sistemas orientados a objetos (Sommerville, 2005, p. 140). Un caso de uso es una descripción de las acciones del sistema desde el punto de vista del usuario.

Los diagramas de caso de uso son un tipo de diagrama usado en UML que muestran a los actores, los casos de uso y las relaciones entre ambos.

<sup>33</sup> Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language): Lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema.

El diagrama de casos de uso del prototipo de recordatorios se muestra en la Ilustración 27. Se debe tener en cuenta que el sistema recordatorio no sólo mostrará mensajes cuando la persona esté en una estancia concreta y se haya identificado a la persona leyendo su dispositivo identificador sino que el sistema presentará periódicamente mensajes recordatorios en las pantallas para estimular a la persona.

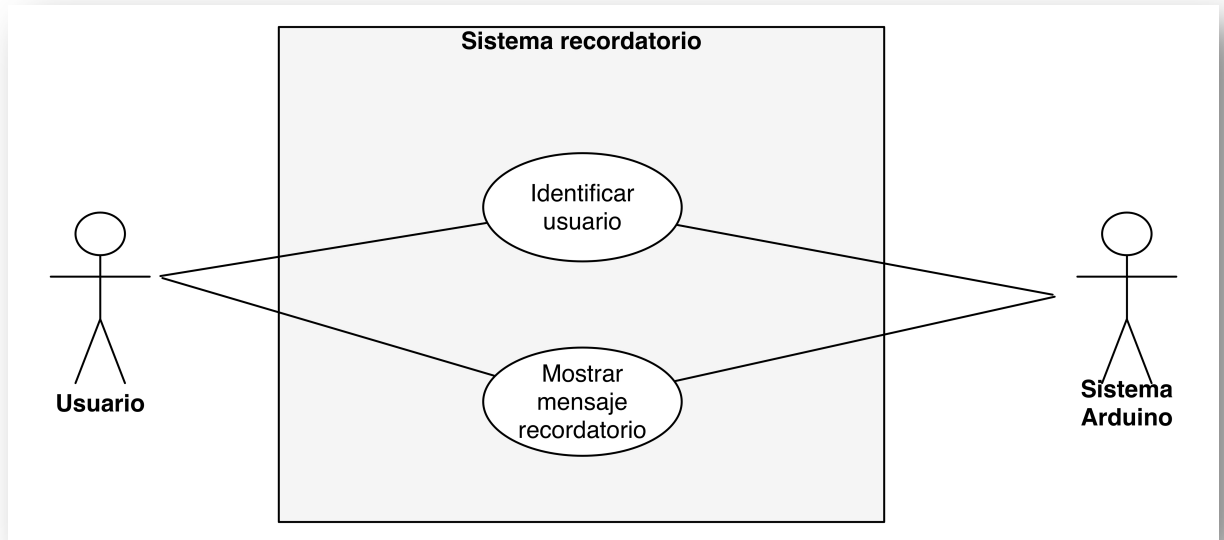


Ilustración 27. Diagrama de casos de uso del sistema recordatorio

#### DESCRIPCIÓN TEXTUAL DEL CASO DE USO GENERAL

IDENTIFICADOR	CU E1 – 01	NOMBRE	SISTEMA RECORDATORIO
Objetivo	Mostrar mensajes recordatorios de tareas comunes al usuario.		
Actores	<ul style="list-style-type: none"> <li>ACT-01 Usuario del sistema de recordatorios</li> <li>ACT-02 Sistema Arduino</li> </ul>		
Objetivos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>OBJ-01 Mostar recordatorios</li> <li>SOBJ-01 Leer identificador</li> <li>SOBJ-02 Gestionar mensajes</li> <li>SOBJ-03 Mostrar mensajes</li> </ul>		
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>IRQ-01 Identificación del usuario</li> <li>CRQ-01 Unicidad de los usuarios</li> <li>CRQ-02 Intervención del usuario</li> <li>Requisitos no funcionales Todos</li> </ul>		
Precondiciones	El identificador de usuario debe estar introducido en el sistema Arduino. Los mensajes recordatorios deben estar introducidos en el sistema Arduino.		
Postcondiciones	---		

**DESCRIPCIÓN TEXTUAL DEL CASO DE USO GENERAL**

IDENTIFICADOR	CU E1 – 01	NOMBRE	SISTEMA RECORDATORIO
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario entra en un espacio de la casa o el sistema, sin intervención del usuario, presenta un mensaje recordatorio acompañado de un sonido.</li> <li>2. El sistema reconoce el identificador del usuario.</li> <li>3. El sistema comprueba la hora del día y muestra mensajes recordatorios acompañados de sonidos según la hora y la sala en la que se encuentra el usuario.</li> </ol>		
Importancia	Muy alta		
Urgencia	Muy alta		
Estado	Resuelto		
Estabilidad	Muy alta		
Comentarios	Ninguno		

Tabla 21. Descripción textual del Caso de uso E1 - 01

### 6.5 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales representan restricciones, necesidades o condiciones de la funcionalidad del sistema, o de algunos aspectos de la seguridad del mismo.

Se pueden dividir en tres tipos (Sommerville, 2005, p. 111):

- **De producto:** especifican o restringen el comportamiento del sistema.
- **Organizativos:** describen aspectos relativos a las políticas y procedimientos organizativos.
- **Externos:** plantean aquellos aspectos derivados de factores externos al sistema y al proceso de desarrollo.

Los requisitos no funcionales del prototipo de sistema de recordatorios son de producto, de organización y externos.

### 6.5.1. De producto

#### De mantenibilidad

<b>NFR-01</b>	<b>Mantenimiento</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos
Requisitos asociados	Todos
Descripción	<p>El sistema debe disponer de un mantenimiento para un buen funcionamiento. Esto implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualizaciones de mensajes según la fase en la que se encuentra el usuario.</li> <li>• Corrección de incidencias que puedan surgir en su funcionamiento.</li> <li>• Mantenimiento del dispositivo identificador.</li> </ul>
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Negociación
Estabilidad	Normal
Comentarios	Ninguno

Tabla 22. Requisitos no funcionales 1: Mantenimiento

#### De usabilidad

<b>NFR-02</b>	<b>Claridad de mensajes</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos

<b>NFR-02</b>	<b>Claridad de mensajes</b>
Requisitos asociados	Todos
Descripción	Los mensajes que se presentarán serán claros y precisos. Estarán escritos de forma natural usando expresiones de cortesía como Por favor, gracias, etc. Estos mensajes se establecerán bajo la supervisión del médico o equipo que trate al paciente.
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Normal
Comentarios	Ninguno

Tabla 23. Requisitos no funcionales: Claridad de mensajes

### De disponibilidad

<b>NFR-03</b>	<b>Disponibilidad del sistema</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos
Requisitos asociados	Todos
Descripción	El sistema debe funcionar todos los días 24 horas. (24/7)
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Normal
Comentarios	Ninguno

Tabla 24. Requisitos no funcionales 3: Disponibilidad del sistema

## 6.5.2. De organización

### De implementación

<b>NFR-04</b>	<b>Dispositivos de bajo coste</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos
Requisitos asociados	Todos
Descripción	El sistema debe ser implementado sobre dispositivos de bajo coste.
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Normal
Comentarios	Ninguno

Tabla 25. Requisitos no funcionales 4: Dispositivos de bajo coste

<b>NFR-05</b>	<b>Conexión a Internet</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos
Requisitos asociados	Todos
Descripción	No será necesaria la conexión a Internet para el funcionamiento del sistema.
Importancia	Muy alta

<b>NFR-05</b>	<b>Conexión a Internet</b>
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Muy alta
Comentarios	Ninguno

Tabla 26. Requisitos no funcionales 5: Conexión a Internet

### De entrega

<b>NFR-06</b>	<b>Plazos de entrega</b>
Versión	1.0 (10/08/2015)
Autor	Raúl Martínez Alonso
Fuentes	Raúl Martínez Alonso
Objetivos asociados	Todos
Requisitos asociados	Todos
Descripción	El sistema junto con su documentación debe ser entregado antes del 24 de septiembre de 2015.
Importancia	Muy alta
Urgencia	Muy alta
Estado	Resuelto
Estabilidad	Muy alta
Comentarios	Ninguno

Tabla 27. Requisitos no funcionales 6: Plazos de entrega

### De estándares

<b>NFR-07</b>	<b>Plazos de entrega</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Objetivos asociados</b>	Todos
<b>Requisitos asociados</b>	Todos
<b>Descripción</b>	Los dispositivos RFID, lectores e identificadores, cumplirán el estándar ISO 14443 / 15693.
<b>Importancia</b>	Muy alta
<b>Urgencia</b>	Muy alta
<b>Estado</b>	Resuelto
<b>Estabilidad</b>	Muy alta
<b>Comentarios</b>	Ninguno

Tabla 28. Requisitos no funcionales 7: Plazos de entrega

### 6.5.3. Externos

#### Éticos

<b>NFR-08</b>	<b>Interrelación con el usuario</b>
<b>Versión</b>	1.0 (10/08/2015)
<b>Autor</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Fuentes</b>	Raúl Martínez Alonso
<b>Objetivos asociados</b>	Todos
<b>Requisitos asociados</b>	Todos
<b>Descripción</b>	El sistema tratará siempre con amabilidad y con refuerzos positivos a los usuarios.
<b>Importancia</b>	Muy alta

<b>NFR-08</b>	<b>Interrelación con el usuario</b>
<b>Urgencia</b>	Muy alta
<b>Estado</b>	Resuelto
<b>Estabilidad</b>	Muy alta
<b>Comentarios</b>	Ninguno

Tabla 29. Requisitos no funcionales 8: Interrelación con el usuario

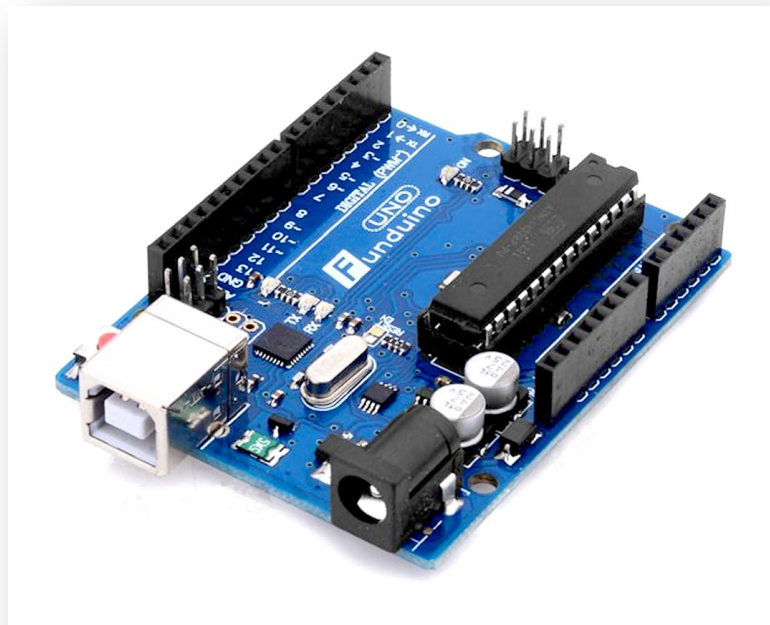
## 7. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Tras analizar las tecnologías existentes en el mercado y los requisitos funcionales y no funcionales que se aplican al prototipo, se ha optado por una solución que satisface todos los requisitos y que puede ampliarse y mejorarse si en un futuro aparecen nuevas necesidades.

Los componentes y tecnologías elegidos para el prototipo son:

### **Sistema microcontrolador : Arduino Uno R3.**

Se ha optado por un Arduino Uno<sup>34</sup> aunque se podrían haber utilizado otras placas como el Arduino Mega<sup>35</sup>, ya sea la versión específica Arduino o cualquiera de sus clones en el mercado como Funduino, Mercarduino, etc. Las características técnicas de cada placa se pueden conocer en la página web del desarrollador indicada a pie de página.



**Ilustración 28. Componentes del sistema: Microcontrolador Funduino Uno R3**

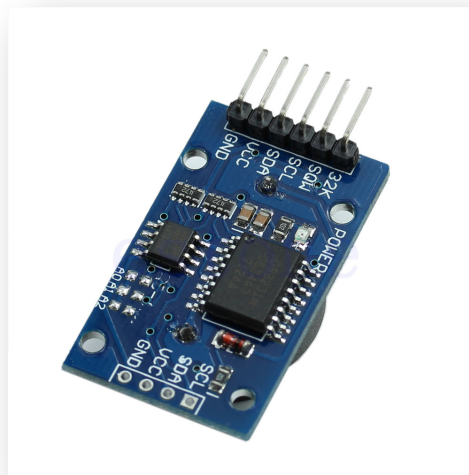
Las placas Arduino tienen un oscilador interno para controlar el tiempo pero, en mediciones largas, este oscilador tiende a sufrir retrasos. Además, este reloj interno tiene dos problemas más: por un lado, cada cincuenta días se reinicia, y por otro, si se corta la

<sup>34</sup> Arduino Uno: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

<sup>35</sup> Arduino Mega: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

corriente a la placa Arduino, el reloj interno se reinicia y se pone en la hora 0 del día 1 de enero de 1970.

Para solucionar este problema con la hora, se ha añadido un componente Tiny RTC con un microprocesador DS3231 y batería de respaldo montada en placa. El DS3231 lleva la cuenta de las horas, minutos y segundos, es capaz de cambiar a modo batería si comprueba que se ha ido la corriente (y de esta manera no reiniciar la hora) y con un consumo muy bajo, de forma que la duración de la batería de respaldo está en 5 y 10 años.



**Ilustración 29. Componentes del sistema: Reloj de tiempo real - RTC DS3231**

La programación de Arduino se ha realizado en el lenguaje C utilizando el entorno de programación que ofrece el propio Arduino<sup>36</sup>. Se han utilizado diferentes fuentes bibliográficas para la resolución de problemas y dudas en la implementación del prototipo, tanto hardware como software. Entre estas fuentes bibliográficas destaco “Beginning C for Arduino” (Purdum, 2012), “Beginning Arduino” (McRoberts, 2010), “Arduino: a quick start guide” (Schmidt, 2011) y “Arduino projects for dummies” (Craft, 2013).

Se ha utilizado también un “zumbador” (buzzer) para poder escuchar los sonidos que generará el sistema. Es un pequeño altavoz con el que el usuario del sistema podrá escuchar diferentes tipos de melodías y asociarlas con momentos del día.

<sup>36</sup> Entorno de programación de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



**Ilustración 30. Componentes del sistema: Buzzer**

### **Sistema de identificación : Identificación por radio frecuencia (RFID)**

El sistema debe activarse cuando el usuario entre en la habitación por lo que es necesaria una tecnología inalámbrica que permita esta detección y que sea económica. Se ha optado por utilizar la identificación por radio frecuencia RFID para activar el sistema microcontrolador.

Los dispositivos RFID activos no tienen un coste excesivamente elevado pero se sale del presupuesto de este trabajo por lo que se ha optado por utilizar llaveros y tarjetas RFID pasivas así como un lector RFID con antena incorporada RC522.



**Ilustración 31. Lector RFID RC-522 y llavero RFID**

La implementación del sistema de recordatorios con estos dispositivos pasivos permiten comprobar el funcionamiento del sistema y podrían ser cambiados por dispositivos

RFID activos prácticamente sin modificaciones en el código ni el sistema hardware. Las características del lector RFID RC-522 son las siguientes:

Características	RFID RC-522
Corriente de operación	13 – 26 mA a 3,3 V
Corriente de stand-by	10 – 13 mA a 3,3 V
Corriente de sleep mode	< 80 uA
Frecuencia de operación	13,56 MHz
Distancia de lectura	0 a 60 mm.
Protocolo de comunicación	SPI <sup>37</sup>
Velocidad de comunicación	Hasta 10 Mbps
Temperatura de operación	-20° a +80° C
Humedad de operación	5% a 95%

Tabla 30. Características lector RFID RC-522

### **Pantalla LCD 1602A**

La pantalla LCD 1602A es una matriz de 2 líneas por 16 caracteres. Necesita 5V para funcionar. Se ha utilizado este modelo por ser económico aunque se puede conectar cualquier otra pantalla al sistema con más capacidad de caracteres. El modelo 1602A viene sin conectores por defecto por lo que he debido soldar pines macho de 2,54 mm. para realizar las conexiones. Además, necesita un potenciómetro de 5K para regular el contraste.



Ilustración 32. Componentes del sistema: Pantalla LCD 1602A

<sup>37</sup> SPI: *Serial Peripheral Interface* – Protocolo síncrono para la transferencia de información entre circuitos integrados.

## 7.1. Planificación del Trabajo de Fin de Grado

Las fases de trabajo establecidas y desarrolladas en el desarrollo del prototipo de recordatorios son las siguientes:

- Documentación.
- Petición y recepción del hardware Arduino.
- Análisis.
- Diseño.
- Implementación.
- Pruebas.
- Integración.

Por diversas circunstancias personales y otras relacionadas con la propia asignatura TFG, pude poner en marcha el proyecto a finales de junio por lo que el diagrama de Gantt que se presenta tiene como fecha de inicio del proyecto el 26 de junio de 2015. El cronograma está creado con la herramienta de código abierto GanttProject<sup>38</sup>.

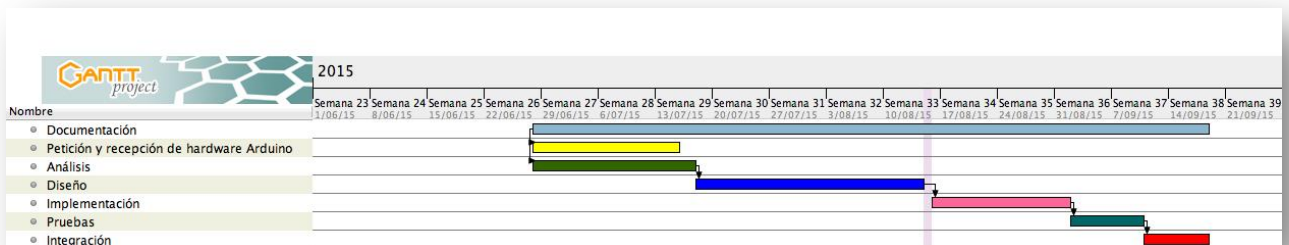


Ilustración 33. Diagrama de Gantt del Trabajo de Fin de Grado

## 7.2. Esquemas técnicos del prototipo

La construcción de la parte física del sistema de recordatorios conlleva la interconexión de los diferentes elementos que conforman el prototipo. Las siguientes imágenes muestran las interconexiones entre la placa Arduino y el resto de elementos del sistema de forma completa y por componentes.

<sup>38</sup> Sitio web: <http://www.ganttproject.biz>

Los diagramas se han realizado con la herramienta de código abierto Fritzing<sup>39</sup>. Para facilitar la estructura del circuito, los colores de los cables coinciden tanto en el esquema de interconexión de placas como en el esquema como en el esquema de interconexión de pines<sup>40</sup>.

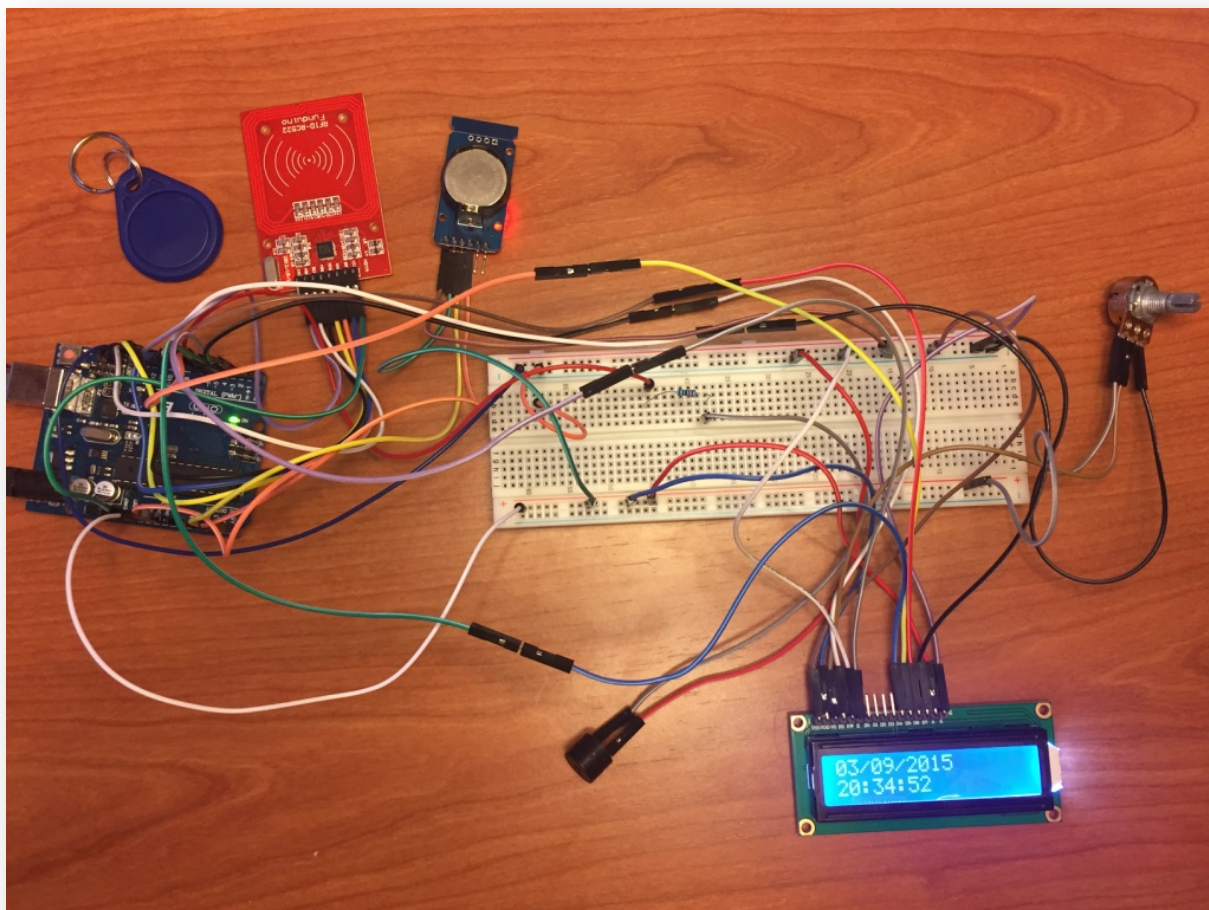


Ilustración 34. Prototipo de sistema de recordatorios con Arduino y RFID

<sup>39</sup> Sitio web: <http://fritzing.org/home/>

<sup>40</sup> Dado que hay mucha información tanto en la placa Arduino como en los componentes RFID y RTC, en el Anexo se han establecido tamaño de imágenes grandes para una mejor identificación.

### 7.2.1. Esquema del prototipo completo

La siguiente imagen presenta el sistema hardware completo del sistema recordatorio para personas con Alzheimer en el que se puede identificar el microcontrolador Arduino, el lector/grabador RFID, el reloj en tiempo real RTC, el buzzer y la pantalla LCD con el potenciómetro.

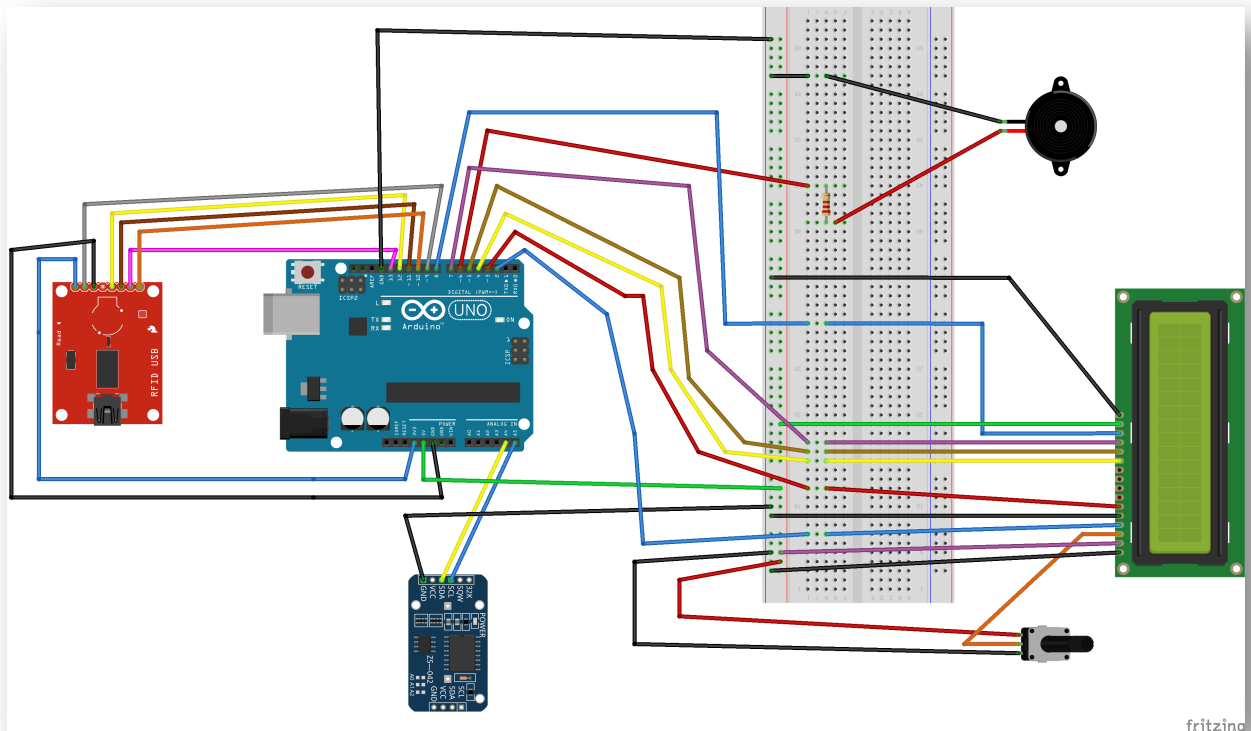


Ilustración 35. Esquema de conexión del sistema de recordatorios

### 7.2.2. Esquema de conexión Arduino – RFID

En la Ilustración 36 y en la Ilustración 37 se muestran la conexiones del microcontrolador Arduino con el lector/grabador RFID.

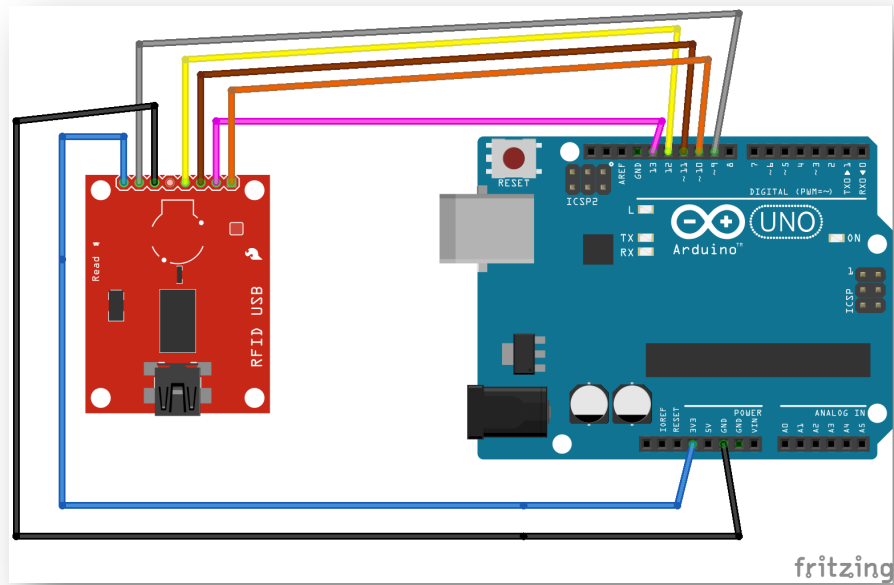


Ilustración 36. Esquema de conexión de componentes Arduino - RFID

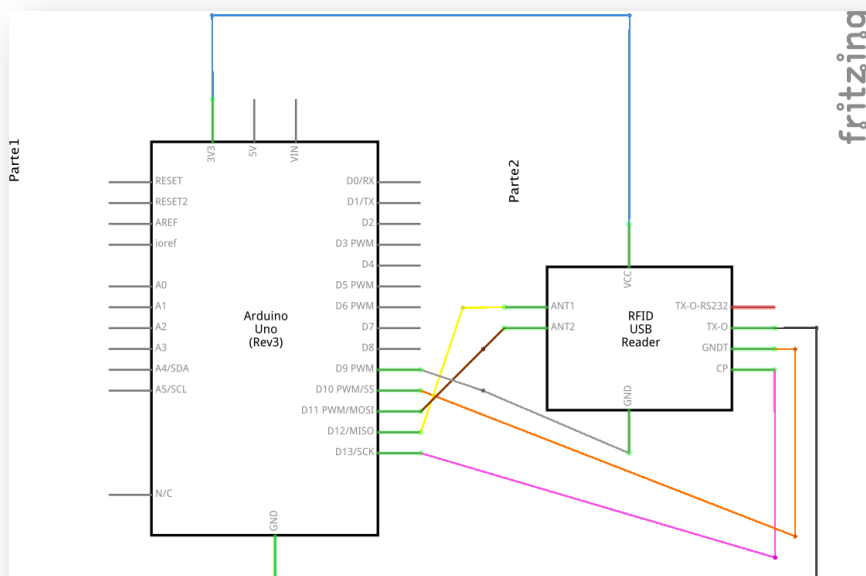


Ilustración 37. Esquema de interconexión de pines Arduino - RFID

### 7.2.3. Esquema de conexión Arduino – RTC

La interconexión entre Arduino y el reloj en tiempo real RTC se puede observar en la Ilustración 38 y en la Ilustración 39 .

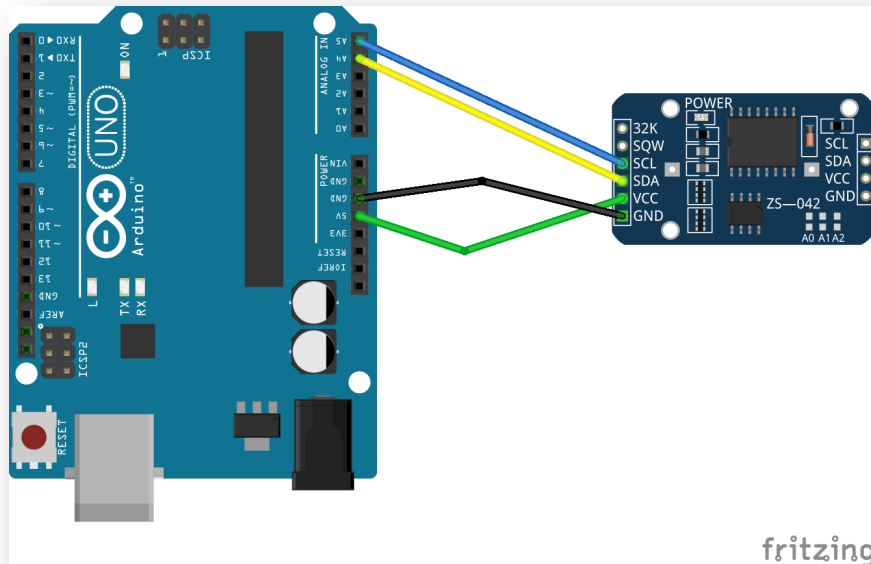


Ilustración 38. Esquema de conexión de componentes Arduino - RTC

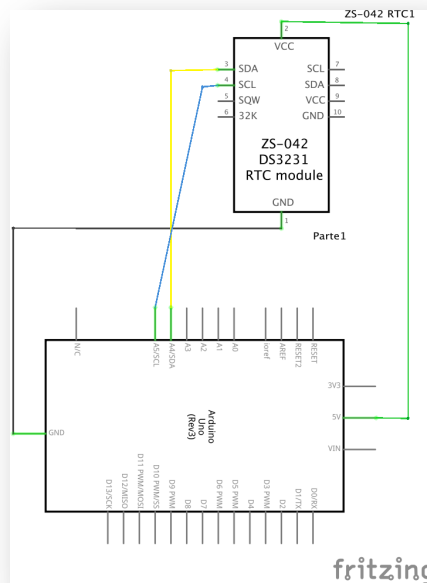


Ilustración 39. Esquema de interconexión de pines Arduino - RTC

### 7.2.4. Esquema de conexión Arduino – LCD – Buzzer

El esquema de conexión entre Arduino y LCD se puede observar en la siguiente ilustración.

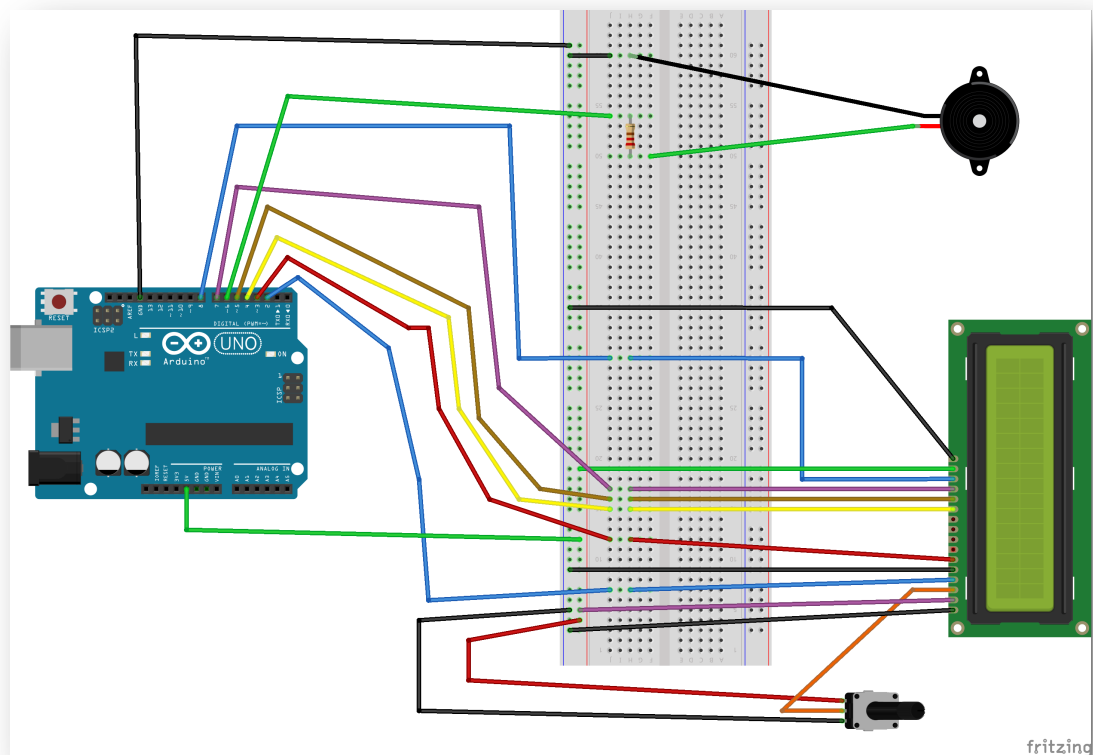


Ilustración 40. Esquema de conexión de componentes Arduino - LCD - Buzzer

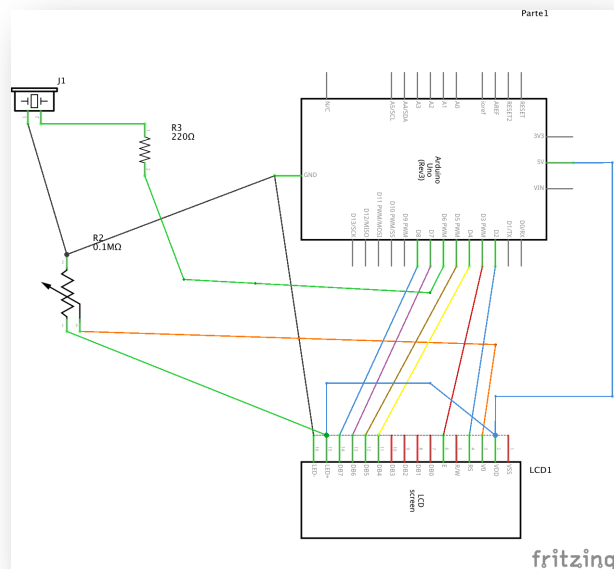


Ilustración 41. Esquema de interconexión de pines Arduino - LCD - Buzzer

### 7.3. Ejemplo de sketch para el sistema de recordatorios

La estructura básica de un programa Arduino es la siguiente:

```
void setup() {
    // Código de inicialización del sistema. Se ejecuta una vez.
}
void loop() {
    // Código que se ejecuta ininterrumpidamente.
}
```

En el Anexo se muestra el código fuente<sup>41</sup> de cada uno de los *sketches*. Cada componente, además de conectarlo físicamente a la placa Arduino, necesita una librería de programación que contiene las funciones y procedimientos que se usan en el programa para interactuar con ellos. De las librerías que usa el prototipo, Wire.h, y SPID.h se pueden

<sup>41</sup> El código fuente de Arduino no soporta caracteres con tildes por lo que en los sketch, las palabras con tilde en mensajes y comentarios no las llevan.

encontrar en el propio entorno de programación de Arduino. Las librerías RFID.h y RTCLib.h se pueden encontrar en los sitios web anotados a pie de página.

```
#include <LiquidCrystal.h> // funciones para manejar el LCD
#include <Wire.h> // funciones para comunicar Arduino con reloj RTC
#include <RFID.h> // funciones del lector RFID42
#include <SPI.h> //funciones de comunicación entre dispositivos
#include <RTCLib.h> //funciones del reloj RTC43
#include "notas.h"; //notas de música para el buzzer
```

El programa, cuando lee el dispositivo RFID que lleva la persona, comprueba en qué banda horaria se encuentra y, en función de la hora, presenta uno o varios mensajes. Mientras que no hay lectura de banda, el sistema presenta la fecha, día de la semana y la hora en la pantalla LCD.

Además de la comprobación por banda horaria y por localización, hay alarmas que mostrarán mensajes al usuario aunque no haya habido un reconocimiento del dispositivo RFID que porta el enfermo. De esta manera, sin agobiar al paciente, se le pueden recordar nombres de familiares, sitios, cosas bonitas que merecen la pena ser recordadas, etc.

Dado que la mayoría del tiempo se pasa en el salón, en esta ubicación el sistema no leerá el dispositivo identificador del paciente y se programarán mensajes en ciertos momentos del día para que la persona pueda recordar tanto cosas que debe hacer, como comer , ir al aseo, llamar a la familia, como mensajes recordatorios de nombres, de cosas que ha vivido, etc.

El código fuente de los sketches del prototipo se pueden descargar desde GitHub en el siguiente enlace: [https://github.com/raulunir/Prototipo\\_Recordatorio](https://github.com/raulunir/Prototipo_Recordatorio).

---

<sup>42</sup> Sitio web RFID: <https://drive.google.com/file/d/0B--pBRLLxtv6QXdxQXQ0dUdfMkU/view?usp=sharing>

<sup>43</sup> Sitio web RTCLib: <https://github.com/MrAlvin/RTCLib>

## 8. EVALUACIÓN

La evaluación del prototipo se realizó creando *sketches*<sup>44</sup> para cada una de las zonas de la vivienda establecidas en el punto 2.5: salón, cocina, dormitorio y cuarto de baño.

Para la realización de las pruebas sólo dispongo de una placa Arduino por lo que he desarrollado cada uno de los *sketches* y he realizado las pruebas cargando el código en el Arduino. Si se quiere colocar el sistema recordatorio completo se necesitarían, en este proyecto, cuatro Arduinos con sus respectivos lectores RFID, pantallas LCD y relojes de tiempo real RTC.

Cada momento recordatorio tiene asociado un sonido para que la persona pueda identificarlos rápidamente.

Se ha comprobado que el lector RFID reconoce el llavero o la tarjeta RFID pasiva y que presenta, en la pantalla LCD, los mensajes asociados a la parte de la vivienda en la que está así como los sonidos asociados a ese mensaje.

Así, a las 20:35, al pasar el llavero RFID por el lector, aparecen los mensajes asociados a esa hora.



Ilustración 42. Mensaje recordatorio al entrar en la cocina a las 20:35

---

<sup>44</sup> Un *sketch* es la denominación que se le da al código fuente que se carga en la placa Arduino para que se ejecute.



**Ilustración 43. Segundo mensaje recordatorio de cena**

Asimismo, se ha comprobado que los mensajes programados periódicamente, especialmente en el salón, son presentados en la pantalla LCD.

En el anexo se muestran algunos mensajes que se presentan por pantalla según la sala en la que se encuentre el usuario del sistema.

## 9. CONCLUSIONES

El prototipo de sistema recordatorio para personas con Alzheimer ha empezado a dar sus primeros pasos y podría extenderse su uso en viviendas y centros de atención a personas con Alzheimer en un futuro. Gracias a la versatilidad de la placa Arduino y el desarrollo y de otras placas como Raspberry Pi, así como el bajo coste del prototipo, el sistema puede seguir evolucionando y llegar a convertirse en una herramienta importante en la vida diaria de una persona con Alzheimer y en sus acompañantes.

En definitiva, y respondiendo a los objetivos planteados, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Se ha presentado la enfermedad de Alzheimer indicando las fases y síntomas que se percibirán en una persona que sufra esta enfermedad.
2. Se ha acotado el tiempo que el sistema recordatorio a partir del conocimiento de las fases de la enfermedad de Alzheimer.
3. Se han analizado las tecnologías inalámbricas disponibles eligiendo RFID como tecnología para implementar el prototipo de sistema recordatorio.
4. Se han presentado los sistemas microcontroladores disponibles en la actualidad eligiendo Arduino como plataforma de control del prototipo.
5. Se ha montado el prototipo de sistema recordatorio.
6. Se ha programado y se ha puesto en marcha el prototipo de sistema recordatorio.

Por todo lo expuesto, se ha alcanzado el objetivo principal de diseñar e implementar un prototipo de sistema de recordatorios en una vivienda que padece la enfermedad de Alzheimer.

## 10. DESARROLLOS FUTUROS

El prototipo de sistema de recordatorios no está cerrado y podrían ampliarse sus funciones para abarcar nuevas áreas que beneficien a un enfermo de Alzheimer. Algunas de las mejoras y evoluciones que se plantean al sistema son:

- Conversión del sistema a multiusuario para que pueda presentar mensajes personalizados según el identificador de la persona en una misma vivienda.
- Incorporación de sensores de gas para advertir sobre un posible escape de gas o que se ha dejado el gas abierto.
- Incorporación de sensores de monóxido de carbono para evitar asfixias.
- Incorporación de elementos domóticos para controlar el ambiente de la vivienda: temperatura, luz, etc.
- Incorporación de sistemas de voz para escuchar los mensajes ampliando el uso del sistema de recordatorios a personas con discapacidad visual.
- Conexión de los elementos Arduino a Internet para comunicarse con apps en móviles o tabletas.
- Centralización de todos los Arduinos en una Raspberry Pi para mantener el requerimiento de bajo coste.

La versatilidad de los microcontroladores Arduino unida al bajo precio y a la cantidad de componentes que se le pueden conectar hacen que el prototipo pueda seguir creciendo en funcionalidad para convertirse en una herramienta imprescindible para una persona y una familia que debe luchar con el Alzheimer.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- AlzhUp. (2015). Recuperado el 4 de Julio de 2015, de Alzhup: <http://www.alzhup.com>
- Bluetooth SIG. (2015). *Fast Facts - Bluetooth Technology Website*. Recuperado el 11 de Agosto de 2015, de Bluetooth: <http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx>
- Bouchard, R., & Rossor, M. (1996). *Typical Clinic Features*. Londres: Martin Dunitz Ltd.
- Casero, M. (2013). Tecnología de identificación por radiofrecuencia. Lectura de pedidos RFID en un almacén. *Trabajo de Fin de Grado*. La Rioja: Universidad de La Rioja.
- Catálogo "Alzheimer's Apps". (2014). *CRE Alzheimer*. Recuperado el 4 de Julio de 2015, de CRE Alzheimer - Aplicaciones informáticas:  
<http://www.crealzheimer.es/InterPresent2/groups/imsero/documents/binario/catalogoappsenfermos.pdf>
- Craft, B. (2013). *Arduino projects for dummies*. West Sussex: Wiley.
- CRE Alzheimer Salamanca*. (Julio de 2015). Recuperado el 25 de Julio de 2015, de [http://www.crealzheimer.es/crealzheimer\\_01/centro/presentacion/index.htm](http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/centro/presentacion/index.htm)
- CRE Alzheimer Salamanca*. (Julio de 2015). Recuperado el 25 de Julio de 2015, de Programa GRADIOR:  
[http://www.crealzheimer.es/crealzheimer\\_01/terapias\\_no\\_farmacologicas/gradior/index.htm](http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/terapias_no_farmacologicas/gradior/index.htm)
- CRE Alzheimer Salamanca*. (Julio de 2015). Recuperado el 25 de Julio de 2015, de Robototerapia:  
[http://www.crealzheimer.es/crealzheimer\\_01/terapias\\_no\\_farmacologicas/robototerapia/index.htm](http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/terapias_no_farmacologicas/robototerapia/index.htm)
- CRE San Andrés de Rabanedo*. (2015). Recuperado el 4 de Julio de 2015, de CRE San Andrés de Rabanedo: [http://www.crediscapacidadydependencia.es/cresanandres\\_01/index.htm](http://www.crediscapacidadydependencia.es/cresanandres_01/index.htm)
- Deus, J. (2006). Estimulación cognitiva en demencias: eficacia o placebo. *Informaciones psiquiátricas* (184).
- El ABC de la RFID. (2015). *Honeywell: Scanning & Mobility*. Recuperado el 3 de Agosto de 2015, de Intermecc: [http://www.intermec.com/public-files/white-papers/es/wpABC\\_ES.pdf](http://www.intermec.com/public-files/white-papers/es/wpABC_ES.pdf)
- Folstein, M., Folstein, S., & Mc Hugh, P. (1975). *Mini-Mental State. A Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician* (Vol. 12). J Psychiatr Res.
- Fundación INTRAS*. (2015). Recuperado el 4 de Agosto de 2015, de Fundación INTRAS - Programa GRADIOS: <http://www.intras.es/index.php/productos/software-gradior>
- Fundación Reina Sofía - Proyecto Alzheimer*. (2007). Recuperado el 4 de Agosto de 2015, de Centro Alzheimer de la Fundación Reina Sofía:  
<http://www.fundacionreinasofia.es/Lists/Documentacion/Attachments/28/LIBROFRS2p5m.pdf>
- Fundación Reina Sofía*. (2015). Recuperado el 4 de Julio de 2015, de Fundación Reina Sofía - Proyecto Alzheimer: [http://www.fundacionreinasofia.es/ES/proyecto\\_alzheimer/Paginas/default.aspx](http://www.fundacionreinasofia.es/ES/proyecto_alzheimer/Paginas/default.aspx)

Getting started with iBeacon. (Julio de 2014). *Apple Support*. Recuperado el 2015, de Apple Support - iBeacon.

Hugues, C., Berg, L., & Danzinger, W. (1988). *A new clinical scale for staging of Dementia* (Vol. 140). Br. J. Psychiatr.

*INDRA - Aplicación "Mis recuerdos"*. (2013). Recuperado el 4 de Agosto de 2015, de INDRA - Mis Recuerdos: <http://www.indracompany.com/noticia/indra-crea-una-app-sobre-tablet-para-ayudar-a-conservar-recuerdos-a-personas-con-alzheimer>

*LabHuman - Proyecto HEAD*. (2015). Recuperado el 4 de Agosto de 2015, de Proyecto HEAD: <http://www.labhuman.com/es/node/602>

McRoberts, M. (2010). *Beginning Arduino*. New York: Apress.

*NFC Forum Technical Specifications*. (2015). Recuperado el 11 de Agosto de 2015, de NFC Forum: [http://members.nfc-forum.org/specs/spec\\_list/](http://members.nfc-forum.org/specs/spec_list/)

*¿Cómo funciona el NFC?* (9 de Febrero de 2012). Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de Mundo NFC: <https://mundonfc.wordpress.com/2012/02/09/como-funciona-el-nfc/>

Peña-Casanova, J. (2005). *Activemos la mente: actualización 2005*. Barcelona: Fundación La Caixa.

Peña-Casanova, J. (1999). *Enfermedad del Alzhéimer. Del diagnóstico a la terapia. Conceptos y hechos*. Barcelona: Fundación La Caixa.

Peña-Casanova, J. (1999). *Intervención cognitiva en la enfermedad del Alzhéimer: Fundamentos y principios generales*. Barcelona: Fundación La Caixa.

Purdum, P. (2012). *Beginning C for Arduino: Learn C Programming for the Arduino and Compatible Microcontrollers*. New York: Apress.

Reisberg, B., Ferris, S., de Leon, M., & Crook, T. (1982). *The Global Deterioration Scale for Assessment of Primary Degenerative Dementia* (Vol. 139). American Journal of Psychiatry.

Schmidt, M. (2011). *Arduino: a quick start guide*. Dallas: The Pragmatic Bookself.

Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. Madrid: Pearson Educación.

Specification of the Bluetooth System. (2015). *Specification Adopted Documents*. Recuperado el 11 de Agosto de 2015, de Specification Adopted Documents - Bluetooth Technology: [https://www.bluetooth.org/docman/handlers/downloaddoc.ashx?doc\\_id=229737](https://www.bluetooth.org/docman/handlers/downloaddoc.ashx?doc_id=229737)

Weis, S. (2006). *Harvard University - Readings*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de Harvard University: <http://www.eecs.harvard.edu/cs199r/readings/rfid-article.pdf>

**Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)**

**Escuela de Ingeniería**

**Adaptación al Grado en Ingeniería Informática**

**Anexo al Prototipo  
de sistema  
recordatorio para  
personas con  
Alzheimer basado en  
Arduino**

**Anexo al Trabajo Fin de Grado**

**presentado por:** D. Raúl Martínez Alonso

**Director/a:** D. Andrés Gaspar Castillo

Ciudad: Alicante

Fecha: Septiembre 2015

## ÍNDICE DEL ANEXO

Índice del Anexo .....	ii
Índice de ilustraciones y de tablas .....	iii
Índice de ilustraciones .....	iii
Índice de tablas .....	iv
1. Esquemas técnicos del prototipo .....	1
2. Esquemas técnicos por componentes .....	3
2.1. Diagramas de conexión Arduino – RFID .....	3
2.2. Diagramas de conexión Arduino – RTC .....	6
2.4. Diagramas de conexión Arduino – LCD - Buzzer .....	9
3. Código fuente de los <i>sketches</i> .....	13
3.1. Sketch para el cuarto de baño .....	13
3.2. Sketch para la cocina .....	21
3.3. Sketch para el dormitorio .....	29
3.4. Sketch para el salón .....	37
4. Pruebas del sistema .....	46
4.1. Pantallas del cuarto de baño .....	46
4.2. Pantallas de la cocina .....	48
4.3. Pantallas del dormitorio .....	50
4.4. Pantallas del salón .....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y DE TABLAS

### *Índice de ilustraciones*

Ilustración 1. Prototipo de sistema de recordatorios.....	1
Ilustración 2. Esquema del prototipo de sistema de recordatorios .....	2
Ilustración 3. Esquema de conexión de componentes Arduino - RFID .....	3
Ilustración 4. Esquema de interconexión de pines Arduino – RFID.....	4
Ilustración 5. Esquema de conexión de componentes Arduino - RTC .....	6
Ilustración 6. Esquema de interconexión de pines Arduino - RTC .....	7
Ilustración 7. Esquema de conexión de componentes Arduino - LCD - Buzzer .....	9
Ilustración 8. Esquema de interconexión de pines Arduino - LCD - Buzzer .....	10
Ilustración 9. Mensaje de activación del cuarto de baño .....	46
Ilustración 10. Pantalla con la fecha, día de la semana y hora.....	47
Ilustración 11. Mensaje cuando entra en cuarto de baño a las 6 de la tarde .....	47
Ilustración 12. Mensaje en el cuarto de baño de lavarse los dientes .....	48
Ilustración 13. Mensaje de activación de la cocina.....	48
Ilustración 14. Pantalla con la fecha, día de la semana y hora en la cocina .....	49
Ilustración 15. Mensaje al entrar en la cocina sobre las 18:00 horas .....	49
Ilustración 16. Mensaje de activación del dormitorio .....	50
Ilustración 17. Mensaje al entrar en el dormitorio sobre las 18:00 .....	50
Ilustración 18. Pantalla de activación del salón .....	51
Ilustración 19. Instante en el que van a ser las 18:00 h.....	51
Ilustración 20. Mensaje en la pantalla del salón a las 18:00 h.....	52

## ***Índice de tablas***

Tabla 1. Conexión de pines Arduino - RFID .....	5
Tabla 2. Conexión de pines Arduino - RTC .....	8
Tabla 3. Conexión de pines Arduino - LCD .....	11
Tabla 4. Conexión de pines Potenciómetro - LCD.....	12
Tabla 5. Conexión de pines Arduino - Buzzer .....	12

## 1. ESQUEMAS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO

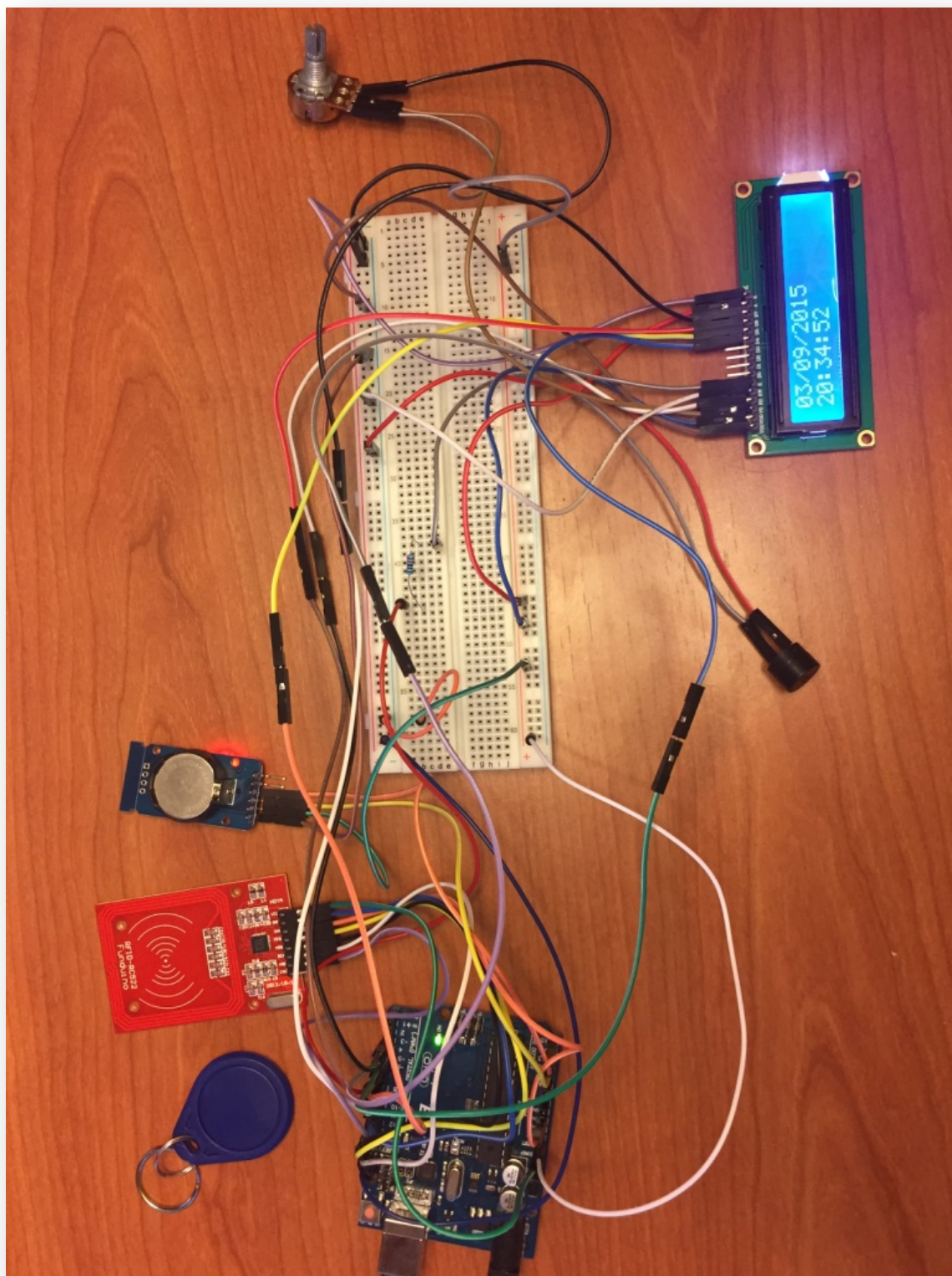


Ilustración 1. Prototipo de sistema de recordatorios

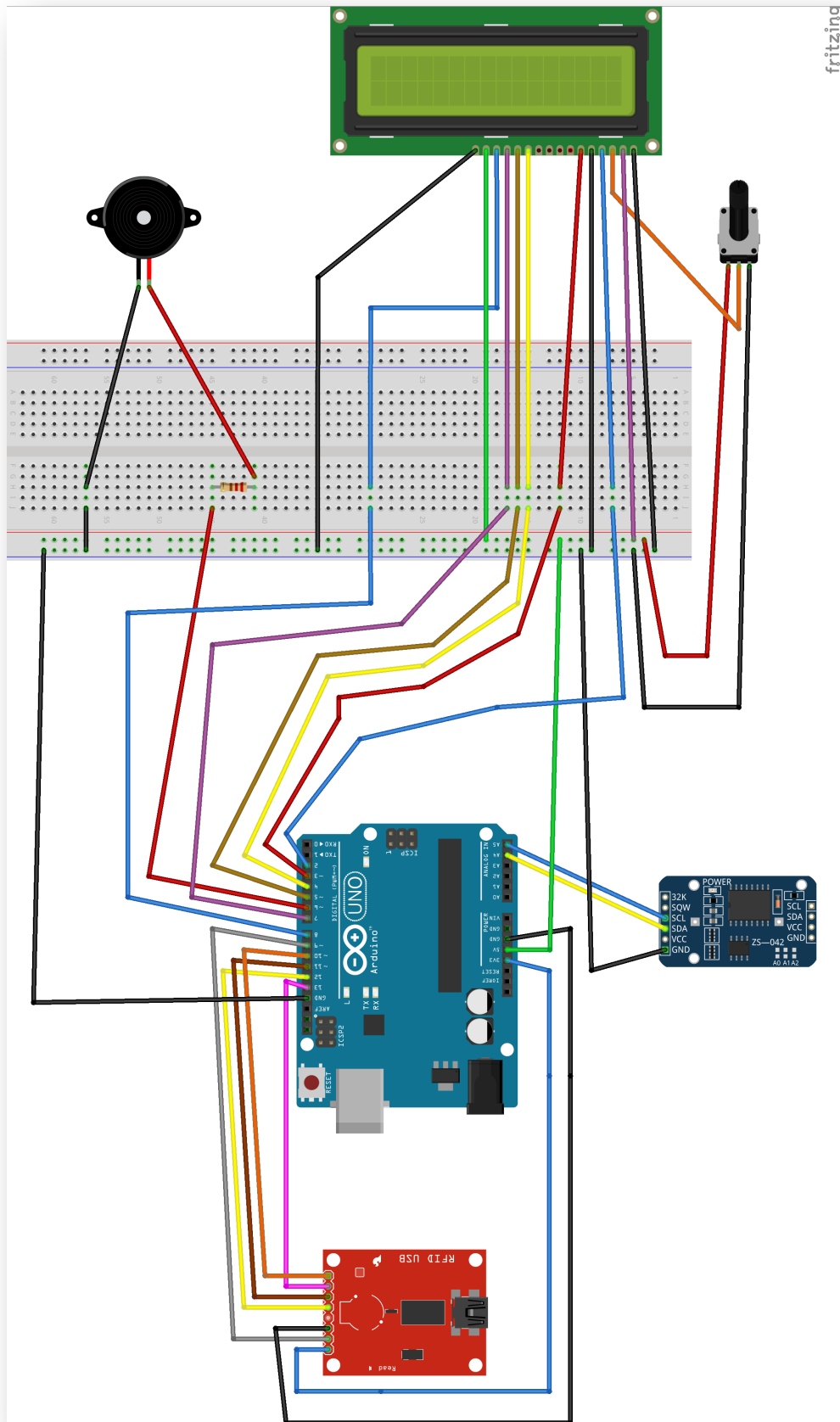


Ilustración 2. Esquema del prototipo de sistema de recordatorios



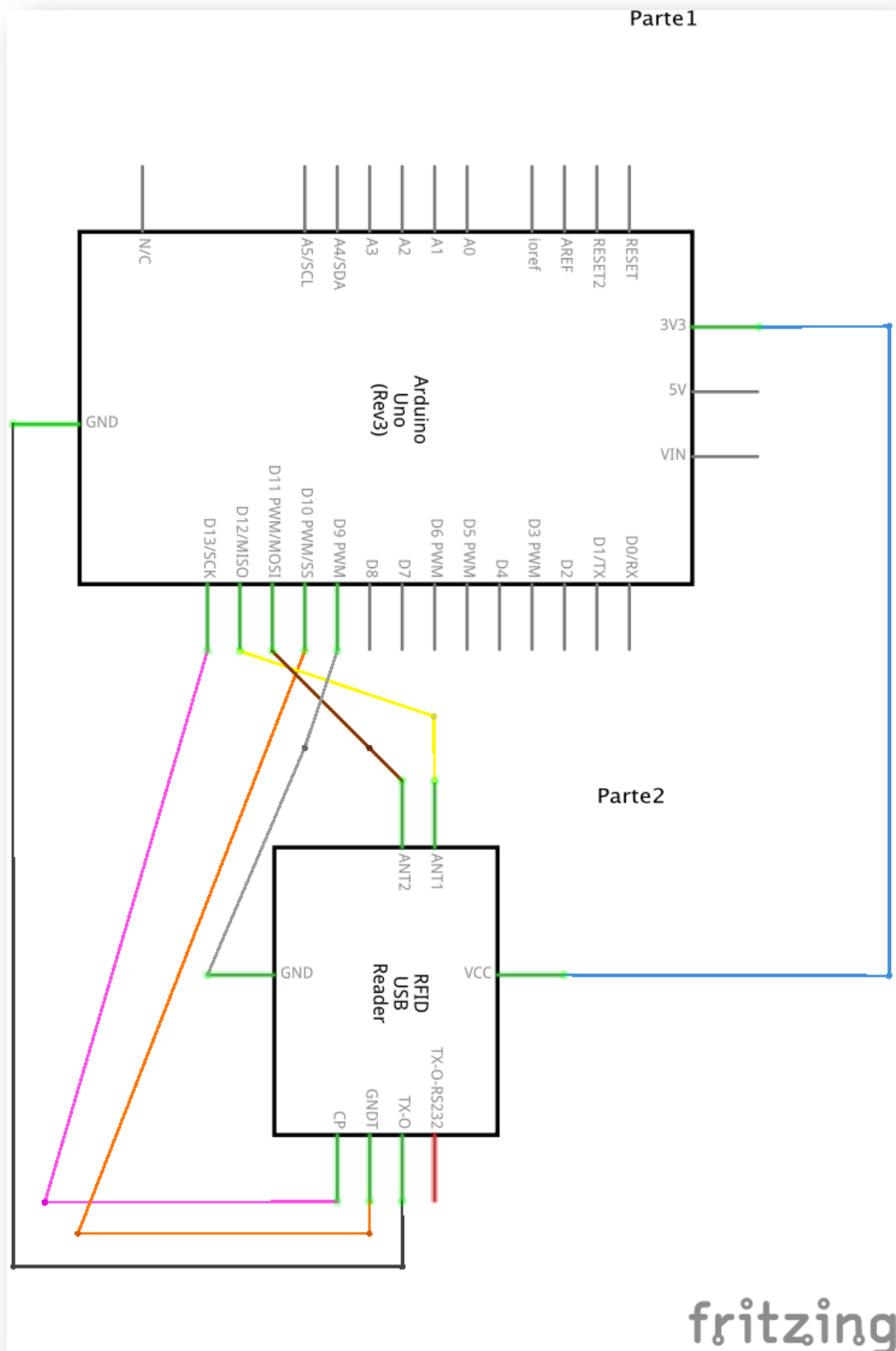


Ilustración 4. Esquema de interconexión de pines Arduino – RFID

CONEXIÓN ARDUINO – RFID	
PINES LECTOR RFID	PINES ARDUINO
VCC	3,3 V
RST	9
GND	GND (PW)
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
NSS	10
IRQ	N/A <sup>1</sup>

Tabla 1. Conexión de pines Arduino - RFID

---

<sup>1</sup> N/A: No aplicable

## 2.2. Diagramas de conexión Arduino – RTC

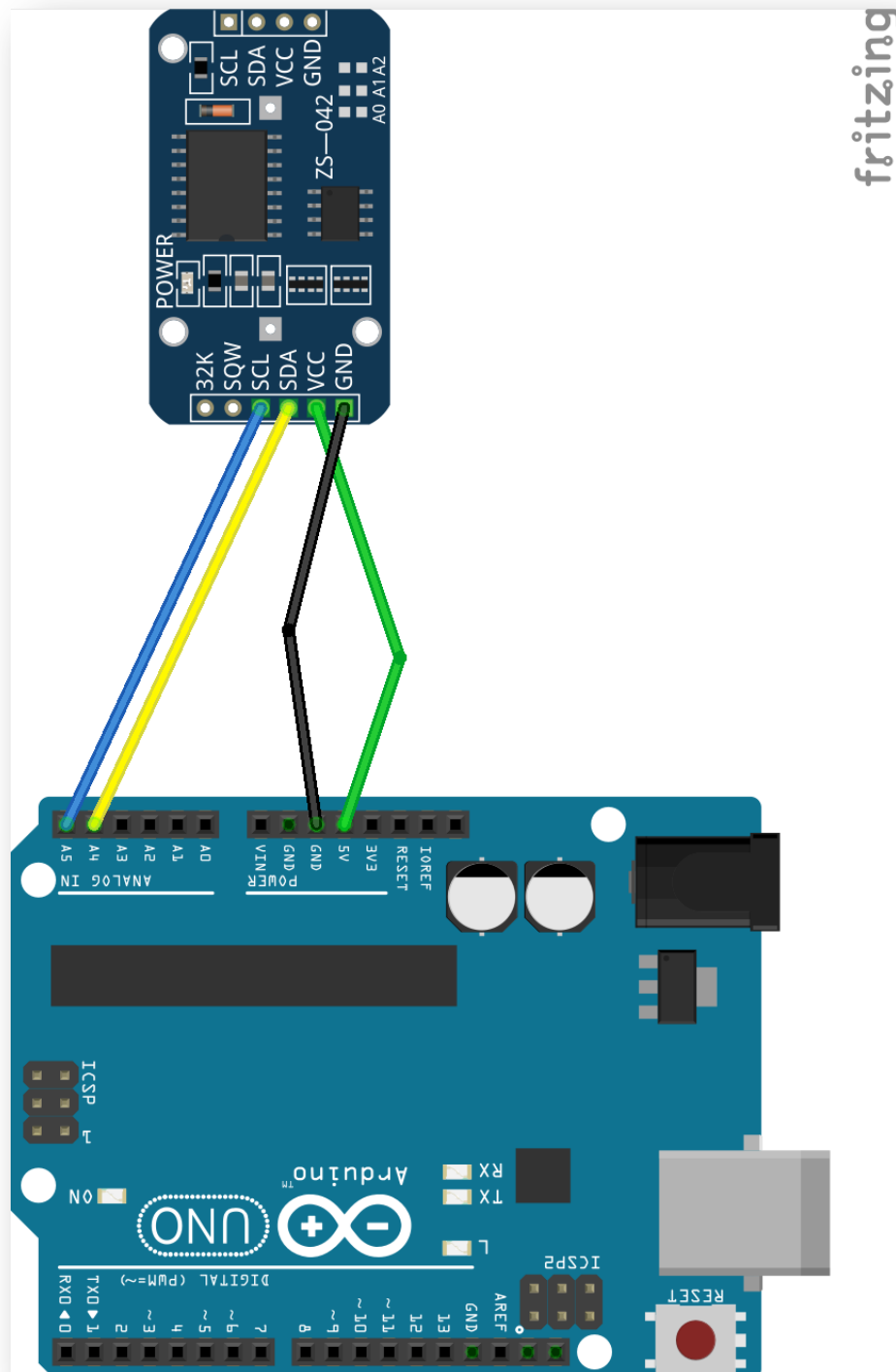


Ilustración 5. Esquema de conexión de componentes Arduino - RTC

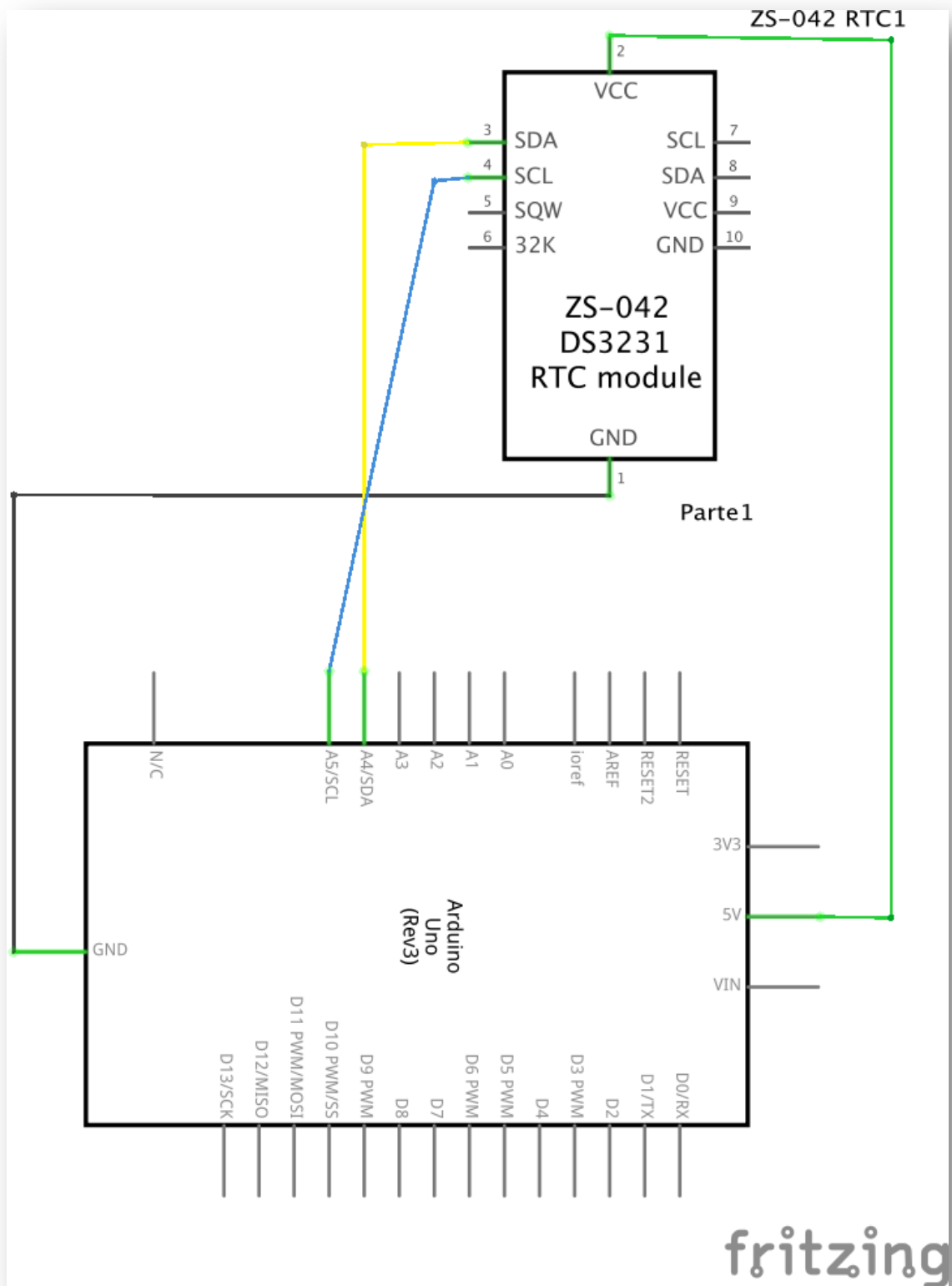


Ilustración 6. Esquema de interconexión de pines Arduino - RTC

CONEXIÓN ARDUINO – RTC	
PINES RTC	PINES ARDUINO
GND	GND
VCC	5 V
SDA	A4
SCL	A5
SQW	N/A
32K	N/A

Tabla 2. Conexión de pines Arduino - RTC

## 2.4. Diagramas de conexión Arduino – LCD - Buzzer

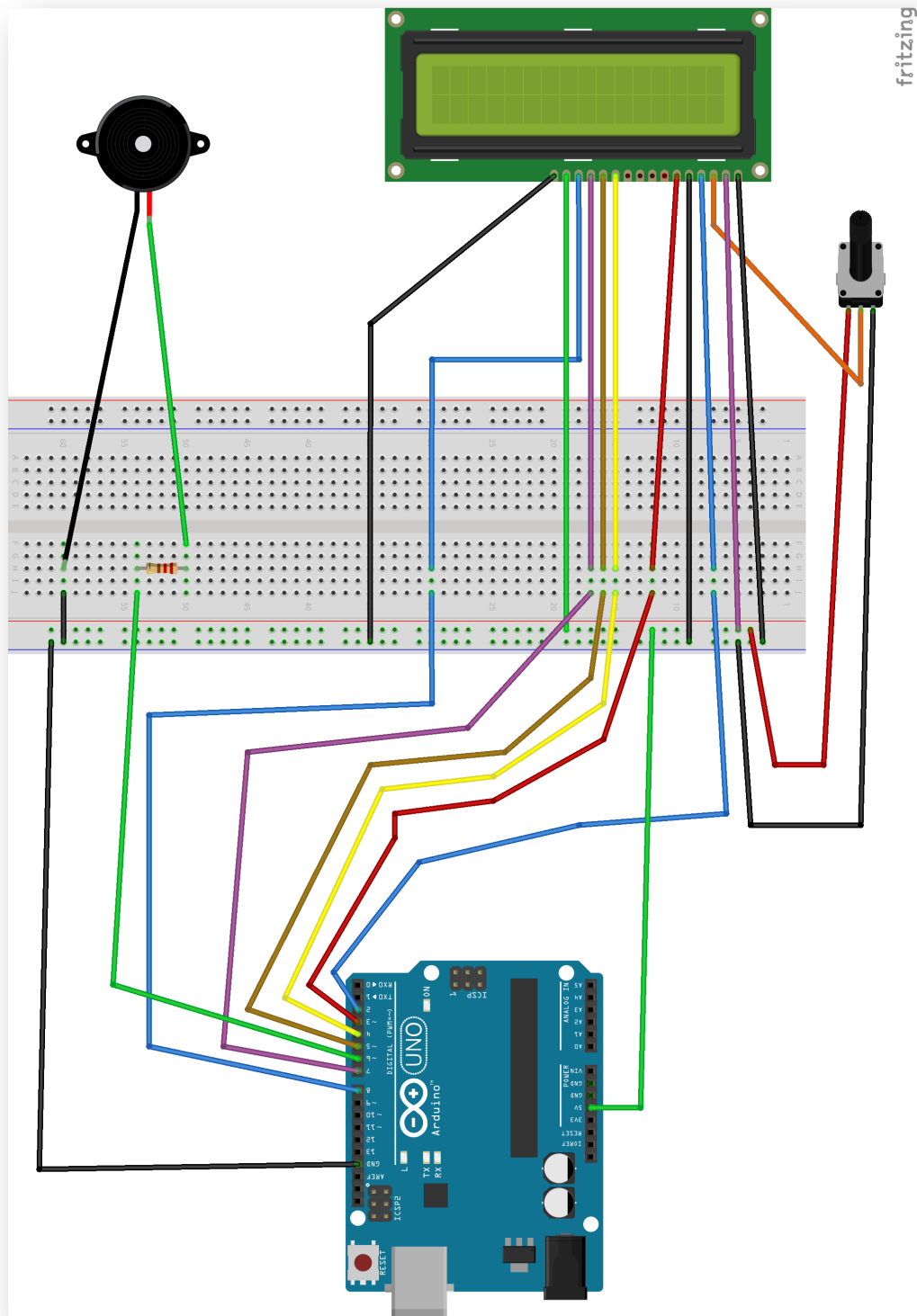


Ilustración 7. Esquema de conexión de componentes Arduino - LCD - Buzzer

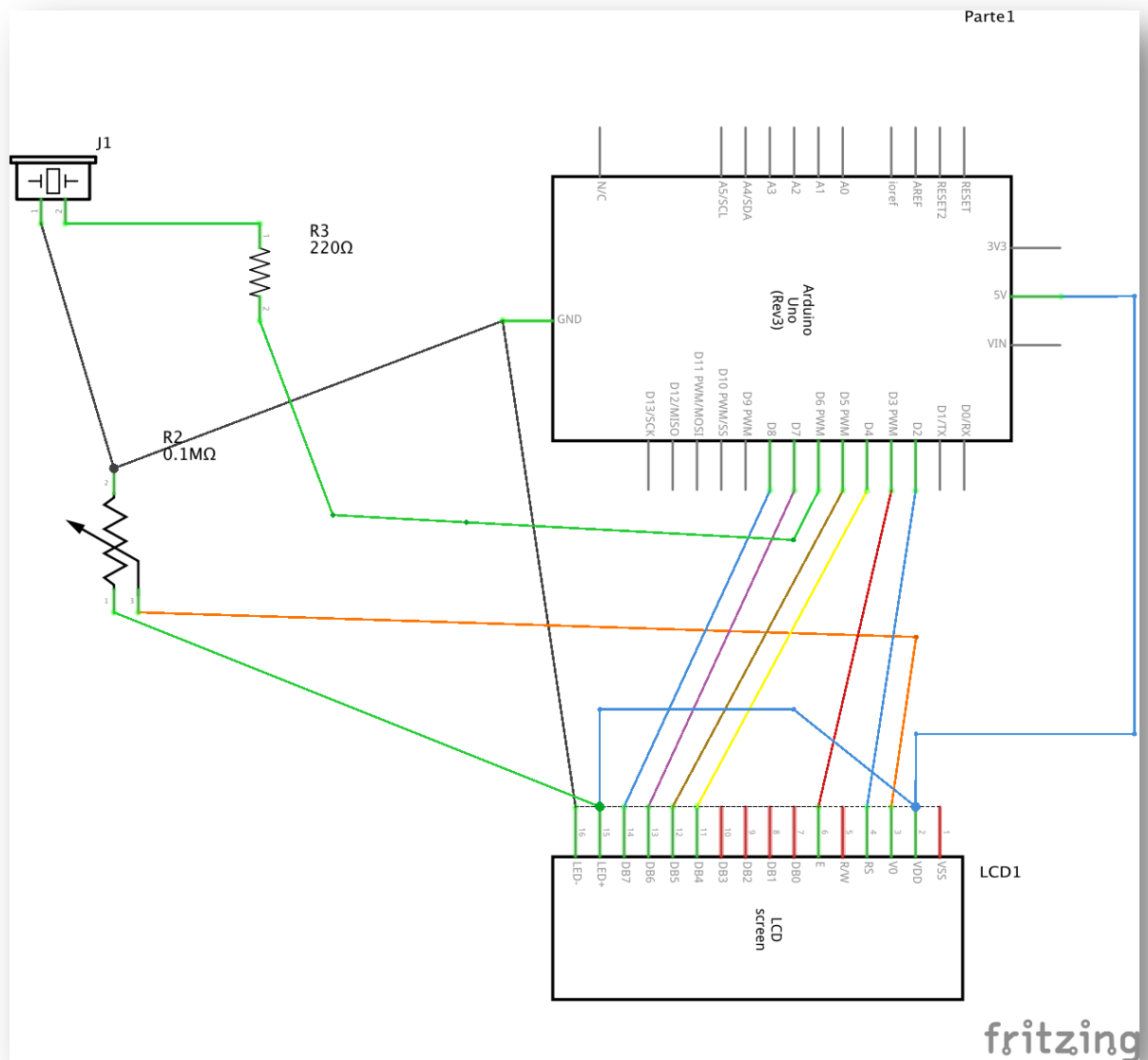


Ilustración 8. Esquema de interconexión de pines Arduino - LCD - Buzzer

CONEXIÓN ARDUINO – LCD 1602 <sup>a</sup>	
PINES LCD 1602A	PINES ARDUINO
VSS	GND
VDD	5 V
V0	Pin Central Potenciómetro
RS	2
RW	GND
E	3
D0	N/A
D1	N/A
D2	N/A
D3	N/A
D4	4
D5	5
D6	7
D7	8
A	5 V
K	GND

Tabla 3. Conexión de pines Arduino - LCD

CONEXIÓN POTENCIÓMETRO – LCD	
PINES POTENCIÓMETRO	PINES LCD
PIN IZQUIERDA	5 V
PIN CENTRAL	V0
PIN DERECHA	GND

Tabla 4. Conexión de pines Potenciómetro - LCD

CONEXIÓN ARDUINO – BUZZER	
PINES BUZZER	PINES ARDUINO
PIN IZQUIERDA	6 <sup>2</sup>
PIN CENTRAL	V0
PIN DERECHA	GND

Tabla 5. Conexión de pines Arduino - Buzzer

---

<sup>2</sup> En los *sketches* se ha usado el pin 6 de Arduino como salida de audio. Para proteger el buzzer, es conveniente añadir en serie una resistencia de 220Ω tal y como se observa en el esquema técnico de conexión.

### 3. CÓDIGO FUENTE DE LOS *SKETCHES*

La evaluación del prototipo se realizó creando *sketchs*<sup>3</sup> para cada una de las zonas de la vivienda establecidas en el punto 6 del apartado de objetivos específicos del Trabajo de Fin de Grado: salón, cocina, dormitorio y cuarto de baño<sup>4</sup>.

#### 3.1. *Sketch para el cuarto de baño*

```
/* Codigo fuente del Prototipo de Sistema de Recordatorios para
personas
    con Alzheimer basado en Arduino
    correspondiente al Trabajo de Fin de Grado de Raul Martinez
Alonso
    Universidad Internacional de la Rioja - Septiembre 2015 */

/* SKETCH PARA EL CUARTO DE BANO */

#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h> // funciones para comunicar Arduino con reloj
RTC
#include <RFID.h> // funciones del lector RFID
#include <SPI.h> //funciones de comunicacion entre
dispositivos
#include <RTClib.h> //funciones del reloj RTC
#include "notas.h"; //notas de musica para el buzzer

int pinbuzzer=6; // el buzzer esta conectado en el pin 6

int pinSDA=10; // conexion pin SDA/NSS en RFID
int pinRST=9; // conexion pin RST en RIFID

//pines de conexion LCD
```

---

<sup>3</sup> Un *sketch* es la denominación que se le da al código fuente que se carga en la placa Arduino para que se ejecute.

<sup>4</sup> Repositorio GitHub para la descarga: [https://github.com/raulunir/Prototipo\\_Recordatorio](https://github.com/raulunir/Prototipo_Recordatorio)

```
int pinRS=2;
int pinE=3;
int pinD4=4;
int pinD5=5;
int pinD6=7;
int pinD7=8;

String dia;

RTC_DS3231 RTC;
LiquidCrystal lcd(pinRS,pinE,pinD4,pinD5,pinD6,pinD7);

RFID rfid(pinSDA,pinRST); //inicializar lector RFID

void setup() {

    //Se inicializan todos los dispositivos y se comprueba que
    estan conectados
    Serial.begin(9600);
    SPI.begin();
    Wire.begin();
    RTC.begin();
    rfid.init();

    lcd.begin(16,2); //LCD 2 filas x 16 caracteres
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write("BANO ON");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("Raul Martinez");
    delay(3000);
    lcd.clear();

    //Inicializamos reloj

    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    if (! RTC.isrunning()) {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.write("RTC no funciona");
    }
}
```

```
        delay(1000);
        // Serial.println("RTC is NOT running!");
        // Ajustar la hora del RTC a la hora de compilacion y
carga.
        RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    }
}

void loop() {

    DateTime now = RTC.now();

    //presentar la fecha, dia de la semana y hora

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    if (now.day()<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.day());
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("/");
    if (now.month()<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.month());
    lcd.print("/");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(now.year());
    lcd.print(" ");
    lcd.print(diasemana(now.dayOfWeek()));
    lcd.setCursor(0,1);
    if (now.hour()<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.hour());
    lcd.print(":");
    if (now.minute()<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.minute());
```

```
        lcd.print(":");
        if (now.second()<10){
            lcd.print(0);}
        lcd.print(now.second());

// Si se lee el identificador RFID

if (rfid.isCard()) {
    if(rfid.readCardSerial()){

        tonomensaje();
        mostrarmensajes("SI USAS EL ASEO", "TIRA DE LA CADENA");

        if (now.hour()>=7 && now.hour()<=10){
            tonomensaje();
            mostrarmensajes("HORA DE ASEARSE", "LAVAR LOS DIENTES Y
DUCHARME");
        }
        else{
            if (now.hour()>10 && now.hour()<=13){
                tonomensaje();
                mostrarmensajes("ES MEDIODIA", "HORA DE ORINAR");
            }
            else{
                if (now.hour()>13 && now.hour()<=15){
                    tonomensaje();
                    mostrarmensajes("LAVAR DIENTES", "DESPUES DE COMER");
                }
                else{
                    if (now.hour()>=17 && now.hour()<=19){
                        tonomensaje();
                        mostrarmensajes("LAVAR DIENTES", "DESPUES DE
MERENDAR");
                    }
                    else{
                        if (now.hour()>=20 && now.hour()<=21){
```



```
    if (now.hour()==17 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Son las 5 de la tarde","Quieres ir al
aseo=?");

    }

    delay(1000);
    rfid.halt();
}

void tonomensaje(){

    int melody[] = {
        NOTE_C4,  NOTE_G3,NOTE_G3,  NOTE_A3,  NOTE_G3,0,  NOTE_B3,
NOTE_C4};

    // duracion de las notas: 4 = cuarta, 8 = octava, etc.:
    int noteDurations[] = {
        4, 8, 8, 4,4,4,4,4 };

    // Se leen todas las notas de las melodía
    for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {

        int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
        tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);

        // Retardo de 30% para distinguir todas las notas
        int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
        delay(pauseBetweenNotes);
        // Parar el sonido
        noTone(pinbuzzer);

    }
}
```

```
void tonocomer(){ //Encuentros en la tercera fase para el  
desayuno, comida, merienda y cena
```

```
int melody[] = {  
    NOTE_C4, NOTE_E4,NOTE_C4, NOTE_C3, NOTE_G3};
```

```
int noteDurations[] = {  
    2, 2, 2, 2,2};
```

```
for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {
```

```
    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];  
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);  
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;  
    delay(pauseBetweenNotes);  
    noTone(pinbuzzer);
```

```
    }  
}
```

```
void tonocama(){ //Arpeggio para momentos de cama
```

```
int melody[] = {  
    NOTE_C4, NOTE_D4,NOTE_E4, NOTE_F4, NOTE_G4, NOTE_A4, NOTE_B4,  
NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_G4, NOTE_F4, NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4};
```

```
int noteDurations[] = {  
    8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8};
```

```
for (int thisNote = 0; thisNote < 15; thisNote++) {
```

```
    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];  
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);  
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;  
    delay(pauseBetweenNotes);  
    noTone(pinbuzzer);
```

```
    }  
}
```

```
    }

    void mostrarmensajes(String m1, String m2){
        for (int i=0;i<3;i++){
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0,0);
            lcd.print(m1);
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(m2);
            delay(2000);}
    }

    String diasemana(int numdia){

        switch (numdia){
            case 1: dia="LUNES";
                break;
            case 2: dia="MARTES";
                break;
            case 3: dia="MIERCOLES";
                break;
            case 4: dia="JUEVES";
                break;
            case 5: dia="VIERNES";
                break;
            case 6: dia="SABADO";
                break;
            case 7: dia="DOMINGO";
                break;
            default: dia="ERROR";
                break;
        }

        return dia;

    }
}
```

### 3.2. Sketch para la cocina

```
/* Codigo fuente del Prototipo de Sistema de Recordatorios para
personas
    con Alzheimer basado en Arduino
    correspondiente al Trabajo de Fin de Grado de Raul Martinez
Alonso
    Universidad Internacional de la Rioja - Septiembre 2015 */

/* SKETCH PARA LA COCINA */

#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h> // funciones para comunicar Arduino con reloj
RTC
#include <RFID.h> // funciones del lector RFID
#include <SPI.h> //funciones de comunicacion entre
dispositivos
#include <RTClib.h> //funciones del reloj RTC
#include "notas.h"; //notas de musica para el buzzer

int pinbuzzer=6; // el buzzer esta conectado en el pin 6

int pinSDA=10; // conexion pin SDA/NSS en RFID
int pinRST=9; // conexion pin RST en RFID

// pines de conexion LCD

int pinRS=2;
int pinE=3;
int pinD4=4;
int pinD5=5;
int pinD6=7;
int pinD7=8;

String dia;
```

```
RTC_DS3231 RTC;
LiquidCrystal lcd(pinRS,pinE,pinD4,pinD5,pinD6,pinD7);

RFID rfid(pinSDA,pinRST); //inicializar lector RFID

void setup() {

    //Se inicializan todos los dispositivos y se comprueba que
    //están conectados
    Serial.begin(9600);
    SPI.begin();
    Wire.begin();
    RTC.begin();
    rfid.init();

    lcd.begin(16,2); //LCD 2 filas x 16 caracteres
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write("COCINA ON");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("Raul Martinez");
    delay(3000);
    lcd.clear();

    //Inicializamos reloj

    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    if (! RTC.isrunning()) {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.write("RTC no funciona");
        delay(1000);
        // Serial.println("RTC is NOT running!");
        // Ajustar la hora del RTC a la hora de compilación y
        // carga.
        RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    }

}
```

```
void loop() {

    DateTime now = RTC.now();

    //presentar la fecha, dia de la semana y hora

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    if (now.day(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.day());
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("/");
    if (now.month(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.month());
    lcd.print("/");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(now.year());
    lcd.print(" ");
    lcd.print(diasemana(now.dayOfWeek()));
    lcd.setCursor(0,1);
    if (now.hour(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.hour());
    lcd.print(":");
    if (now.minute(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.minute());
    lcd.print(":");
    if (now.second(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.second());

    // Si se lee el identificador RFID
```

```
if (rfid.isCard()) {
    if(rfid.readCardSerial()){

        if (now.hour()>=7 && now.hour()<=10){
            tonocomer();
            mostrarmensajes("HORA DE ALIMENTARSE","ES HORA DE
DESAYUNAR");
        }
        else{
            if (now.hour()>10 && now.hour()<=13){
                tonocomer();
                mostrarmensajes("ES MEDIODIA","HACER LA COMIDA");
            }
            else{
                if (now.hour()>13 && now.hour()<=15){
                    tonocomer();
                    mostrarmensajes("ES MEDIATARDE","HORA DE COMER");
                }
                else{
                    if (now.hour()>=17 && now.hour()<=19){
                        tonocomer();
                        mostrarmensajes("HORA DE LA MERIENDA","A
MERENDAR...!!!");
                    }
                    else{
                        if (now.hour()>=20 && now.hour()<=21){
                            tonocomer();
                            mostrarmensajes("YA ES DE NOCHE","PREPARAR LA
CENA");
                        }
                        else{
                            if (now.hour()>=21 && now.hour()<=22){
                                tonocomer();
                                mostrarmensajes("HORA DE CENAR","A LA MESA");
                            }
                            else{
                                if (now.hour()>22 && now.hour()<=24){
```



```
NOTE_C4, NOTE_G3,NOTE_G3, NOTE_A3, NOTE_G3,0, NOTE_B3,  
NOTE_C4};
```

```
// duracion de las notas: 4 = cuarta, 8 = octava, etc.:
```

```
int noteDurations[] = {  
    4, 8, 8, 4,4,4,4,4 };
```

```
// Se leen todas las notas de las melodía
```

```
for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {
```

```
    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];  
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
```

```
    // Retardo de 30% para distinguir todas las notas
```

```
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
```

```
    delay(pauseBetweenNotes);
```

```
    // Parar el sonido
```

```
    noTone(pinbuzzer);
```

```
    }
```

```
}
```

```
void tonocomer(){ //Encuentros en la tercera fase para el  
desayuno, comida, merienda y cena
```

```
int melody[] = {  
    NOTE_C4, NOTE_E4,NOTE_C4, NOTE_C3, NOTE_G3};
```

```
int noteDurations[] = {  
    2, 2, 2, 2,2};
```

```
for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {
```

```
    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
```

```
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
```

```
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
```

```
    delay(pauseBetweenNotes);
```

```
    noTone(pinbuzzer);
```

```
    }  
  
    }  
  
    void tonocama(){ //Arpegio para momentos de cama  
  
        int melody[] = {  
            NOTE_C4, NOTE_D4,NOTE_E4, NOTE_F4, NOTE_G4, NOTE_A4, NOTE_B4,  
NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_G4, NOTE_F4, NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4};  
  
        int noteDurations[] = {  
            8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8};  
  
        for (int thisNote = 0; thisNote < 15; thisNote++) {  
  
            int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];  
            tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);  
            int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;  
            delay(pauseBetweenNotes);  
            noTone(pinbuzzer);  
  
        }  
  
    }  
  
    void mostrarmensajes(String m1, String m2){  
        for (int i=0;i<3;i++){  
            lcd.clear();  
            lcd.setCursor(0,0);  
            lcd.print(m1);  
            lcd.setCursor(0,1);  
            lcd.print(m2);  
            delay(2000);}  
  
    }  
  
    String diasemana(int numdia){
```

```
switch (numdia){
    case 1: dia="LUNES";
        break;
    case 2: dia="MARTES";
        break;
    case 3: dia="MIERCOLES";
        break;
    case 4: dia="JUEVES";
        break;
    case 5: dia="VIERNES";
        break;
    case 6: dia="SABADO";
        break;
    case 7: dia="DOMINGO";
        break;
    default: dia="ERROR";
        break;
}

return dia;

}
```

### 3.3. Sketch para el dormitorio

```
/* Codigo fuente del Prototipo de Sistema de Recordatorios para
personas
    con Alzheimer basado en Arduino
    correspondiente al Trabajo de Fin de Grado de Raul Martinez
Alonso
    Universidad Internacional de la Rioja - Septiembre 2015 */

/* SKETCH PARA EL DORMITORIO */

#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h> // funciones para comunicar Arduino con reloj
RTC
#include <RFID.h> // funciones del lector RFID
#include <SPI.h> //funciones de comunicacion entre
dispositivos
#include <RTClib.h> //funciones del reloj RTC
#include "notas.h"; //notas de musica para el buzzer

int pinbuzzer=6; // el buzzer esta conectado en el pin 6

int pinSDA=10; // conexion pin SDA en RFID
int pinRST=9; // conexion pin RST en RIFID

// pines de conexion LCD

int pinRS=2;
int pinE=3;
int pinD4=4;
int pinD5=5;
int pinD6=7;
int pinD7=8;

String dia;

RTC_DS3231 RTC;
```

```
LiquidCrystal lcd(pinRS,pinE,pinD4,pinD5,pinD6,pinD7);

RFID rfid(pinSDA,pinRST); //inicializar lector RFID

void setup() {

    //Se inicializan todos los dispositivos y se comprueba que
    //están conectados
    Serial.begin(9600);
    SPI.begin();
    Wire.begin();
    RTC.begin();
    rfid.init();

    lcd.begin(16,2); //LCD 2 filas x 16 caracteres
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write("DORMITORIO ON");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("Raul Martinez");
    delay(3000);
    lcd.clear();

    //Inicializamos reloj

    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    if (! RTC.isrunning()) {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.write("RTC no funciona");
        delay(1000);
        // Serial.println("RTC is NOT running!");
        // Ajustar la hora del RTC a la hora de compilación y
        //carga.
        RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    }

}
```

```
void loop() {

    DateTime now = RTC.now();

    //presentar la fecha, dia de la semana y hora

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    if (now.day(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.day());
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("/");
    if (now.month(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.month());
    lcd.print("/");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(now.year());
    lcd.print(" ");
    lcd.print(diasemana(now.dayOfWeek()));
    lcd.setCursor(0,1);
    if (now.hour(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.hour());
    lcd.print(":");
    if (now.minute(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.minute());
    lcd.print(":");
    if (now.second(<10){
        lcd.print(0);}
    lcd.print(now.second());

    // Si se lee el identificador RFID

    if (rfid.isCard()) {
```

```
if(rfid.readCardSerial()){

    if (now.hour()>=7 && now.hour()<=10){
        tonocomer();
        mostrarmensajes("HORA DE LEVANTARSE", "HACER LA CAMA");
    }
    else{
        if (now.hour()>10 && now.hour()<=13){
            tonomensaje();
            mostrarmensajes("ES MEDIODIA", "HORA DE LEER");
        }
        else{
            if (now.hour()>13 && now.hour()<=15){
                tonocomer();
                mostrarmensajes("HORA DE COMER", "DESPUES DE COMER,
SIESTA");
            }
            else{
                if (now.hour()>=17 && now.hour()<=19){
                    tonocomer();
                    mostrarmensajes("HORA DE MERENDAR DIENTES", "IR A
LA COCINA");
                }
                else{
                    if (now.hour()>=20 && now.hour()<=21){
                        tonocomer();
                        mostrarmensajes("YA ES DE NOCHE", "PREPARAR LA
CENA");
                    }
                    else{
                        if (now.hour()>=21 && now.hour()<=22){
                            tonomensaje();
                            mostrarmensajes("HORA DE CENAR", "IR AL
SALON");
                        }
                        else{
```



```
void tonomensaje(){

    int melody[] = {
        NOTE_C4,  NOTE_G3,NOTE_G3,  NOTE_A3,  NOTE_G3,0,  NOTE_B3,
NOTE_C4};

    // duracion de las notas: 4 = cuarta, 8 = octava, etc.:
    int noteDurations[] = {
        4, 8, 8, 4,4,4,4,4 };

    // Se leen todas las notas de las melodía
    for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {

        int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
        tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);

        // Retardo de 30% para distinguir todas las notas
        int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
        delay(pauseBetweenNotes);
        // Parar el sonido
        noTone(pinbuzzer);

    }
}

void tonocomer(){ //Encuentros en la tercera fase para el
desayuno, comida, merienda y cena

    int melody[] = {
        NOTE_C4, NOTE_E4,NOTE_C4, NOTE_C3, NOTE_G3};

    int noteDurations[] = {
        2, 2, 2, 2,2};

    for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {

        int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
```

```
        tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
        int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
        delay(pauseBetweenNotes);
        noTone(pinbuzzer);

    }

}

void tonocama(){ //Arpeggio para momentos de cama

int melody[] = {
    NOTE_C4, NOTE_D4,NOTE_E4, NOTE_F4, NOTE_G4, NOTE_A4, NOTE_B4,
NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_G4, NOTE_F4, NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4};

int noteDurations[] = {
    8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8};

    for (int thisNote = 0; thisNote < 15; thisNote++) {

        int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
        tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
        int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
        delay(pauseBetweenNotes);
        noTone(pinbuzzer);

    }

}

void mostrarmensajes(String m1, String m2){
    for (int i=0;i<3;i++){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print(m1);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print(m2);
        delay(2000);}
}
```

```
    }  
  
    String diasemana(int numdia){  
  
        switch (numdia){  
            case 1: dia="LUNES";  
                break;  
            case 2: dia="MARTES";  
                break;  
            case 3: dia="MIERCOLES";  
                break;  
            case 4: dia="JUEVES";  
                break;  
            case 5: dia="VIERNES";  
                break;  
            case 6: dia="SABADO";  
                break;  
            case 7: dia="DOMINGO";  
                break;  
            default: dia="ERROR";  
                break;  
        }  
  
        return dia;  
  
    }
```

### 3.4. Sketch para el salón

```
/* Codigo fuente del Prototipo de Sistema de Recordatorios para
personas
con Alzheimer basado en Arduino
correspondiente al Trabajo de Fin de Grado de Raul Martinez
Alonso
Universidad Internacional de la Rioja - Septiembre 2015 */

/* SKETCH PARA EL SALON */

#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h> // funciones para comunicar Arduino con reloj RTC
#include <RFID.h> // funciones del lector RFID
#include <SPI.h> //funciones de comunicacion entre dispositivos
#include <RTClib.h> //funciones del reloj RTC
#include "notas.h"; //notas de musica para el buzzer

int pinbuzzer=6; // el buzzer esta conectado en el pin 6

int pinSDA=10; // conexion pin SDA/NSS en RFID
int pinRST=9; // conexion pin RST en RIFID

// pines de conexion LCD

int pinRS=2;
int pinE=3;
int pinD4=4;
int pinD5=5;
int pinD6=7;
int pinD7=8;

String dia;

RTC_DS3231 RTC;
LiquidCrystal lcd(pinRS,pinE,pinD4,pinD5,pinD6,pinD7);
```

```
RFID rfid(pinSDA,pinRST); //inicializar lector RFID

void setup() {

//Se inicializan todos los dispositivos y se comprueba que estan
conectados
Serial.begin(9600);
SPI.begin();
Wire.begin();
RTC.begin();
rfid.init();

lcd.begin(16,2); //LCD 2 filas x 16 caracteres
lcd.setCursor(0,0);
lcd.write("SALON ON");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.write("Raul Martinez");
delay(3000);
lcd.clear();

//Inicializamos reloj

    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    if (! RTC.isrunning()) {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.write("RTC no funciona");
        delay(1000);
        // Serial.println("RTC is NOT running!");
        // Ajustar la hora del RTC a la hora de compilacion y carga.
        RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    }

}

void loop() {
```

```
DateTime now = RTC.now();

//presentar la fecha, dia de la semana y hora

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
if (now.day(<10){
    lcd.print(0);}
lcd.print(now.day());
lcd.setCursor(2,0);
lcd.print("/");
if (now.month(<10){
    lcd.print(0);}
lcd.print(now.month());
lcd.print("/");
lcd.setCursor(6,0);
lcd.print(now.year());
lcd.print(" ");
lcd.print(diasemana(now.dayOfWeek()));
lcd.setCursor(0,1);
if (now.hour(<10){
    lcd.print(0);}
lcd.print(now.hour());
lcd.print(":");
if (now.minute(<10){
    lcd.print(0);}
lcd.print(now.minute());
lcd.print(":");
if (now.second(<10){
    lcd.print(0);}
lcd.print(now.second());

// Alarmas recordatorias periodicas sin lectura del identificador
// El mensaje se repetira varias veces durante ese minuto
```

```
if (now.hour()==9 && now.minute()==0){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Son las 9 manana ", "Te has aseado?");
}

if (now.hour()==9 && now.minute()==15){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Hora de las pastillas", "Blanca y Roja");
}

if (now.hour()==9 && now.minute()==30){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Quieres ver la tele", "o escuchar musica?");
}

if (now.hour()==10 && now.minute()==0){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Llama a tu hijo X", "Tel. 123456789");
}

if (now.hour()==10 && now.minute()==30){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Debes ir al aseo", "Es bueno para ti");
}

if (now.hour()==11 && now.minute()==0){
    tonomensaje();
    mostrarmensajes("Son las 11", "Hora de beber agua");
}

if (now.hour()==11 && now.minute()==30){
```

```
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Damos un paseo?","Media hora esta bien");

    }

    if (now.hour()==12 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Son las 12 del mediodia","Quieres leer un
rato?");

    }

    if (now.hour()==12 && now.minute()==30){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Tus hijos se llaman","X e Y");

    }

    if (now.hour()==13 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Hora de cocinar","Ve a la cocina");

    }

    if (now.hour()==13 && now.minute()==30){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Hora de cocinar","Ve a la cocina");

    }

    if (now.hour()==14 && now.minute()==0){
        tonocomer();
        mostrarmensajes("Para comer: caliente","la comida");

    }

    if (now.hour()==15 && now.minute()==0){
        tonocomer();
```

```
        mostrarmensajes("Un rato de siesta","Despues de comer");

    }

    if (now.hour()==15 && now.minute()==30){
        tonocama();
        mostrarmensajes("Despues de noticias","SIESTA");
    }

    if (now.hour()==16 && now.minute()==30){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Hacen tu serie","favorita en TV");
    }

    if (now.hour()==17 && now.minute()==0){
        tonocomer();
        mostrarmensajes("Son las 5. Preparamos","la merienda?");
    }

    if (now.hour()==18 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Llama a tu hija Y","Tel. 987654321");
    }

    if (now.hour()==19 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Empieza tu programa","favorito de TV");
    }

    if (now.hour()==20 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Tus hermanos son","A, B y C");
    }
```

```
    }

    if (now.hour()==21 && now.minute()==0){
        tonocomer();
        mostrarmensajes("Son las 9 noche","HORA DE CENAR");
    }

    if (now.hour()==22 && now.minute()==0){
        tonomensaje();
        mostrarmensajes("Un rato de TV","y nos vamos a cama");
    }

    if (now.hour()==23 && now.minute()==30){
        tonocama();
        mostrarmensajes("Hora de dormir","Ir al aseo");
    }

    delay(1000);
}

void tonomensaje(){

    int melody[] = {
        NOTE_C4, NOTE_G3,NOTE_G3, NOTE_A3, NOTE_G3,0, NOTE_B3, NOTE_C4};

    // duracion de las notas: 4 = cuarta, 8 = octava, etc.:
    int noteDurations[] = {
        4, 8, 8, 4,4,4,4,4 };

    // Se leen todas las notas de las melodia
    for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {

        int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
        tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
```

```
// Retardo de 30% para distinguir todas las notas
int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
delay(pauseBetweenNotes);
// Parar el sonido
noTone(pinbuzzer);
}
}

void tonocomer(){ //Encuentros en la tercera fase para el desayuno,
comida, merienda y cena

int melody[] = {
    NOTE_C4, NOTE_E4,NOTE_C4, NOTE_C3, NOTE_G3};

int noteDurations[] = {
    2, 2, 2, 2,2};

for (int thisNote = 0; thisNote < 8; thisNote++) {

    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
    delay(pauseBetweenNotes);
    noTone(pinbuzzer);

}

}

void tonocama(){ //Arpeggio para momentos de cama

int melody[] = {
    NOTE_C4,  NOTE_D4,NOTE_E4,  NOTE_F4,  NOTE_G4,  NOTE_A4,  NOTE_B4,
    NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_G4, NOTE_F4, NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4};

int noteDurations[] = {
    8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8,8};
```

```
for (int thisNote = 0; thisNote < 15; thisNote++) {

    int noteDuration = 1000/noteDurations[thisNote];
    tone(pinbuzzer, melody[thisNote],noteDuration);
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.30;
    delay(pauseBetweenNotes);
    noTone(pinbuzzer);

}

}

void mostrarmensajes(String m1, String m2){
    for (int i=0;i<3;i++){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print(m1);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print(m2);
        delay(2500);}

}

String diasemana(int numdia){

    switch (numdia){
        case 1: dia="LUNES";
            break;
        case 2: dia="MARTES";
            break;
        case 3: dia="MIERCOLES";
            break;
        case 4: dia="JUEVES";
            break;
        case 5: dia="VIERNES";
            break;
        case 6: dia="SABADO";
```

```
        break;
    case 7: dia="DOMINGO";
        break;
    default: dia="ERROR";
        break;
}
return dia;
}
```

## 4. PRUEBAS DEL SISTEMA

Se han realizado pruebas de todos los sketches programados. Cada uno de ellos, presenta un mensaje con el nombre de la zona activada. En las siguientes imágenes se muestran estos mensajes así como los mensajes que aparecen en la pantalla LCD cuando se identifica el llavero/pulsera RFID o, en el caso del salón, cuando se presenta el mensaje programado para una hora determinada.

### 4.1. Pantallas del cuarto de baño



Ilustración 9. Mensaje de activación del cuarto de baño



Ilustración 10. Pantalla con la fecha, día de la semana y hora



Ilustración 11. Mensaje cuando entra en cuarto de baño a las 6 de la tarde



Ilustración 12. Mensaje en el cuarto de baño de lavarse los dientes

#### 4.2. Pantallas de la cocina



Ilustración 13. Mensaje de activación de la cocina



Ilustración 14. Pantalla con la fecha, día de la semana y hora en la cocina



Ilustración 15. Mensaje al entrar en la cocina sobre las 18:00 horas

### 4.3. Pantallas del dormitorio



Ilustración 16. Mensaje de activación del dormitorio



Ilustración 17. Mensaje al entrar en el dormitorio sobre las 18:00

#### 4.4. Pantallas del salón



Ilustración 18. Pantalla de activación del salón



Ilustración 19. Instante en el que van a ser las 18:00 h.



Ilustración 20. Mensaje en la pantalla del salón a las 18:00 h.